

ГОДИШНИК

НА ТЕХНИЧЕСКИЯ УНИВЕРСИТЕТ

във Варна

том I



ВАРНА
2011

РЕДАКЦИОННА КОЛЕГИЯ

Председател: доц. д-р инж. Слава Харизанова

доц. д-р инж. Андрей Андреев

доц. д-р инж. Варвара Веселинова

доц. д-р инж. Кирил Георгиев

доц. д-р инж. Павлина Тотева

ст. препод. Валя Мавродиева

Секретар: маг. инж. Снежина Иванова

Издател: Технически университет-Варна
ISSN:1311- 896X



УВАЖАЕМИ, ЧИТАТЕЛИ!

За мен е удоволствие да представя пред Вас научните трудове на академичния състав на Технически университет – Варна, разработени през 2011г. Те отразяват активната научноизследователска дейност на колектива и постигнатите резултати. От съдържанието на сборника може да се добие представа за широкия спектър на изследванията, провеждани в университета, както в традиционните, така и в областта на новите, модерни научни направления.

Изложената научна продукция очаква оценката на обществото и времето.

Използвам случая да благодаря на авторите за положения творчески труд и им пожелаая още по-големи бъдещи успехи.

РЕКТОР НА ТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ – ВАРНА:

декември, 2011 г.
Варна

« Проф. д-р инж. О.А. Фархи »

ТОМ I

КОМУТАЦИОННИ ПРОЦЕСИ ПРИ РЕАКТИВНИ ТОВАРИ В АВТОТРАНСФОРМАТОРЕН ДИСКРЕТЕН СЪПАЛЕН РЕГУЛАТОР НА НАПРЕЖЕНИЕ

COMMUTATION PROCESSES WITH REACTIVE LOADS IN A DISCRETE
ALTERNATING VOLTAGE REGULATOR

Е. Барудов, Е. Панов, С. Барудов 3

КОМПЮТЪРНА ПРОГРАМА ЗА АНАЛИЗ НА РОБАСТНОТО ДЕЙСТВИЕ НА PSS В ЕЛЕКТРИЧЕСКИ ЦЕНТРАЛИ SOFTWARE TOOL FOR ROBUSTNESS ANALYSIS OF PSS IN ELECTRIC POWER PLANTS

К. Герасимов, Й. Каменов 9

ИЗСЛЕДВАНЕ НА КОМУТАЦИОННИТЕ ВЪЗМОЖНОСТИ НА УПРАВЛЯЕМ ВЪЗДУШЕН РАЗРЯДНИК ВЪВ ВЕРИГА НА ВИСОКОВОЛТОВ ИМПУЛСЕН РАЗРЯД

STUDY OF THE COMMUTATION CAPABILITIES OF A CONTROLLABLE AIR
DISCHARGER IN A HIGH VOLTAGE DISCHARGE CIRCUIT

С. Барудов, М. Иванова, Р. Димитрова 15

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛ НА ДВУПОСОЧЕН РАЗБАЛАНС НА ТЕНЗОМОСТ В ЧЕСТОТА

SIGNAL CONDITIONING CIRCUIT FOR BIDIRECTIONAL STRAIN GAUGE BRIDGE
WITH FREQUENCY OUTPUT

Х. Гигов, С. Стоянов, С. Станков 21

МЕТОДИКА ЗА ОЦЕНЯВАНЕ НА НЕОПРЕДЕЛЕНОСТТА ПРИ ИЗМЕРВАНЕ НА ТОК НА УТЕЧКА

METHOD, DEVELOPED FOR DETERMINATION OF UNCERTAINTY BY LEAKAGE
CURRENT MEASUREMENTS

Р. Василев, И. Неделчев 27

ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА СЕПАРАТОР С ПОСТОЯННИ МАГНИТИ

EXPERIMENT RESEARCH ON SEPARATOR WITH PERMANENT MAGNETS

Т. Димова 31

ИЗЧИСЛЯВАНЕ НА ТОКОВЕТЕ НА КЪСИ СЪЕДИНЕНИЯ ОТ ВЕТРОГЕНЕРАТОРИ ЗА НУЖДИТЕ НА РЕЛЕЙНАТА ЗАЩИТА

WIND FARMS SHORT-CIRCUIT CALCULATION FOR
THE PURPOSES OF THE RELAY PROTECTION

Н. Николаев, К. Герасимов, Ю. Рангелов 36

АНАЛИЗ НА ПОТРЕБЛЕНИЕТО НА ЕЛЕКТРИЧЕСКА ЕНЕРГИЯ В ТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ - ВАРНА ОТ КОНСУМАТОРИ В РЕЖИМ НА ГОТОВНОСТ

POWER CONSUMPTION ANALYSIS OF APPLIANCES IN STAND-BY MODE IN
TECHNICAL UNIVERSITY OF VARNA

Ю. Рангелов, Н. Николаев, К. Герасимов, К. Герасимов 42

МЕТОДИКА И КОМПЮТЪРНА ПРОГРАМА ЗА ИЗЧИСЛЯВАНЕ ВЪВ ФАЗНИ КООРДИНАТИ НА НЕСИМЕТРИЧНИТЕ УСТАНОВЕНИ РЕЖИМИ В ЕЛЕКТРОРАЗПРЕДЕЛИТЕЛНИТЕ МРЕЖИ ALGORITHM AND COMPUTER SOFTWARE FOR PHASE COORDINATES CALCULATION OF ASYMMETRIC STEADY-STATE FLOWS IN ELECTRICAL DISTRIBUTION GRIDS К. Герасимов, К. Герасимов, Н. Николаев	45
ИЗСЛЕДВАНЕ ВЛИЯНИЕТО НА СПЕКТЪРА НА СВЕТЛИНАТА ВЪРХУ ЕНЕРГИЙНИТЕ ПОКАЗАТЕЛИ НА ПОЛИКРИСТАЛЕН PV МОДУЛ INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF THE LIGHT SPECTRUM ON THE ENERGY PARAMETERS OF A POLYCRYSTALLINE PV MODULE М. Щреблау, Т. Пенев, Г. Георгиев	51
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛ PH-ТОК ВГРАДЕН В КОРПУСА НА PH ЕЛЕКТРОДА pH TRANSMITTER BUILT IN THE HOUSING OF THE pH SENSOR Я. Янев	54
РАЗРАБОТКА НА КОНТРОЛЕР ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА УЛИЧНО „ЕКО” ОСВЕТЛЕНИЕ DEVELOPMENT OF CONTROLLER FOR REMOTE CONTROL OF SOLAR “GREEN” LED STREET LAMPS Я. Янев, О. Фархи, Х. Христосков	57
ЙЕРАРХИЧНА СИСТЕМА ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА ЕЛЕКТРОЗАХРАНВАНЕТО НА БИЗНЕС СГРАДА HIERARCHY SYSTEM FOR MONITORING AND CONTROL OF THE ELECTRO SUPPLY OF A BUSINESS BUILDING Р. Райчев, В. Узунов, П. Петров	60
ЙЕРАРХИЧНА СИСТЕМА ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА МИКРОКЛИМАТ В БИЗНЕС СГРАДА HIERARCHIAL MICROCLIMATE MANAGEMENT SYSTEM FOR BUSSINESS BUILDING Р. Рашид, В. Узунов, П. Петров	65
ЕДИН ПОДХОД ЗА ЕФЕКТИВНО НАТОВАРВАНЕ НА ЧЕСТОТНО- УПРАВЛЯЕМ ТРИФАЗЕН АСИНХРОНЕН ДВИГАТЕЛ AN APPROACH FOR EFFECTIVE LOADING OF A FREQUENCY-CONTROLLED THREE-PHASE INDUCTION MOTOR М. Маринов, Е. Барудов, А. Андреев	70
ИЗСЛЕДВАНЕ КОМУТАЦИОННИТЕ ВЪЗМОЖНОСТИ НА РЕЛЕЙНО- КОНТАКТНИ АПАРАТИ, РАБОТЕЩИ С АВТОНОМНИ ЗАХРАНВАЩИ ИЗТОЧНИЦИ RESEARCH OF THE SWITCHING CAPABILITIES OF THE RELAY-CONTACT APPARATUS WORKING IN AUTONOMOUS POWER SOURCES Б. Димитров, Х. Тахрилов	74

**ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЕЛЕКТРОМАГНИТНА СИСТЕМА НА ТОВАРОПОДЕМЕН
ЕЛЕКТРОМАГНИТ, РАБОТЕЩ С ПОСТОЯННИ МАГНИТИ**

A STUDY OF A PERMANENT ELECTROMAGNETIC LIFTING SYSTEM

Б. Димитров, Х. Тахрилов 80

**ИЗСЛЕДВАНЕ НА КОЕФИЦИЕНТА НА ПОЛЕЗНО ДЕЙСТВИЕ НА
ИНДУКЦИОНЕН КОТЛОН**RESEARCH OF THE ENERGY EFFICIENCY COEFFICIENT OF AN INDUCTION -
HEATING PLATE

Я. Славова 86

**ЕЛЕКТРОЛИЗЕРИ ЗА ПРОИЗВОДСТВО НА ОКСИВОДОРОД. ВЛИЯНИЕ НА
ЦИРКУЛАЦИЯТА НА ЕЛЕКТРОЛИТА И РАЗСТОЯНИЕТО МЕЖДУ
ЕЛЕКТРОДИТЕ ВЪРХУ ЕФЕКТИВНОСТТА**

ELECTROLYTIC CELLS FOR OXHYDROGEN PRODUCTIONS.

EFFECTS OF CIRCULATION OF THE ELECTROLYTE AND THE ELECTRODE GAP ON
THE EFFECTIVENESS

Р. Василев, И. Неделчев 91

**АДАПТИВЕН СТАБИЛИЗАТОР В КОНТУРА ЗА УПРАВЛЕНИЕ
НА СКОРОСТТА ПРИ ВЕКТОРНО УПРАВЛЕНИЕ
НА АСИНХРОНЕН ДВИГАТЕЛ**ADAPTIVE STABILIZER IN SPEED LOOP CONTROL
OF INDUCTION MOTOR VECTOR CONTROL

Н. Джагаров, Д. Димитров, Ж. Гроздев, М. Бонев 96

**ПРИБЛИЗИТЕЛНИ МЕТОДИ ЗА АНАЛИЗ НА КРЪГОВО ПОЛЯРИЗИРАНИ
МИКРОЛЕНТОВИ АНТЕНИ С ПРОЦЕПНО ВЪЗБУЖДАНЕ**APPROXIMATE METHODS FOR ANALYSIS OF CIRCULARLY POLARIZED
APERTURE COUPLED MICROSTRIP ANTENNAS

Г. С. Киров, Д. П. Михайлова 101

**НЯКОИ ИЗСЛЕДВАНИЯ НА АНТЕННИ РЕШЕТКИ ОТ МИКРОЛЕНТОВИ
АНТЕНИ С ОБРАТНО ИЗЛЪЧВАНЕ С ПРОЦЕПНО ВЪЗБУЖДАНЕ**SOME STUDIES OF APERTURE COUPLED MICROSTRIP SHORT BACKFIRE
ANTENNA ARRAYS

Г. С. Киров, Г. Ц. Червенков, Я. Д. Калчев 105

**МИКРОЛЕНТОВИ КЪСИ АНТЕНИ С ОБРАТНО ИЗЛЪЧВАНЕ
С КРЪГОВА ПОЛЯРИЗАЦИЯ**

CIRCULARLY POLARIZED MICROSTRIP SHORT BACKFIRE ANTENNAS

К. К. Абдула 110

**ИЗСЛЕДВАНЕ НА ПАРАМЕТРИТЕ НА VOIP ТРАФИК В ЛОКАЛНА WIRELESS
МРЕЖА**

INVESTIGATE PARAMETERS OF VoIP TRAFFIC IN LOCAL WIRELESS NETWORK

Т. Георгиева, К. Банков 115

ИЗСЛЕДВАНЕ СЪВМЕСТНАТА РАБОТА НА WINDOWS БАЗИРАНА IP ЦЕНТРАЛА “ЗСХ” И ASTERISK БАЗИРАНИ ЦЕНТРАЛИ “TRIXBOX” И “ELASTIX” INVESTIGATE COMMON WORK OF WINDOWS BASED PHONE SYSTEM IP “ЗСХ” AND ASTERISK BASED PHONE SYSTEMS “TRIXBOX” AND “ELASTIX” Т. Георгиева, Б. Нецов, М. Георгиев	119
ВЪЗМОЖНОСТИ ЗА ПРЕЦИЗНО ИЗМЕРВАНЕ НА МНОГО МАЛКИ ИЗМЕНЕНИЯ НА КАПАЦИТЕТ PRECISE MEASUREMENT OPPORTUNITIES OF VERY SMALL CAPACITY CHANGES В. Драганов, Т. Трифонова, В. Маркова, Р. Димова, Д. Кънева	123
РАЗРАБОТКА НА СИМУЛАЦИОНЕН МОДЕЛ ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ НА ИЗГЛАЖДАНЕТО НА VOIP ТРАФИКА В IP МРЕЖИ DEVELOP SIMULATION MODEL TO STUDY VoIP TRAFFIC SHAPING IN IP NETWORKS Р. Голева, В. Къдрев, Р. Димова	128
БЕЗЖИЧНИ СЕНЗОРНИ МРЕЖИ WIRELESS SENSOR NETWORKS З. Ганев, Р. Димова	134
ИЗМЕРВАНЕ НА ДИЕЛЕКТРИЧНА ПРОНИЦАЕМОСТ НА СВРЪХВИСОКИ ЧЕСТОТИ MEASUREMENT OF THE DIELECTRIC CONSTANT AT MICROWAVE FREQUENCIES Р. Георгиев, А. Георгиева	139
АЛТЕРНАТИВНИ МЕТОДИ ЗА РЕШАВАНЕ НА ЗАДАЧА ЗА РАЗПОЛАГАНЕ НА СЪОРЪЖЕНИЯ ALTERNATIVE METHODS FOR OPTIMAL SOLVING OF FACILITY LOCATION PROBLEMS М. Карова, Д. Балинов, М. Марев	143
АПАРАТНО НАСИТЕНИ МИКРОКОНВЕЙЕРНИ СТРУКТУРИ HARDWARE SATURATED MICROPIPELINE STRUCTURES Д. Тянев	148
ПОСЛЕДОВАТЕЛЕН АЛГОРИТЪМ ЗА ДЕКОМПОЗИЦИЯ НА УЧЕБЕН МАТЕРИАЛ CONSISTENT ALGORITHM FOR DECOMPOSITION OF TRAINING MATERIAL Mitko Mitev, Nguyen Viet Anh, Milena Radeva	155
ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА МЕТАМАТЕРИАЛНИ СТРУКТУРИ EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF METAMATERIAL STRUCTURES А. Георгиева, Р. Георгиев	159

СРАВНИТЕЛЕН АНАЛИЗ НА ТЪНКИ ПОЛИКРИСТАЛНИ И ПОЛИМЕРНИ СЛОЕВЕ ИЗПОЛЗВАНИ В СЛЪНЧЕВИ ФОТОЕЛЕМЕНТИ

COMPARATIVE ANALYSIS OF THIN POLYCRISTAL AND POLYMER LAYERS USED IN SOLAR PHOTOCELLS

А. Йорданов, Б. Найденов 165

АНАЛИЗ НА ОСНОВНИ СВОЙСТВА НА ПЛАВАЩА ФОТОВОЛТАИЧНА ГЕНЕРАТОРНА СИСТЕМА

ANALYSIS OF THE BASIC PROPERTIES OF FLOATING PHOTOVOLTAIC POWER SYSTEM

А. Йорданов, Б. Найденов, Е. Беков 170

МЕТОД ЗА АНАЛИЗ НА УСЛОВИЯТА ЗА ПРИВЪРЗВАНЕ НА КОРАБИТЕ КЪМ КЕЯ И ИЗБИРАНЕ НА ВЪРЗАЛНИТЕ ВЪЖЕТА

METHOD OF THE CHOICE OF THE SHIP MOORING ROPES

Х. Хараланов 175

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ВЪЗМОЖНОСТИТЕ ЗА СЪКРАЩАВАНЕ ВРЕМЕТО ЗА ДЕБАЛАСТИРАНЕ НА ТАНКЕР

RESEARCH ON THE POSSIBILITIES OF REDUCING THE TIME REQUIRED FOR TANKER DE-BALLASTING

Н. Петров, В. Йорданов, И. Иванов, Ф. Дениз 183

ОТНОСИТЕЛНО ТЕГЛО НА ГРЕДИ СПРЯМО ДОПУСТИМИЯ ЗА ТЯХ ТОВАР

RELATIVE WEIGHT OF BEAMS RELATED TO THEIR ALLOWABLE LOAD

Т. Андреева – Недялкова, Х. Трендафилов 189

ВЛИЯНИЕ НА ЕЛЕМЕНТИТЕ НА НАПРЕЧНОТО СЕЧЕНИЕ НА ГРЕДИ ВЪРХУ ГЕОМЕТРИЧНИТЕ ИМ ХАРАКТЕРИСТИКИ

INFLUENCE OF THE ELEMENTS OF THE CROSS SECTIONS OF THE BEAMS ON THEIR GEOMETRICAL CHARACTERISTICS

Т. Андреева – Недялкова, Х. Трендафилов 195

МЕТОДИКА ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ НА НАЙ-ДОБРАТА ОФЕРТА ЗА ДОСТАВКА НА СИМУЛАТОР НА КОРАБНА ЕНЕРГЕТИЧНА УРЕДБА

METHOD FOR DETERMINATION OF THE BEST QUOTATION FOR DELIVERY OF SHIP'S POWER PLANT DESKTOP SIMULATOR

И. Костова, З. Алексиев 201

ПЛАЗМЕНО РЯЗАНЕ НА ЛЕГИРАНА МАШИНОСТРОИТЕЛНА СТОМАНА

THE PLASMA CUT OF DEBASE MECHANICAL STEEL

П. Дичев, Я. Аргиров, А. Стоянова, П. Златева 207

ПОДВОДНО ДВУДЪГОВО ЗАВАРЯВАНЕ В ЗАЩИТНА ГАЗОВА СРЕДА НА НИСКОЛЕГИРАНА КОРАБОСТРОИТЕЛНА СТОМАНА

UNDERWATER TWIN-ARC WELDING IN PROTECTIVE ATMOSPHERE LOW ALLOY SHIPBUILDING OF STEEL

П. Дичев, А. Стоянова, Х. Христов 211

ИЗСЛЕДВАНЕ СЪДЪРЖАНИЕТО НА ТЕЖКИ МЕТАЛИ В ЛИСТАТА НА ШИРОКОЛИСТНИ ДЪРВЕСНИ ВИДОВЕ STUDY OF THE HEAVY METALS CONTENT IN THE LEAVES OF DECIDUOUS TREE SPECIES Ж. Бекярова, Д. Динков, Я. Спасова	215
DETERMINATION OF THE METACENTRIC HEIGHT AT EARLY STAGES OF SHIP DESIGN ОПРЕДЕЛЯНЕ НА МЕТАЦЕНТРИЧНАТА ВИСОЧИНА В НАЧАЛНИТЕ ЕТАПИ НА ПРОЕКТИРАНЕ НА КОРАБА Ö. Öner, P. Georgiev	220
МЕТОДИ ЗА ВИЗУАЛИЗАЦИЯ НА МЕТАДАНИ И ТЯХНОТО ПРИЛОЖЕНИЕ В ЕКОЛОГИЧНИЯ МОНИТОРИНГ НА СВЕТОВНИЯ ОКЕАН METHODS FOR METADATA VISUALIZATION AND ITS IMPLEMENTATION IN WORLD OCEAN MONITORING Д. Тонева, А. Божидарова, В. Богданов, Д. Йонова	226
СТЕРЕОТИПИ И ОЧАКВАНИЯ НА ПОТРЕБИТЕЛИТЕ СВЪРЗАНИ С ДИЗАЙНА НА УЕБ САЙТ USER'S STEREOTYPES AND EXPECTATIONS OF WEB SITE DESIGN С. Въчинска	232
РОЛЕВИЯТ ДИАЛОГ КАТО СРЕДСТВО ЗА ФОРМИРАНЕ НА РЕЧЕВИ НАВИЦИ ПРИ ПРЕПОДАВАНЕТО НА АНГЛИЙСКИ ЕЗИК КАТО ЧУЖД ROLEPLAYING DIALOGUES AS A MEANS OF FORMING SPEECH HABITS IN FOREIGN LANGUAGE TEACHING В. Касчиева-Мавродиева, М. Златева	238
МЕДИЙНА КОНЦЕНТРАЦИЯ: ФОРМИ, ПРИЧИНИ, ПОСЛЕДСТВИЯ MEDIA CONCENTRATION: FORMS, CAUSES, EFFECTS А. Б. Тодоров	244
ПЪТЯТ КЪМ ИНОВАЦИИТЕ –ПРЕДИЗВИКАТЕЛСТВА ЗА БЪЛГАРИЯ THE ROAD TO INNOVATIONS – CHALLENGES FOR BULGARIA К. Георгиев	250
УПРАВЛЕНИЕ НА СТРУКТУРАТА НА КАПИТАЛА НА БИЗНЕС ОРГАНИЗАЦИЯТА MANAGEMENT OF THE CAPITAL STRUCTURE OF THE BUSINESS ORGANIZATION Д. М. Павлова	256
THE ASSESSMENT OF FISH STOCK AND ITS DISTRIBUTION IN BLACK SEA BY SPLIT BEAM ACOUSTIC SYSTEM ОЦЕНКА НА РИБНИТЕ ЗАПАСИ И ТЯХНОТО ПРОСТРАНСТВЕНО РАЗПРЕДЕЛЕНИЕ В ЧЕРНО МОРЕ ПОСРЕДСТВОМ SPLIT BEAM АКУСТИЧНА СИСТЕМА V. Marinova, D. Pavlova	263

ГЕНЕЗИС НА ПОЛЕВОТО СИВО (FELDGRAU) В ДИЗАЙНА НА АРМЕЙСКАТА ЕКИПИРОВКА

GENESIS OF THE FIELD GREY (FELDGRAU) IN ARMY EQUIPMENT DESIGN

М. Тачев 268

СЪБИТИЯ

ПЕТДЕСЕТ ГОДИНИ ОТ ПОЛЕТА НА ЮРИЙ ГАГАРИН – ПЪРВИЯТ ЧОВЕК ЛЕТАЛ В КОСМИЧЕСКОТО ПРОСТРАНСТВО

FIFTY YEARS OF THE FLIGHT OF YURI GAGARIN – THE FIRST PERSON TO FLY IN THE SPACE

Ц. Ковачева 274

ТОМ II

1. НАУЧНОИЗСЛЕДОВАТЕЛСКИ ПРОЕКТИ

ЧЕСТОТНО УПРАВЛЕНИЕ НА ТРИФАЗЕН АСИНХРОНЕН ДВИГАТЕЛ

FREQUENCY CONTROL OF A THREE PHASE INDUCTION MOTOR

Марин Маринов, Андрей Андреев, Емил Барудов, Ивайло Неделчев, Илонка Лилянова.....5

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ВЪЗМОЖНОСТИТЕ ЗА НАНАСЯНЕ НА ИЗНОСОУСТОЙЧИВИ МНОГОСЛОЙНИ НАНОСТРУКТУРИРАНИ ПОКРИТИЯ ЧРЕЗ ВАКУУМНИ МЕТОДИ ВЪРХУ ТОКОВОДЕЩИ ЧАСТИ НА ЕЛЕКТРИЧЕСКИ АПАРАТИ

INVESTIGATION OF THE POSSIBILITIES FOR APPLICATION OF WEAR-RESISTANT MULTILAYER NANOSTRUCTURED COATINGS ON CURRENT-CONDUCTIVE PARTS OF ELECTRICAL APPARATUS BY VACUUM METHODS

Бохос Апрахамян, Мария Маринова, Янита Славова, Майк Щреблау, Надежда Цветкова, Татяна Димова, Александър Гайдарджиев, Албена Йонова, Марин Маринов, Димитър Диков.....7

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ВЪЗМОЖНОСТИТЕ ЗА ПОДОБРЯВАНЕ НАДЕЖНОСТТА НА ЕЛЕКТРОННИ ИЗДЕЛИЯ

INVESTIGATION OF POSSIBILITIES TO IMPROVE THE RELIABILITY OF ELECTRONIC DEVICES

Антон Георгиев, Нели Георгиева, Христо Гигов, Тончо Папанчев, Георги Тодоринов, Ангел Карачомаков.....9

МУЛТИДИМЕНСИОНЕН КОМПЮТЪРЕН АНАЛИЗ В КОМУНИКАЦИИТЕ

MULTIDIMENSIONAL COMPUTER ANALYSIS IN COMMUNICATIONS

Екатеринослав Сираков, Николай Костов, Димитър Вълчев, Борис Николов, Христо Караиванов, Атанас Василев, Кирил Ненков.....11

ОПТИМИЗИРАНЕ НА ВЪЗЕЛ В СЕНЗОРНА МРЕЖА

NETWORK SENSOR NODE OPTIMIZATION

Розалина Димова, Венцеслав Драганов, Валентина Маркова, Васил Димитров, Георги Георгиев.....13

УСЪВЪРШЕНСТВАНЕ НА СИСТЕМАТА ЗА СТАНДАРТИЗАЦИЯ НА СОЦИАЛНИТЕ УСЛУГИ В РЕПУБЛИКА БЪЛГАРИЯ

ADVANCING THE SYSTEM OF STANDARTIZATION OF THE SOCIAL SERVICES IN BULGARIA

Тошко Петров, Ирина Тодорова.....15

ДИСТАНЦИОННО УПРАВЛЕНИЕ НА ЕЛЕКТРОМЕХАНИЧНИ СИСТЕМИ И ОБЕКТИ С РАЗПРЕДЕЛЕНИ ПАРАМЕТРИ

REMOTE CONTROL OF ELECTROMECHANICAL SYSTEMS AND DISTRIBUTED PARAMETER OBJECTS

Марияна Тодорова, Овид Фархи, Велко Наумов, Витан Димитров, Наско Атанасов,
Цоло Георгиев, Пламен Манасиев, Никола Николов, Янко Янев, Светлана Савова,
Михаил Скопчанов, Веско Узунов, Диян Джибаров, Цветомир Тодоровас,
Мариела Александрова, Живко Жеков, Христо Христосков, Елена Драганова,
Иван Баджаков, Веселин Луков, Владимир Вълев, Николай Петков,
Дамян Хаджийски, Анелия Костадинова, Владимир Вълчев, Айхан Мехмед, Божидар Борисов.....17

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ИНТЕРДИСЦИПЛИНАРНИ ВРЪЗКИ В СПЕЦИАЛНОСТ „СОФТУЕРНИ И ИНТЕРНЕТ ТЕХНОЛОГИИ”

INVESTIGATION OF THE INTERDISCIPLINARY CONNECTIONS IN THE „SOFTWARE AND INTERNET TECHNOLOGIES” CURRICULUM

Елена Рачева, Митко Митев, Борис Рачев, Слава Йорданова, Анатолий Антонов,
Владимир Николов, Гео Кунев, Павлина Владимирова, Гинка Маринова, Димитър Димитров,
Николай Райчев, Милена Радева19

НАУЧНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ В ОБЛАСТТИ НА КОМПЮТЪРНИТЕ НАУКИ С ПРИЛОЖЕНИЯ В ОБУЧЕНИЕТО

RESEARCH IN THE COMPUTER SCIENCE AREA WITH APPLICATIONS IN TRAINING

Надежда Рускова, Петър Антонов, Трифон Русков, Димитър Тянев, Виолета Божикова,
Марияна Стоева, Христо Вълчанов, Христо Ненов, Валентина Антонова, Георги Върбанов,
Росен Радков, Лъчезар Георгиев, Даниела Илиева, Венета Алексиева, Стефка Попова,
Константин Капинчев, Стефан Герганов, Божидар Георгиев.....21

СТРАТЕГИИ И АЛГОРИТМИ ЗА РАЗПРЕДЕЛЯНЕ НА ПАРАЛЕЛНИ ЗАДАЧИ В МУЛТИПРОЦЕСОРНИ СИСТЕМИ

STRATEGIES AND ALGORITHMS FOR SCHEDULING OF PARALLEL JOBS IN MULTIPROCESSOR SYSTEMS

Сава Иванов, Милена Карова, Цветан Таслаков, Юлка Петкова, Ганка Ковачева,
Бойка Градинарова, Жейно Жейнов, Милен Ангелов, Ивайло Пенев, Мая Тодорова,
Антоанета Иванова, Сузан Четинова, Георги Цанков, Радослав Младенов.....23

ИДЕЕН ПРОЕКТ НА СИМУЛАЦИОННА ЛАБОРАТОРИЯ ПО КОРАБНА ЕНЕРГЕТИКА

PRELIMINARY PROJECT OF THE SIMULATION LABORATORY OF SHIP POWER PLANT

Ирина Костова, Златозар Алексиев.....25

ПРОЕКТИРАНЕ И ПОСТРОЙКА НА ЕКСПЕРИМЕНТАЛНА АЛУМИНИЕВА ЛОДКА

DESIGN AND CONSTRUCTION OF EXPERIMENTAL ALLUMINIUM BOAT

**Пламен Дичев, Трайчо Дамянлиев, Стефан Кюлевчелиев, Николай Трънулов,
Александър Рафаилов, Христо Трендафилов, Петър Георгиев, Никола Петров,
Ярослав Аргиров, Десислава Минчева, Георги Томов, Стефан Михайлов, Радко Великов,
Пеньо Пенев, Неделчо Кралев.....27**

ИЗМЕРВАНЕ И ИЗСЛЕДВАНЕ НА ПАРАМЕТРИТЕ НА ХЛАДИЛНИТЕ АГЕНТИ ПРИ ХЛАДИЛНИ И КЛИМАТИЧНИ ИНСТАЛАЦИИ

MEASUREMENT AND INVESTIGATION OF REFRIGERANT PROPERTIES IN REFRIGERATION AND AIR CONDITIONING SYSTEMS

**Даниела Чакърова, Димитър Русев, Илия Хаджидимов, Николай Христов, Атанас Атанасов,
Стаменка Атанасова, Радко Радев, Пенка Златева, Ирина Павлова, Денка Кънчева, Георги Атанасов.....29**

КЛИПОВЕ НА ЛАБОРАТОРНИ И КОМПЮТЪРНИ УПРАЖНЕНИЯ ПО СЪПРОТИВЛЕНИЕ НА МАТЕРИАЛИТЕ И ТЕОРИЯ НА МАШИНИТЕ И МЕХАНИЗМИТЕ

VIDEOCLIPS OF LABORATORY AND COMPUTER EXERCISES FOR STRENGTH OF MATERIALS AND MACHINE AND MECHANISMS THEORY COURSES

**Върбан Милков, Дишко Дишев, Стефан Стефанов, Николай Куртев, Диян Димитров,
Янка Петрова, Александър Гюров.....31**

ФИЗИКОХИМИЧЕН И МИКРОБИОЛОГИЧЕН МОНИТОРИНГ НА ВОДИТЕ НА ДЕРЕТО, ПРЕМИНАВАЩО ПРЕЗ ТЕРИТОРИЯТА НА ТУ-ВАРНА

PHYSICO- CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL MONITORING OF THE STORM WATER CANAL ON THE TERRITORY OF TU-VARNA

**Анна Симеонова, Живка Бекярова, Розалина Чутуркова, Жечка Владимирова,
Елена Кинджакова, Николета Стойкова, Йоана Ковачева, Анастасия Купенова,
Елена Василева, Александрина Тилева, София Петрова, Сузан Руфат, Кристина Божкова,
Катя Стойчева, Мария Великова, Димитър Недялков, Недялко Стоянов.....33**

ТРЕНАЖОР ПО БЕЗОПАСНОСТ НА КОРАБОПЛАВАНЕТО И УПРАВЛЕНИЕ МАНЕВРИТЕ НА КОРАБА

SIMULATOR OF SHIP MANEUVERING AND SAFETY AT SEA

**Михаил Щерев, Марин Койчев, Атанас Крушев, Чавдар Орманов, Божидар Събев,
Иван Грозев, Милен Тодоров, Андрей Станев, Николай Беджев, Георги Щерев35**

ВЪЗМОЖНОСТИ ЗА СТИМУЛИРАНЕ НА ТЕХНОЛОГИЧНОТО ПРЕДПРИЕМАЧЕСТВО И ИНОВАЦИИТЕ ЧРЕЗ ИЗУЧАВАНЕ И ПРИЛАГАНЕ НА ПРИМЕРИ НА ДОБРА ПРАКТИКА

OPPORTUNITY TO STIMULATION OF TECHNOLOGICAL ENTREPRENEURSHIP AND INNOVATIONS THROUGH STUDYING AND APPLYING OF GOOD PRACTICE EXAMPLES

Кирил Георгиев, Светлана Лесидренска, Красимира Димитрова, Донка Иванова,
Александър Тодоров, Фани Узунова, Стелиян Бенев, Таня Панайотова, Александър Александров,
Дарина Павлова, Иван Иванов, Недка Николова, Иван Стоев, Веселина Янкова,
Денис Демирджиев, Мариана Мурзова.....37

ПРЕСМЯТАНЕ НА ЕЛЕКТРИЧНИТЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ЕДИНИЧНИ И СВЪРЗАНИ ОБЪРНАТА И ПОТОПЕНА МИКРОЛЕНТОВА СВЧ ПРЕДАВАЩА ЛИНИЯ.

CALCULATION OF THE ELECTRICAL CHARACTERISTICS OF THE SINGLE AND COUPLED REVERSED AND EMBEDDED MICROWAVE TRANSMISSION LINES

Владимир Войнов, Роза Войнова, Пейчо Попов, Красимира Кърджилова, Тодорка Георгиева.....39

РАЗРАБОТВАНЕ НА ПАКЕТ ОТ МЕТОДИКИ ЗА ФЛУОРЕСЦЕНТЕН РЕНТГЕНОВ СПЕКТРАЛЕН АНАЛИЗ И ВНЕДРЯВАНЕТО ИМ В УЧЕБНАТА И НАУЧНО- ПРИЛОЖНАТА ДЕЙНОСТ НА АЛСА И КАТ.MTM

DEVELOPMENT OF THE METHODS OF FLUORESCENT X-RAY ANALYSIS AND IT'S APPLICATION IN THE EDUCATIVE AND SCIENTIFIC WORK OF "ALSA" AND DEPARTMENT MTM

Руси Русев, Йордан Бояджиев, Пламен Петров, Живко Димитров, Ярослав Аргиров,
Красимира Момчилова, Елена Русева, Юрий Шамонин, Диан Димитров.....41

РАЗРАБОТВАНЕ НА ПОМОЩНИ СРЕДСТВА И ВИЗУАЛНИ МОДУЛИ ЗА ОБУЧЕНИЕ И ИЗСЛЕДОВАТЕЛСКА РАБОТА ПРИ ЕРГОНОМИЧНА ОЦЕНКА НА РАБОТНАТА СРЕДА И ИНТЕРНЕТ ПРОСТРАНСТВОТО

DEVELOPMENT OF VISUAL AIDS AND TRAINING MODELS FOR TEACHING AND RESEARCH ON ERGONOMIC EVALUATION OF WORKING ENVIRONMENT AND THE WEB

Стефка Йорданова, Соня Въчинска, Митко Додуров, Константин Костов, Александрина Банкова,
Зоя Дончева, Вера Кръстева, Боряна Димчева, Анна Димитрова, Ангел Стоев, Кадрие Исуф,
Петър Лазаров, Валерия Лютова, Станислава Лютова, Рада Братанова, Даря Маркова.....43

ИЗСЛЕДВАНЕ ТОЧНОСТТА НА ИЗМЕРВАНЕ НА ЪГЛОВИ РАЗМЕРИ

A STUDY OF THE ACCURACY OF MEASUREMENT OF ANGULAR DIMENSIONS

Евстати Лефтеров, Павлина Тотева, Анелия Стоянова, Златин Павлов, Галин Калчев,
Светослав Стойков.....45

**РАЗРАБОТВАНЕ НА ЕКСПЕРИМЕНТАЛНА УСТАНОВКА
ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ НА АВТОМОБИЛИ**
DEVELOPMENT OF AN EXPERIMENTAL SETTING
FOR RESEARCH ON VEHICLE

Неделчо Иванов, Антон Колев, Веселин Михайлов, Радостин Димитров, Димитър Чанев,
Йордан Михайлов.....47

**ПРИЛОЖЕНИЕ НА ЕЛЕКТРОНИЗАЦИЯТА И
МОДЕЛИРАНЕТО**
ЗА ПРЕОБРАЗУВАНЕ НА ФИЗИЧНИ ВЕЛИЧИНИ В
СЪОРЪЖЕНИЯ ЗА ЗЕМЕДЕЛИЕТО

APPLICATION THE ELECTRONICS AND MODELING FOR
TRANSFORMATION THE PHYSICAL QUANTITIES
IN AGRICULTURE EQUIPMENT

Радко Михайлов, Владимир Демирев, Светлозар Захариев, Димитър Димитров, Свилен Стоянов,
Христо Гигов, Атанаска Боева, Станимир Станков, Тенур Хасан.....49

**ОПТИМИЗАЦИОННИ ЗАДАЧИ И ВАРИАЦИОННИ
МЕТОДИ. КОНСТРУИРАНЕ НА КОМБИНАТОРНИ БЛОК-
ДИЗАЙНИ И МАРГИНАЛНИ РАЗПРЕДЕЛЕНИЯ.**
OPTIMIZATION PROBLEMS AND VARIATIONAL METHODS.
CONSTRUCTING OF COMBINATORIAL BLOCK-DESIGNS AND
MARGINAL DISTRIBUTIONS.

Сребра Благоева, Иван Гинчев, Златка Матева, Всеволод Иванов, Анна Николова, Румен Маринов,
Мелине Апрахамян, Недка Пулова, Диана Кирилова.....51

**АКТИВАТОР ЗА РАЗВИВАНЕ НА КОМУНИКАТИВНО-
РЕЧЕВИ УМЕНИЯ ЗА СТУДЕНТИТЕ ОТ ПОДГОТВИТЕЛЕН
КУРС АЕО В ТУ-ВАРНА**

AN ORAL AND WRITTEN COMMUNICATION SKILLS
ACTIVATOR FOR PREP YEAR STUDENTS OF TU-VARNA

Цанко Генчев, Валя Касчиева-Мавродиева, Милена Златева, Светла Събева, Мариана Кръстева,
Надежда Христова53

**2. НАУЧНОИЗСЛЕДОВАТЕЛСКИ ПРОЕКТИ В ПОМОЩ НА
ДОКТОРАНТИ**

**АДАПТИВНО УПРАВЛЕНИЕ НА АСИНХРОННИ
ЗАДВИЖВАНИЯ**
ADAPTIVE CONTROL OF INDUCTION MOTOR DRIVE

Николай Джагаров, Милен Бонев, Живко Гроздев, Димитър Димитров.....55

**ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЕФЕКТИВНОСТТА НА СВЕТЛОДИОДНО
УЛИЧНО ОСВЕТЛЕНИЕ**
STUDY ON ENERGY EFFICIENCY OF LED STREET LIGHTING

Румен Киров, Самет Исак.....57

ИЗСЛЕДВАНЕ НА КОНТАКТНИ ТЕЛА НА ЕЛЕКТРОМАГНИТНИ КОНТАКТОРИ С НАНЕСЕНИ МНОГОСЛОЙНИ ИЗНОСОУСТОЙЧИВИ НАНОСТРУКТУРИРАНИ ПОКРИТИЯ INVESTIGATION OF CONTACT RIVETS OF ELECTROMAGNETIC CONTACTORS WITH WEAR-RESISTANT MULTILAYER NANOSTRUCTURED COATINGS	
Бохос Апрахамян, Александър Гайдарджиев.....	59
ОЦЕНКА НА РИСКА ПРИ ЕКСПЛОАТАЦИЯ НА ЕЛЕКТРИЧЕСКИ МАШИНИ И ТРАНСФОРМАТОРИ RISK ASSESSMENT IN THE OPERATION OF ELECTRICAL MACHINES AND TRANSFORMERS	
Любомир Димитров, Тодор Пенев.....	61
ИЗСЛЕДВАНЕ НА АЛГОРИТМИ ЗА ДЕТЕКЦИЯ НА ДВИЖЕНИЕ В ПОДВИЖНИ ИЗОБРАЖЕНИЯ A SURVEY OF MOTION DETECTION ALGORITHMS IN MOTION PICTURES	
Николай Костов, Борис Николов.....	63
ИЗСЛЕДВАНЕ НА ВЪЗМОЖНОСТИТЕ ЗА ГЕНЕРИРАНЕ НА ПСЕВДОСЛУЧАЙНИ ПОСЛЕДОВАТЕЛНОСТИ СЪС СВРЪХГОЛЯМА ДЪЛЖИНА И ПРИЛОЖЕНИЕТО ИМ В РАДАРНИ СИСТЕМИ С НИСКА ВЕРОЯТНОСТ НА ОТКРИВАНЕ RESEARCH OF ABILITY FOR GENERATING PSEUDO-RANDOM SEQUENCE WITH ULTRA LENGTH AND THEIR APPLICATION IN RADAR SYSTEMS WITH A LOW PROBABILITY OF DETECTION	
Атанас Майналовски, Чавдар Александров, Захарий Попов, Божидар Дойнов.....	65
ИЗСЛЕДВАНЕ ВЛИЯНИЕТО НА КАЧЕСТВОТО НА ЛОКАЛИЗАЦИЯ ПРИ САМООРГАНИЗИРАЩИ СЕ МРЕЖИ QUALITY LOCALIZATION INVESTIGATION OF SELFORGANIZING NETWORKS	
Розалина Димова, Васил Сашков Димитров.....	67
ОТКРИВАНЕ И КЛАСИФИЦИРАНЕ НА НЕРАВНОСТИ ПО ГЛАДКИ ПОВЪРХНОСТИ DETECTION AND CLASSIFICATION OF ROUGHNESS ON SMOOTH SURFACE	
Йордан Колев, Иван Булиев, Христиан Русев.....	69

УПРАВЛЕНИЕ НА ГЕНЕРАТОРИ ЗА ВЯТЪРНИ ТУРБИНИ
CONTROL FOR WIND DRIVEN GENERATORS

Венцислав Вълчев, Пламен Янков.....71

ПРОЕКТИРАНЕ И ИЗСЛЕДВАНЕ ПРОИЗВОДИТЕЛНОСТТА
НА КОМПЮТЪРНИ СИСТЕМИ С ЕНЕРГОНЕЗАВИСИМА
ПАМЕТ И ТВЪРДОТЕЛНИ ДИСКОВЕ

DESIGNING AND EXAMINING THE PERFORMANCE OF A
COMPUTER SYSTEM WITH NON-VOLATILE MEMORY AND
SOLID STATE DISK

Сава Иванов, Радослав Младенов.....73

КОНТРОЛЕРНО БАЗИРАНИ АЛГОРИТМИ ЗА
УПРАВЛЕНИЕ И ПРОТОКОЛИ ЗА КОМУНИКАЦИЯ
МЕЖДУ СЪВМЕСТНО РАБОТЕЩИ МОБИЛНИ РОБОТИ
MICROCONTROLLER BASED CONTROL ALGORITHMS AND
COMMUNICATION PROTOCOLS BETWEEN COOPERATIVE
MOBILE ROBOTS

Овид Фархи, Христо Христосков, Михаил Скопчанов, Елена Драганова, Любомир Алексиев,
Айхан Мехмед, Христо Петров, Трифон Петков, Деница Трънова, Георги Енчев.....75

СПЕЦИАЛИЗИРАНА АПАРАТУРА ЗА ПРЕНОС НА ДАННИ
ПО GPRS ПРОТОКОЛ

WIRELESS DATA TRANSFER EQUIPMENT BY GPRS
PROTOCOL

Илия Хаджидимов, Емилиян Беков, Жеко Киряков, Венелин Павлов.....77

СТЕНДОВИ ИЗСЛЕДВАНИЯ НА НИСКОТЕМПЕРАТУРНИ
ТЕРМОСИФОНИ И ТОПЛИННИ ТРЪБИ И НА ОБРАЗЦИ НА
ТОПЛООБМЕННИЦИ С ТАКИВА

BENCH TESTS AT LOW TEMPERATURE THERMOSIPHON AND
HEAT PIPES AND WITH SAMPLES HEAT EXCHANGERS OF
SUCH

Атанас Мирчев, Николай Мавродиев, Дончо Дончев, Борислав Иванов.....79

ИЗСЛЕДВАНЕ НА МЕТОДИТЕ ЗА ВИЗУАЛИЗАЦИЯ НА
ПАРАМЕТРИТЕ НА ОКОЛНАТА СРЕДА В РАМКИТЕ НА
ВОДНИТЕ ПРОСТРАНСТВА С НАВИГАЦИОННО
ЗНАЧЕНИЕ

STUDY OF THE VIZUALIZATION METHODS FOR
ENVIRONMENTAL PARAMETERS IN WATERWAYS

Николай Минчев, Татяна Жекова.....81

**ИЗСЛЕДВАНЕ НА ВЪЗМОЖНОСТИТЕ ЗА ИЗПОЛЗВАНЕ НА
БИОГАЗ ЗА РАБОТА НА ДВГ**

STUDY OPTIONS FOR USING THE BIOGAS FOR THE
OPERATION OF ICE

Ангел Димитров, Радостин Димитров.....83

**МОДЕРНИЗАЦИЯ И РЕКОНСТРУКЦИЯ НА СТЕНД ЗА
ИЗПИТВАНЕ НА ПРЕДАВАТЕЛНИ МЕХАНИЗМИ**

MODERNIZATION AND RECONSTRUCTION OF STAND FOR
TRANSMISSION MECHANISMS TESTING

Христо Христов, Найден Спасов, Стефан Тенев, Светлозар Стоянов.....85

Сборникът трудове се издава по проект в рамките на присъщната за Университета научноизследователска дейност, целево финансирана от държавния бюджет.

КОМУТАЦИОННИ ПРОЦЕСИ ПРИ РЕАКТИВНИ ТОВАРИ В АВТОТРАНСФОРМАТОРЕН ДИСКРЕТЕН СЪПАЛЕН РЕГУЛАТОР НА НАПРЕЖЕНИЕ

COMMUTATION PROCESSES WITH REACTIVE LOADS IN A DISCRETE ALTERNATING VOLTAGE REGULATOR

Емил Барудов, Емил Панов, Стефан Барудов

Резюме: В мрежи с ограничена мощност напрежението на отделните консуматори може да се поддържа в допустимите граници, с автотрансформаторни дискретни регулатори на променливо напрежение (АДРПН). Работата разглежда комутационните процеси, възникващи при превключването на тиристорните ключове на АДРПН. Изследвани са различни активни, активно-капацитивни и активно-индуктивни товари при различни ъгли на комутация. Извършената експериментална проверка с прототип показва добро съвпадение с данните от компютърните симулации.

Ключови думи: автотрансформатор, дискретен регулатор на променливо напрежение, полупроводникови комутиращи елементи, тиристор, комутационен процес

Abstract: In networks with limited power, the voltage supply of the separate consumers can be controlled in admissible range through autotransformer discrete alternating voltage regulators (ADAVR). This paper examines the switching processes occurring at the commutation of the thyristor switches of ADAVR. Different active, active-capacitive and active-inductive loads at different angles of commutation are studied. The performed experimental verification with a prototype reveals good correspondence with the data from the computer simulations.

Keywords: autotransformer, discrete alternating voltage regulator, semiconductor commutation elements, thyristor, commutation process

I. ВЪВЕДЕНИЕ

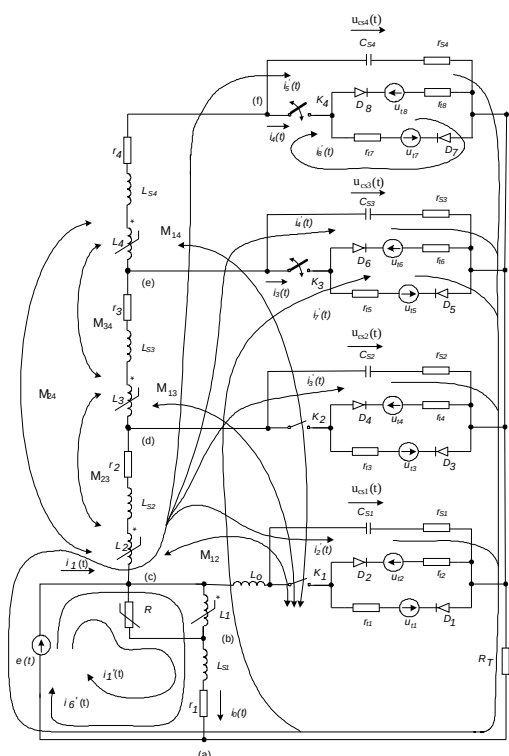
Съществуват електрически мрежи, при които фазовото напрежение се изменя над допустимите граници. Причините за това са комплексни, но за да бъде осигурена безаварийна работа на консуматорите, трябва да се поддържа големината на входното захранващо напрежение в зададените по БДС 50160 граници. Един от методите за това е използване на автотрансформаторни дискретни регулатори на променливо напрежение (АДРПН) с полупроводникови комутиращи елементи (ПКЕ) [1,2,3]. Проектирането на такива регулатори изисква използването на средства за компютърен анализ и симулация на сложните процеси, възникващи в тези устройства [3,4]. Основен проблем за създаването на прецизни модели и алгоритми за

анализ, които да позволяват точни симулации на реакциите на АДРПН при различни работни режими се явяват сложността на комутационните процеси и промяната на характера и големината на товара. В работата се сравняват аналитично и експериментално получени резултати за различни товари и ъгли на комутацията.

II. АНАЛИЗ

Регулирането на диапазона на изменение на амплитудата на захранващото напрежение на консуматорите се реализира чрез автоматичното превключване на изводите на трансформатор (автотрансформатор).

На фиг. 1 е показана заместващата схема на АДРПН с четири ПКЕ. Схемата включва параметрите на комутиращите групи, гасящите групи, магнитната верига, параметрите на отделните секции на намотката и съществуващите нелинейности.

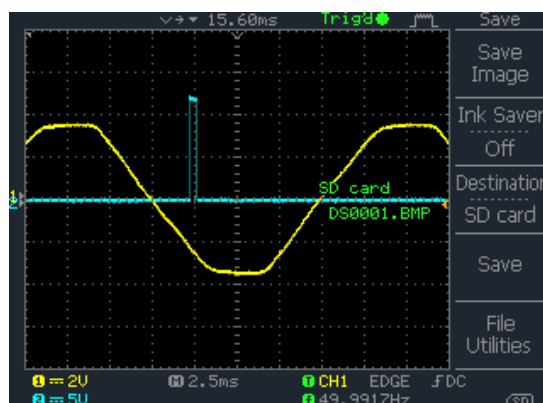


Фиг. 1. Заместваща схема на АДРПН с четири ПКЕ.

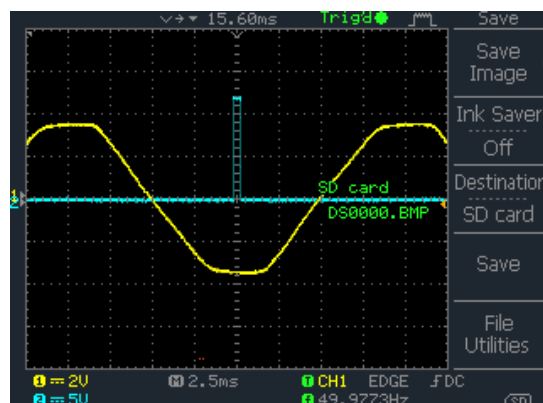
При изследванията е разгледан най-тежкият режим на работа – превключване от предпоследната към последната повишаваща степен на АДРПН – входното напрежение намалява от 170V към 160V. Комутационният процес обхваща три интервала [1,2]. В първия интервал е затворен ключа K_3 , а всички други са отворени; във втория интервал са затворени ключове K_3 и K_4 ; а в третия интервал е затворен само ключа K_4 .

На фиг. 2а, 2б и 2в са показани управляващите импулси, подавани към фото-управляемия симистор на тиристорния ключ [5], при фази на комутацията $\varphi=225^\circ$, 270° , и 315° .

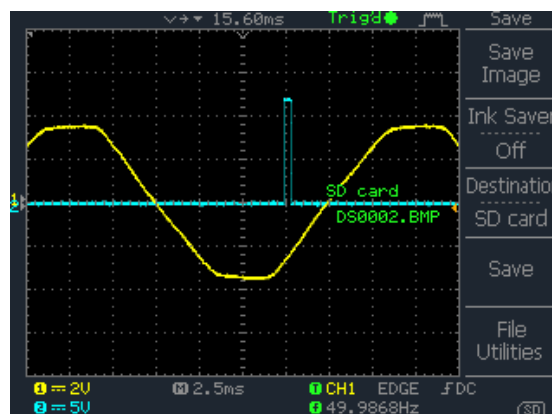
На фиг. 3а, 3б; 4а, 4б; 5а, 5б; и 6а, 6б са показани съответно входният ток на регулатора на напрежение - $i_1(t)$; токът през ПКЕ- K_3 - $i_{кл3}(t)$; токът през ПКЕ- K_4 - $i_{кл4}(t)$; и токът през товара $i_2(t)$. С индекс "а" са показани експериментално получените резултати, а с индекс "б" аналитичните – получени от процеса на математическото моделиране с разработената програмата AVTO на MATLAB.



Фиг. 2а. Осцилограма на управляващите импулси на ПКЕ при $\varphi=225^\circ$.



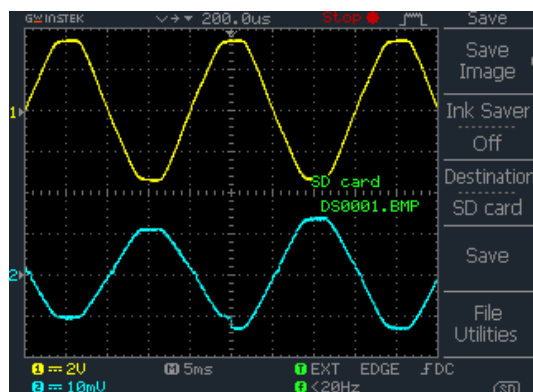
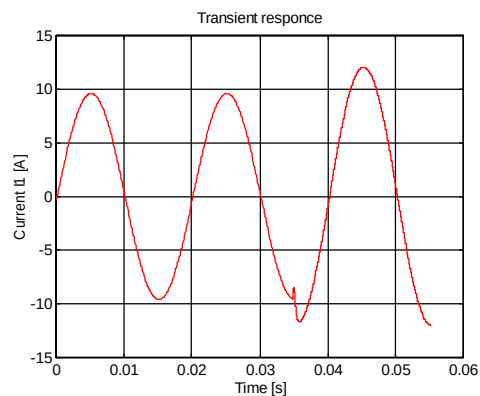
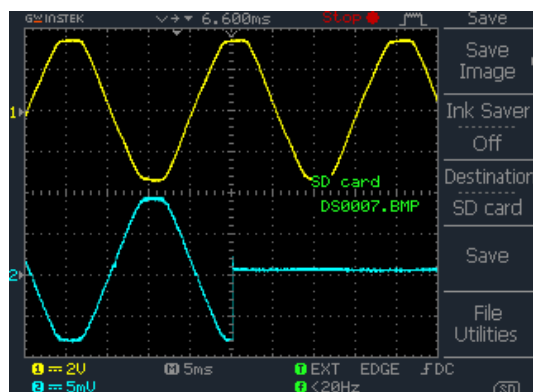
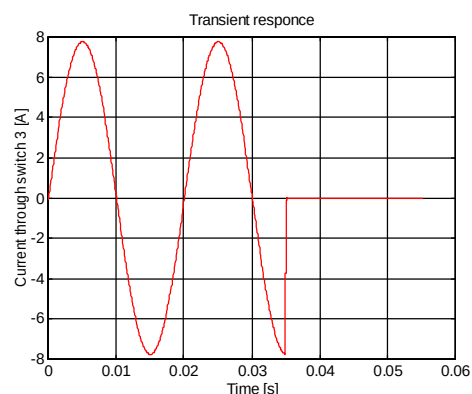
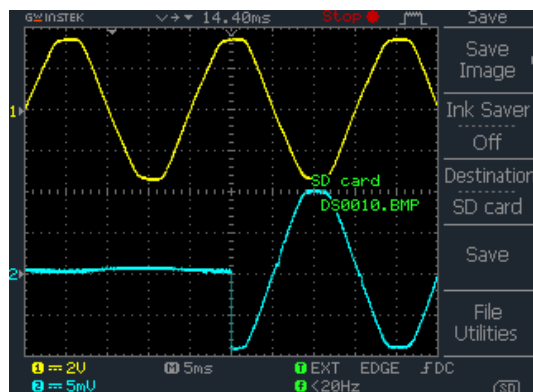
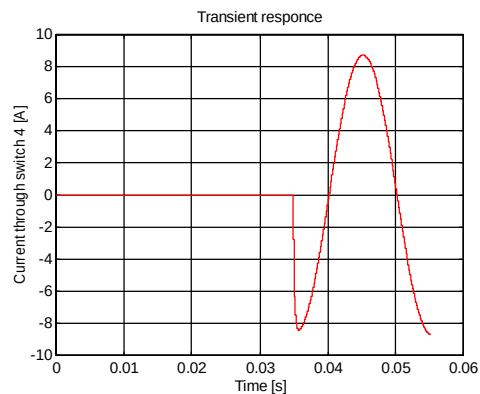
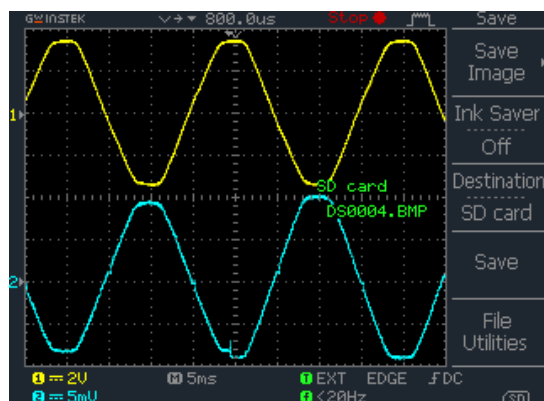
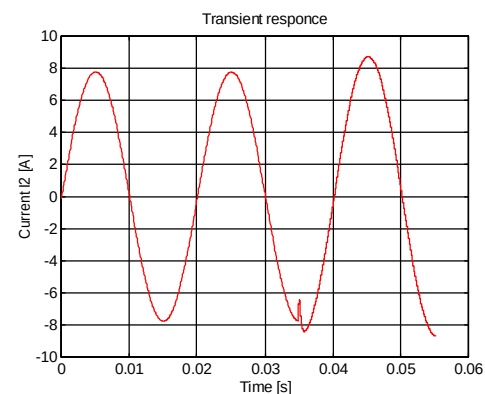
Фиг. 2б. Осцилограма на управляващите импулси на ПКЕ при $\varphi=270^\circ$.



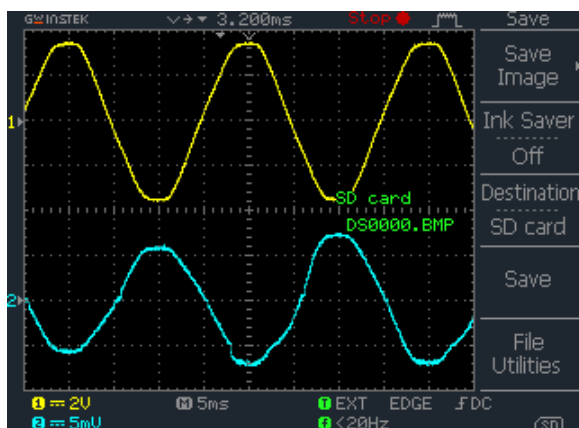
Фиг. 2в. Осцилограма на управляващите импулси на ПКЕ при $\varphi=315^\circ$.

Резултатите, показани на осцилограмите са получени при входно захранващо напрежение на АДРПН $E=160V$; $R_T=35,5\Omega$ и начална фаза на комутация $\varphi=270^\circ$.

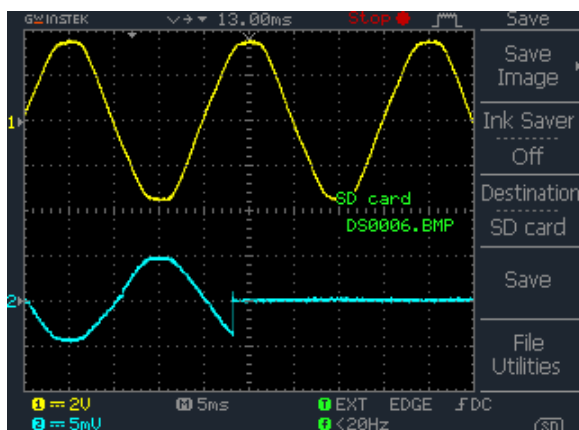
На фиг. 7а, 7б; 8а, 8б; 9а, 9б и 10а, 10б са показани съответно входният ток- $i_1(t)$;

Фиг. 3а. Осцилограма на $i_1(t)$.Фиг. 3б. Комп. симулация на $i_1(t)$.Фиг. 4а. Осцилограма на $i_{кЛ3}(t)$.Фиг. 4б. Комп. симулация на $i_{кЛ3}(t)$.Фиг. 5а. Осцилограма на $i_{кЛ4}(t)$.Фиг. 5б. Комп. симулация на $i_{кЛ4}(t)$.Фиг. 6а. Осцилограма на $i_2(t)$.Фиг. 6б. Комп. симулация на $i_2(t)$.

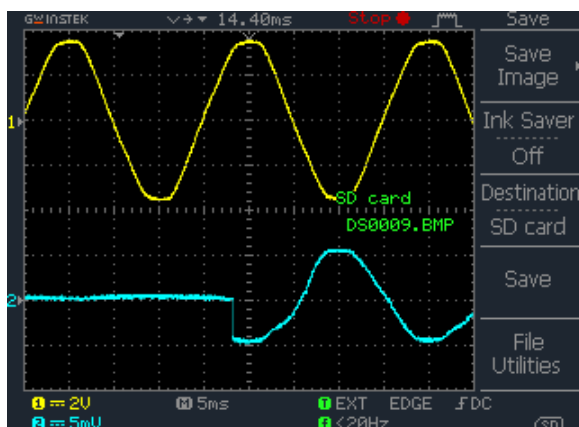
токът през ПКЕ-К₃- $i_{кл3}(t)$; токът през ПКЕ-К₄- $i_{кл4}(t)$; и токът през товара $i_2(t)$ при входно захранващо напрежение на АДРПН $E=160V$; $L_T=2,1712H$ и $R_T=60,6\Omega$, свързани паралелно. Началната фаза на комутация е $\varphi=225^\circ$.



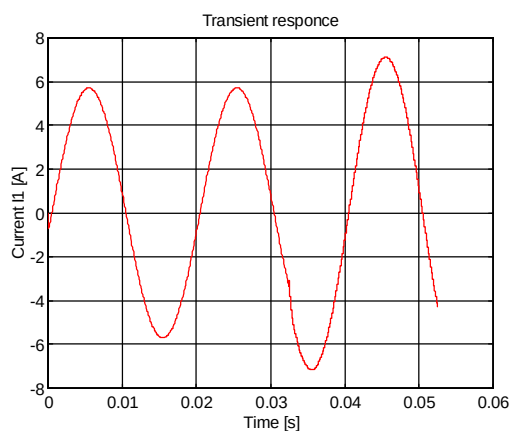
Фиг. 7а. Осцилограма на $i_1(t)$.



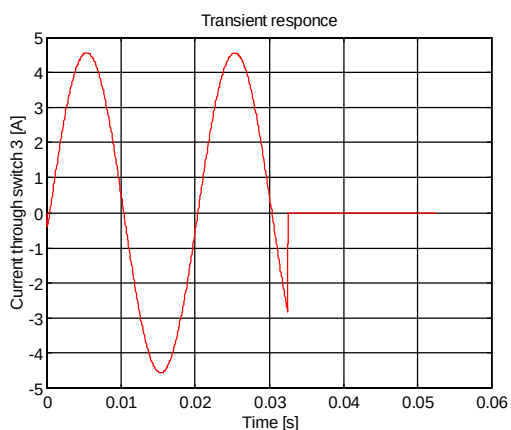
Фиг. 8а. Осцилограма на $i_{кл3}(t)$.



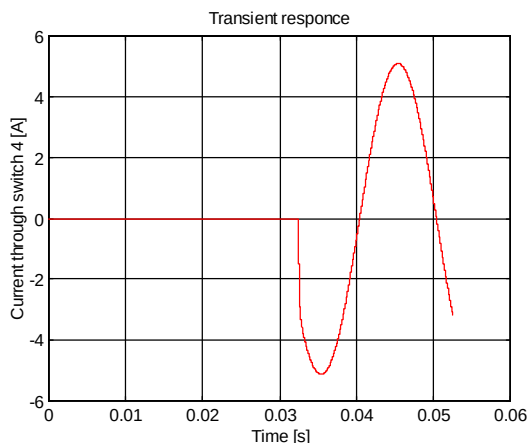
Фиг. 9а. Осцилограма на $i_{кл4}(t)$.



Фиг. 7б. Комп. симулация на $i_1(t)$.



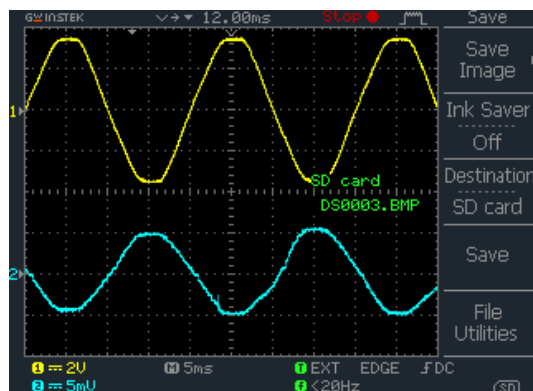
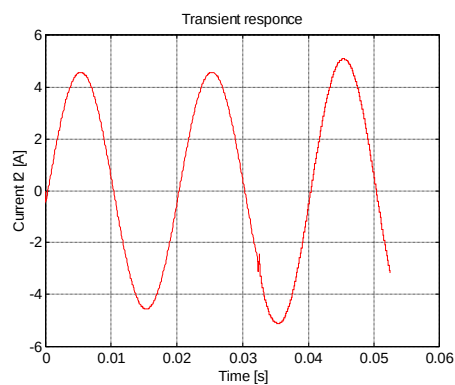
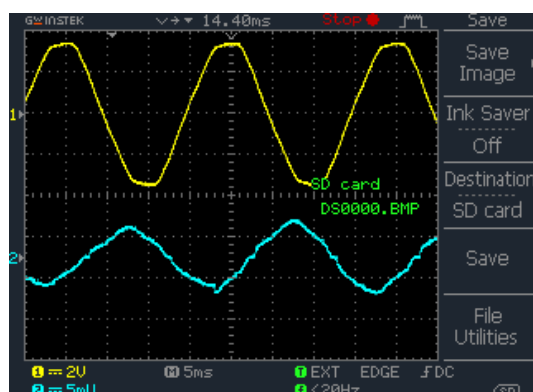
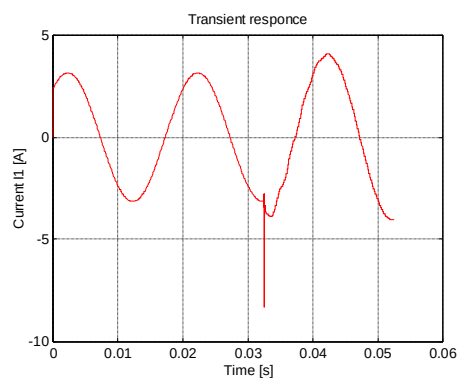
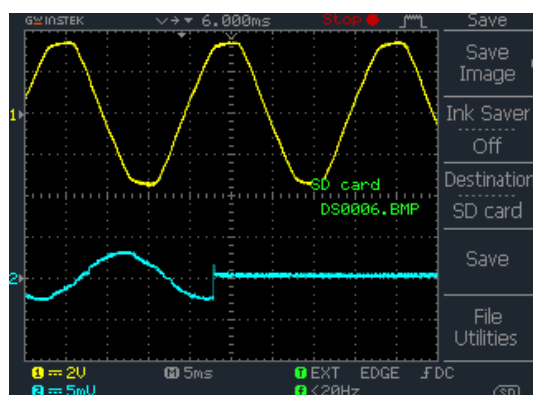
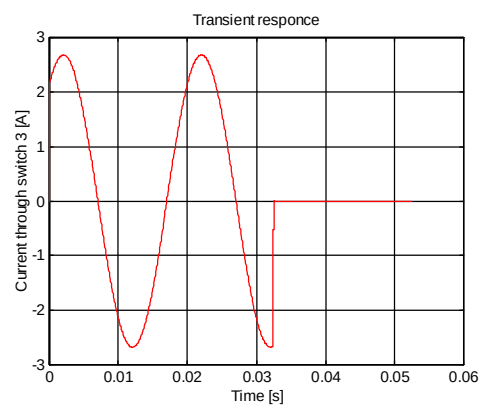
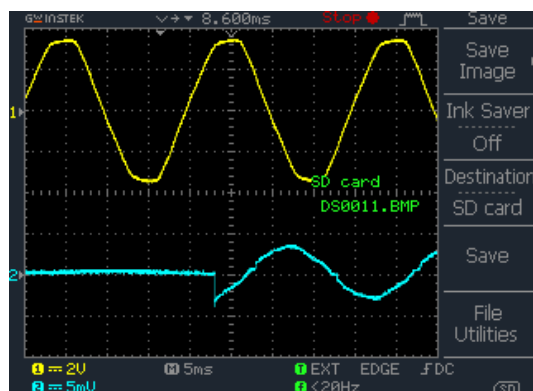
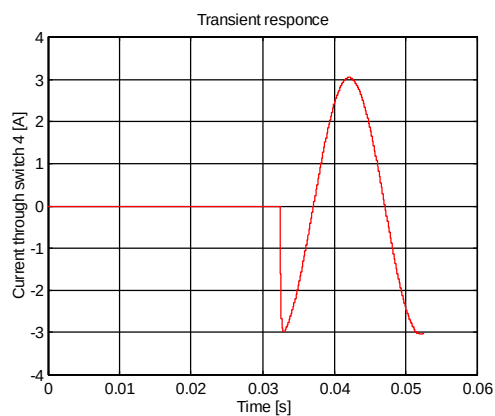
Фиг. 8б. Комп. симулация на $i_{кл3}(t)$.

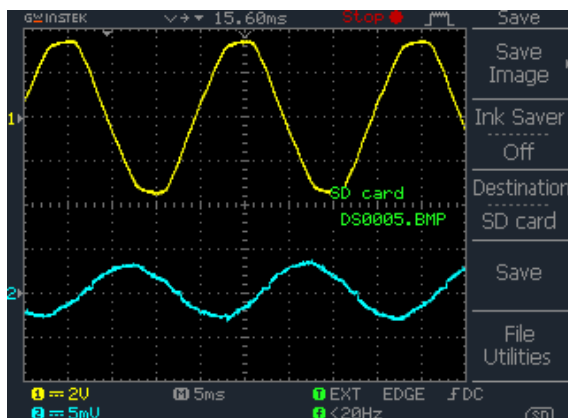
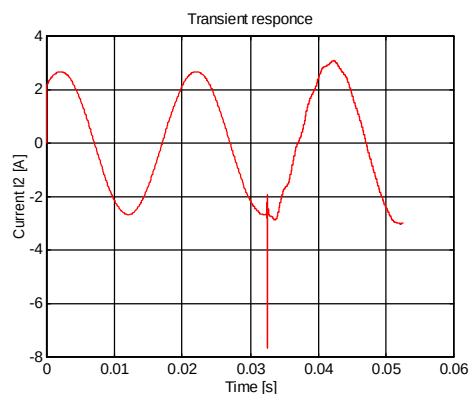


Фиг. 9б. Комп. симулация на $i_{кл4}(t)$.

На фиг. 11а, 11б; 12а, 12б; 13а, 13б; и 14а, 14б са показани съответно входният ток на регулатора на напрежение - $i_1(t)$; токът през ПКЕ-К₃- $i_{кл3}(t)$; токът през ПКЕ-К₄- $i_{кл4}(t)$; и токът през товара $i_2(t)$, при входно захранващо напрежение на АДРПН $E=160V$; $C_T=38,09\mu F$ и $R_T=61,8\Omega$, свързани серийно. Началната фаза на комутация е $\varphi=225^\circ$.

На всички осцилограми, показващи токовете в регулатора, 1mV/div отговаря на 1A/div.

Фиг. 10а. Осцилограма на $i_2(t)$.Фиг. 10б. Комп. симуляция на $i_2(t)$.Фиг. 11а. Осцилограма на $i_1(t)$.Фиг. 11б. Комп. симуляция на $i_1(t)$.Фиг. 12а. Осцилограма на $i_{кЛ3}(t)$.Фиг. 12б. Комп. симуляция на $i_{кЛ3}(t)$.Фиг. 13а. Осцилограма на $i_{кЛ4}(t)$.Фиг. 13б. Комп. симуляция на $i_{кЛ4}(t)$.

Фиг. 14а. Осцилограма на $i_2(t)$.Фиг. 14б. Комп. симулация на $i_2(t)$.

III. ИЗВОДИ

1. За разработения прецизен модел на АДРПН, отчитащ спецификата на реализация на ПКЕ, нелинейностите във магнитните вериги и обхващащ параметрите като ъгъл на комутация, характер и големина на товара, са извършени компютърни симулации и експериментални изследвания при което:

- Получени са по-точни количествени данни за продължителността на комутационния процес и натоварването на ключовете при реализацията му;

- Визуализирано е влиянието на комутационния процес на входния ток т.е. на захранващата мрежа и останалите консуматори.

2. Проведени са експериментални изследвания при посочените по-горе характер на товара и фаза на комутацията, показващи добро съвпадение на получените резултати, което е признак за адекватността на математическия модел и на компютърната програма за симулация AVTO.

3. Наличието на сложни електрически процеси при превключването на тиристорните ключове в АДРПН и тяхната зависимост от характера на товара, поражда необходимост от допълнително адаптиране на схемите за управление, за реализация на описаните процеси.

ЛИТЕРАТУРА:

[1]. Барудов Е., Панов Е., Барудов С., Изследване на прецизен нелинеен модел на авто-

трансформаторен дискретен регулатор на напрежение с полупроводникови комутиращи елементи, Годишник на ТУ-Варна, 2007, стр. 91÷96.

[2]. Панов Е., Барудов Е., Барудов С., Усъвършенстван алгоритъм за анализ на прецизен нелинеен модел на автотрансформаторен дискретен регулатор на напрежение с полупроводникови комутиращи елементи, Годишник на ТУ-Варна, 2009, България, ISSN: 1311-896X, стр. 47÷53.

[3]. Barudov E., Panov E., Barudov S., Analysis of Electrical Processes in Alternating Voltage Control Systems, Journal of International Scientific Publication, Volume IV, part 1, p. 154÷182, ISSN: 1313 2539, 2010.

[4]. Барудов Е., Панов Е., Барудов С. "Анализ на електрическите процеси в дискретен регулатор на променлив напрежение при резистивно-капацитивен товар", Сборник доклади на Международна научно-техническа конференция "Електроенергетика 2010", 14-16 Октомври 2010, стр. 332-341.

[5]. Barudov E., Panov E., Barudov S., Comparative research into the commutation processes in a discrete alternating step-voltage regulator, Proceeding of the 13th International Conference ELMA 2011, 21-22 October 2011, pp. 55-60, ISSN 1313-4965.

ЗА КОНТАКТИ:

1. Емил Барудов, Технически Университет – Варна, 9010, България, „Студентска 1”, ЕФ, катедра ТИЕ, e-mail: ugl@gyuvetch.bg

2. Емил Панов, Технически Университет – Варна, 9010, България, „Студентска 1”, ЕФ, катедра ТИЕ, e-mail: eipanov@yahoo.com

3. Стефан Барудов, Технически Университет – Варна, 9010, България, „Студентска 1”, ЕФ, катедра ЕЕ, e-mail: sbarudov@abv.bg

Рецензент:

проф. дтн. инж. мат. К. Герасимов

КОМПЮТЪРНА ПРОГРАМА ЗА АНАЛИЗ НА РОБАСТНОТО ДЕЙСТВИЕ НА PSS В ЕЛЕКТРИЧЕСКИ ЦЕНТРАЛИ

SOFTWARE TOOL FOR ROBUSTNESS ANALYSIS OF PSS IN ELECTRIC POWER PLANTS

Константин Герасимов, Йончо Каменов

Резюме: Представя се компютърната програма за анализ на робастното действие (оценка на робастната устойчивост, робастното качество и най-лошото качество) на PSS, разработена в MATLAB среда. Програмата е с работно наименование RobustPSS и работи успешно както с подробни математични модели на големи ЕЕС, така и със системи, работещи в островен режим (без шини твърдо напрежение). Сред другите предимства на софтуера са: специфично структуриране на математичното описание, различни методи за представяне на неопределености, възможност за конфигуриране на изходните канали за робастен анализ, гъвкаво средство за създаване на теглови функции и удобен потребителски интерфейс.

Ключови думи: неопределеност в пространство на състоянията, компютърна програма, PSS, робастен анализ, RobustPSS, теглова функция

Abstract: A software tool, developed in MATLAB environment, for robustness analysis (assessment of robust stability, robust performance and the worst performance) of PSS is presented. The software is with the work name RobustPSS and operates successfully with detailed mathematical models of large electric power systems and as well of systems working in island mode (without infinite bus). Among the other advantages of the software are: specific structuring of the mathematical description, different methods for uncertainty representation, ability for configuration of the output channels for the purposes of robust performance analysis, flexible tool for weight function generation and convenient user interface.

Keywords: PSS, robust analysis, RobustPSS, software, uncertainty in state space, weight function

I. ВЪВЕДЕНИЕ

PSS (Power System Stabilizer) е такова устройство, чиято цел е да изработи сигнал, който да коригира заданието на APB (Автоматичен Регулатор на Възбуждане) по такъв начин, че да се минимизират колебанията на вала на синхронния агрегат (СА). По принцип, инсталирането на системни стабилизатори не е задължително, но има случаи, при които тези колебания може да са значителни и да застрашават устойчивата паралелна работа на СА. Тогава е наложително използването на PSS.

В практиката най-често PSS се настройват като се използват опростени модели, в които в повече детайли е отразена самата централа, а останалата част от ЕЕС (Електроенергийната Система) е представена като ШТН (Шини Твърдо Напрежение). В крайна сметка това довежда до определен набор от типови настройки. При самото програмиране на PSS в централата, операторът проверява действието на стабилизатора за определени режими, като

изкуствено предизвиква смущения, инжектирайки определени токове във възбудителния контур и на базата на наблюдаваните реакции донастройва коефициента на усилване на PSS.

Така описаната методика, като цяло дава удовлетворителни резултати, но често се оказва, че те са далеч от оптималните (а има дори и случаи, в които действието на неправилно настроен PSS влошава качеството на преходните процеси). Това е поради следните причини:

- процесите, протичащи в една реална многомашинна ЕЕС са сложни и са резултат от едновременно взаимодействие между всички агрегати и спецификата на конкретната топология на системата. Използването на опростени математически модели за анализ на електромеханичните колебания (неотчитане на преходните процеси в роторните контури) може да доведе до подвеждащи резултати, както това е показано в [1];

- повечето средства за анализ на ЕЕС работят с модели, линеаризирани около дадена работна точка. В действителност обаче, работната точка на всеки генератор се мени постоянно, като лесно може да се влезе в режими, за които вече използваният линеаризиран модел е невалиден. С други думи казано, възможно е дадени настройки на PSS за определен режим да са оптимални, но за друг режим да дават незадоволително (лошо) действие. Този проблем се засяга от теорията на робастното управление.

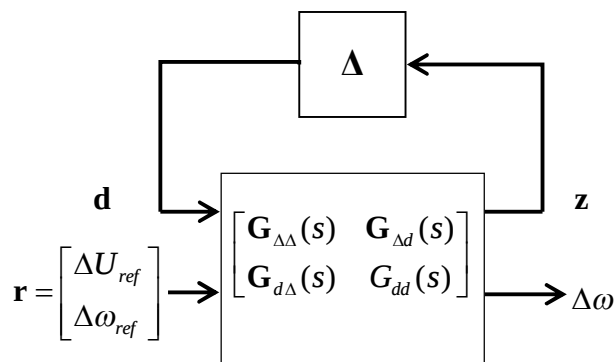
Изложеното дотук е мотивацията за създаването на софтуерна програма, която да вземе под внимание гореспоменатите два проблема. Тя е с работното име **RobustPSS** и е резултат от дисертационното изследване на първия от авторите. Преди това обаче е нужно да се разяснят повече подробности за теорията на робастното управление и за използвания от програмата математичен модел.

II. РОБАСТНО УПРАВЛЕНИЕ

За робастен анализ се говори при системи с неопределености. Робастният анализ включва оценка на робастната устойчивост, робастното качество и най-лошото качество. Първата стъпка към робастния анализ е формиране на неопределения модел на ЕЕС. По-подробно този въпрос е разгледан в [2,3]. Тук ще отбележим, че в RobustPSS са предвидени две възможности за отразяване на неопределености в линеаризирания модел на ЕЕС. Основно неопределеността се представя параметрично чрез апроксимация на неопределените елементи на матричните коефициенти на модела, записан в А-форма в пространството на състоянията. Допълнително неопределеността може да се представи като неструктурирана изходна мултипликативна [2,3].

Необходимо е да се отбележи, че в процеса на съставяне на обобщеното описание, всяка неопределеност, възникваща на нивото на съставните елементи, се превръща в структурирана неопределеност на нивото на обобщения модел, който може да се представи със структурната схема от фиг. 1 [2,3], където Δ е неопределеният

елемент от множеството, което параметризира цялата предполагаема неопределеност на модела.



Фиг. 1. Структурна схема на обобщения неопределен модел за робастен анализ

Блокът G има две групи входове – от неопределеността d и от управляващото въздействие r (за ЕЕС това са промените в заданието на АРВ и в скоростта), и две групи изходи – за неопределеността z и за измерването. За ЕЕС се измерват скоростите на роторите на агрегатите, защото задача е да се анализира устойчивостта на синхронната им паралелна работа.

Най-строг анализът на робастната устойчивост се извършва чрез използване на комплексното структурирано сингулярно число μ [2,3]:

$$\mu_{\Delta}(M) \stackrel{\text{def}}{=} \frac{1}{\min \{ \bar{\sigma}(\Delta) : \Delta \in \Delta, \det(I - M\Delta) = 0 \}}$$

като се приема $\mu_{\Delta}(M) \stackrel{\text{def}}{=} 0$, ако не съществува $\Delta \in \Delta$, за което $\det(I - M\Delta) = 0$. В съответствие с това определение, $\mu_{\Delta}(M)$ е обратно пропорционално на големината на най-малкото Δ от множеството на Δ , което води до $\det(I - M\Delta) = 0$, т.е. до неустойчивост на стационарния затворен контур $M - \Delta$. M е предавателната матрица на обекта за входове от и изходи към блока на смущенията Δ . В разглеждания случай предавателната матрица е честотно зависима и $M(s) = G_{dd}(s)$.

Блокът Δ се съставя така, че $\|\Delta\|_{\infty} \leq 1$. Тогава необходимото и достатъчно условие за робастна устойчивост на неопределената система се свежда до $\mu_{\Delta}(G_{dd}(j\omega)) < 1$ за всяко ω .

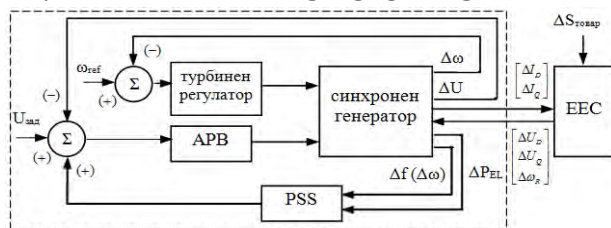
Изследването на $\mu_{\Delta}(G_{dd}(j\omega))$ се извършва с MATLAB функцията `robuststab`.

Качеството на многомерните системи се характеризира с помощта на H_{∞} норми. Приема се [2,3], че доброто качество е еквивалентно на:

$$\|T\|_{\infty} \stackrel{\text{def}}{=} \max_{\omega \in R} \bar{\sigma}(T(j\omega)) \leq 1,$$

където T е претеглената (със съответните теглови функции) предавателна матрица на затворената система (вж. фиг. 1). В задачата за анализ на електромеханичните колебания на ЕЕС се изисква бързо затихване на кръговите скорости на агрегатите ($\Delta\omega$). Тегловите функции се определят съобразно това изискване. За оценка на робастното качество се използва MATLAB функцията `robustperf`.

III. МАТЕМАТИЧЕСКО ОПИСАНИЕ



Фиг. 2. Структуриране на математичния модел на ЕЕС

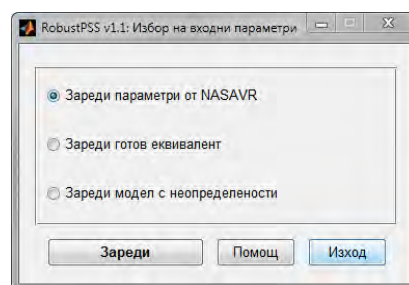
Структурната схема от фиг. 2 представя използваното в RobustPSS структуриране на математичния модел на ЕЕС за целите на робастния анализ на електромеханичните колебания. Линеаризираното математическо описание на генератора е съставено в относителни единици (о.е.), за номинални базисни условия и в dq -координати, както това е подробно разгледано в [4].

Тук само ще подчертаем още веднъж, че първоначално всички СА са представени чрез подробни математически модели, като са разделени на отделните им съставни елементи като предавателни функции (вж. фиг. 2), които впоследствие се свързват. Това разделяне е от практическо значение, защото позволява гъвкавост при по-нататъшната работа (примерно за анализа на действието на даден генератор с различни регулатори не е нужно да се построява отначало целия модел на ЕЕС).

Свързването на модела на СА и останалата част от ЕЕС (мрежата е описана с възловите уравнения на установения режим) става чрез вариации на тока и напрежението, дефинирани в декартова координатна система, въртяща се със скоростта ω_R на референтния генератор. Използването на ω_R е едно от предимствата на RobustPSS, защото позволява да се моделират точно системи, в които не може да се отделят ШТН (например при островни режими на работа). Съобразено е също така като изходящи от генератора величини да се използват токовете, защото това води до опростени коефициенти на линеаризация.

IV. ROBUST PSS

Както беше вече споменато, програмата Robust PSS се разработва в среда MATLAB и е резултат от дисертационното изследване на първия от авторите. Тя има за основна цел анализа на робастните стабилност и качество на СА с PSS с определени настройки и затова интензивно използва последните постижения на Control System Toolbox и Robust Control Toolbox. Към настоящия момент актуална е версия 1.1.

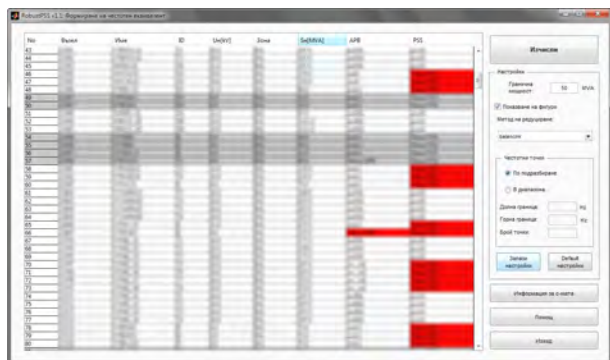


Фиг. 3. Диалогов прозорец за избор на входни параметри

За първоначална работа и зареждане с данни RobustPSS разчита на програмата NASAVR (вж. фиг. 3). Тя е разработена от екип на катедра „Електроенергетика“ в ТУ-Варна и се е наложила успешно при пренастройване на PSS в ЕЕС на България при присъединяването към т.нар. тогава Втора Синхронна Зона. NASAVR има модули за преобразуване на данните за режима на ЕЕС от различни версии на програмите PSLF и PSS/E, в удобен за работа в MATLAB формат. Базирайки се на този

формат, RobustPSS прочита преобразуваните в NASAVR данни и ги реорганизира така, че да се постигне структурата на математичното описание на ЕЕС, описана по-горе.

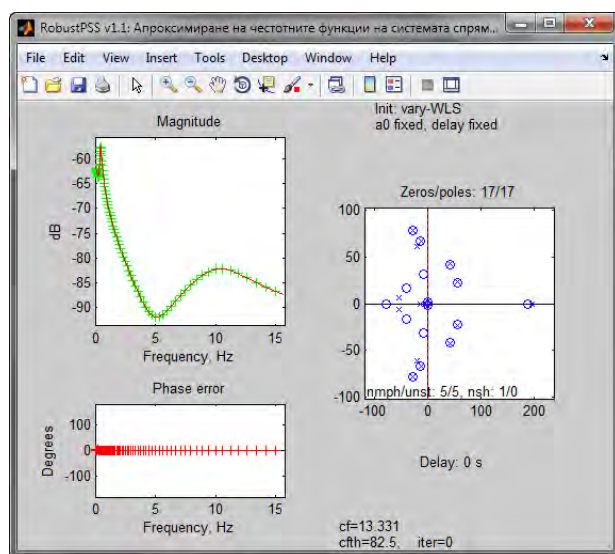
След това се преминава към формиране на честотен еквивалент на ЕЕС, спрямо шините на изследвания генератор. Това е съществено достоинство на алгоритъма, защото позволява да се работи и с много големи и подробни модели, отчитайки само влиянието на ЕЕС върху изследвания генератор, специфично за анализа на електромеханичните колебания (т.е. запазвайки доминиращите моди в определен честотен диапазон, част от които иначе могат да бъдат пропуснати при подходите с опростявания на задачата). Същевременно размерността на модела драстично намалява (размерността на А матрицата в пространството на състоянията за разглеждания в края тестови пример намалява от 7139x7139 на 17x17), като това е много важно в последствие, защото и без друго сложните процедури за робастен анализ трудно работят със системи над определена размерност.



Фиг. 4. Диалогов прозорец за формиране на честотен еквивалент

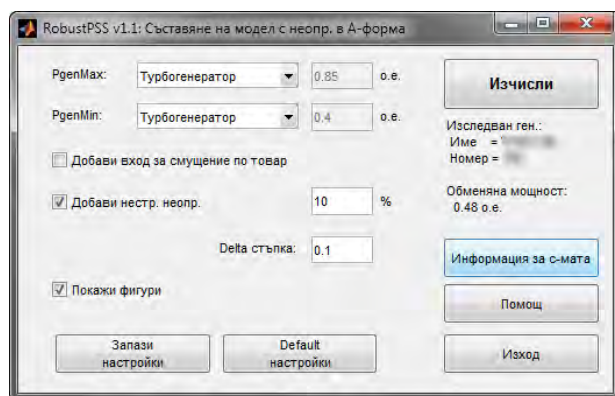
RobustPSS предлага възможност за намаляване на размерността на общото описание, чрез използване на опростени модели единствено за генератори под определена мощност (защото в голямата ЕЕС тяхното влияние е пренебрежимо), за специфициране на честотен диапазон (и брой точки в него) на еквивалентирание и метод за по нататъшно редуциране на вече еквивалентиранията система (вж. фиг. 4). На този етап е възможно това да става чрез т.нар. балансирано редуциране на модела

чрез метода на квадратните корени (MATLAB функция `balancmr`), но е предвидено в бъдеще да се използват и други методи.



Фиг. 5. Интерфейсен прозорец за формиране на честотен еквивалент

Понеже някои от изчислителните процедури са много времеемки за големи ЕЕС (като еквивалентирането), предвидена е възможност за запис на междинните резултати и по-нататъчното им използване (вж. фиг. 3).

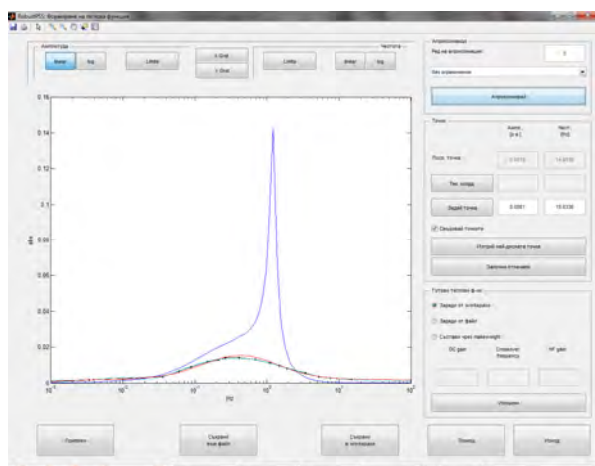


Фиг. 6. Диалогов прозорец за съставяне на модел с неопределеност в А-форма.

Следващата стъпка е адекватното въвеждане на неопределености в модела. На базата на предишни изследвания [5,6] авторите са заключили, че най-подходящите форми на неопределеност, предвид поставената задача, са изходната мултипликативна неопределеност и параметрична неопределеност директно в А-описанието, като акцентът пада върху последната (вж. фиг. 6).

Всъщност, добавянето на параметрична неопределеност директно в А-описанието на генератора [7] е сред основните достоинства на програмата. Този подход не е широко разпространен, но е много обещаващ, защото при него множеството на неопределените системи не включва такива с недействителни режими. Както се вижда от фиг. 6, предвидени са допълнителни възможности за генерирането на смущения по товар (каквото е реалният случай в ЕЕС, където във всеки един миг се мени товара), както и на изходна мултипликативна неопределеност, която да отразява някакво разумно ниво на неопределеност в реакцията на ЕЕС.

RobustPSS също така разполага със свой собствен, много гъвкав и удобен модул за съставяне на (или избор на типизирани) теглови функции (вж. фиг. 7). С тях се преминава към подготовка на модела за анализ на робастното качество (и за робастен синтез), като се избират каналите, към които да се добавят тегловите функции.



Фиг. 7. Диалогов прозорец за формиране на теглови функции

Останалата част от диалоговия интерфейс на RobustPSS включва следните възможности:

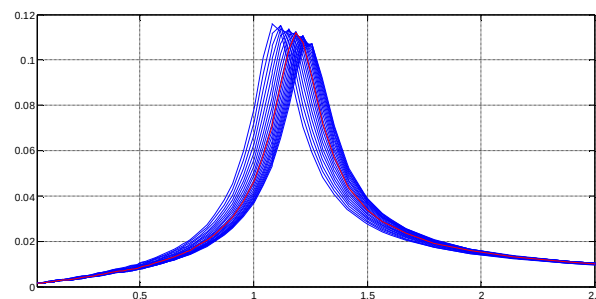
- изследване на робастната устойчивост;
- изследване на робастното качество;
- изследване на най-лошия случай;

V. РЕЗУЛТАТИ ОТ ТЕСТОВ ПРИМЕР

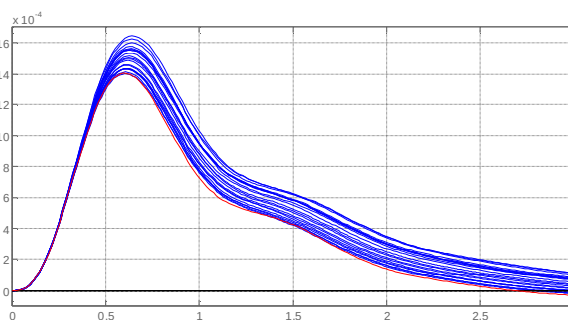
Тук са представени няколко примерни резултати, генерирани с RobustPSS за една реална ЕЕС, състояща се от: 1633 генериращи източника, 5749 електропроводи,

1495 трансформатора, 3255 товара, 954 АРВ и 124 PSS. Анализът е направен за реална централа, състояща се от 2 генератора, всеки от които е с пълна мощност 436MVA и е снабден с АРВ тип ESST7B и системен стабилизатор PSS2A (според стандарта на IEEE). За номинален (в контекста на моделираната неопределеност) е разгледан режим на СА в централата с $P=284 \text{ MW}$, $Q=0 \text{ MVar}$ и $U=0,96 \text{ о.е.}$ Заложената структурирана неопределеност моделира изменение на активната мощност в диапазона от 0,48 до 0,85 о.е. Допълнително е зададена и 10% неструктурирана изходна мултипликативна неопределеност, идваща от ЕЕС (т.е. пораждавана от неизвестни източници на неопределеност).

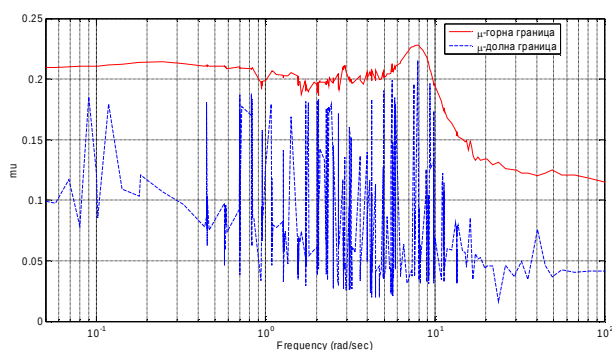
Интересно е да се види, че PSS в случая постига значително ниво на стабилност (на фиг. 10 ясно се вижда, че μ е далече под единица), но има режими, за които не може да се постигне робастното качество (вж. фиг. 12 – макар и с малко, μ минава над единица за определени честоти), зададено чрез крива 2 на фиг. 11, от която се извежда съответната теглова функция.



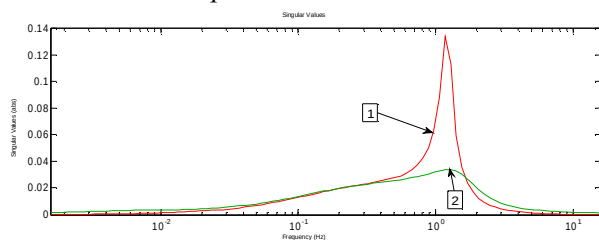
Фиг. 8. Семейство амплитудно честотни характеристики на предавателната функция $\Delta\omega/\Delta P_{\text{мех.}}$ за моделираната неопределеност



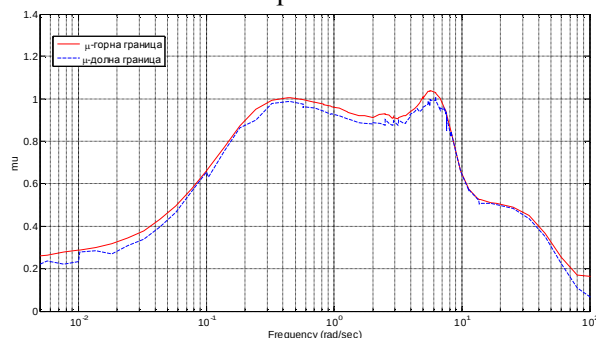
Фиг. 9. Семейство преходни характеристики на предавателната функция $\Delta\omega/\Delta P_{\text{мех.}}$ за моделираната неопределеност



Фиг. 10. Долна и горна граница на структурираното сингулярно число μ от анализа на робастната стабилност



Фиг. 11. Амплитудно честотни характеристики на: 1 – $\Delta\omega$ за номиналния режим без PSS; 2 – желаната крива на $\Delta\omega$ с PSS.



Фиг. 12. Долна и горна граница на структурираното сингулярно число μ от анализа на робастното качество

VI. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Компютърната програма RobustPSS е едно удобно и гъвкаво средство за анализ на робастното действие (робастната устойчивост, робастно качество и най-лошия случай) на PSS в електрическа централа (в контекста на електромеханичните преходни процеси). Тя е резултат от дисертационното изследване на инж. Константин Герасимов и адекватно решава редица проблеми, свързани със създаването на подробен математичен модел на ЕЕС и представянето на неопределености. Програмата е тествана и работи с големи модели на реална ЕЕС.

В перспектива се предвижда доразвиването на потребителския интерфейс, превеждането на програмата на английски

език, включването на модули за робастен синтез на контролери и за генериране на робастни настройки на конвенционални PSS.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1]. Кр. Герасимов, Ю. Рангелов, К. Герасимов, „Относно възможността за анализ на електромеханичните колебания в електроенергийните системи чрез едномашинен модел“, Международна научно-техническа конференция – Електроенергетика 2010, ТУ-Варна, България, стр. 7 ÷ 15, ISBN 978-954-20-0497-4
- [2]. П. Петков, М. Константинов, *Робастни системи за управление*, ABC Техника, С. 2002, ISBN: 9548873516
- [3]. П. Петков, Г. Лехов, А. Марковски, *Ръководство по робастни системи за управление*, ABC Техника, С. 2006, ISBN: 978-954-8873-77-2
- [4]. Y. Kamenov, K. Gerasimov, Y. Rangelov. „Structuring the nominal mathematical model of the electric power system for the aims of robust analysis“. ICEST 2011, Nis, Serbia. Proceedings of papers, vol. 2, pp. 481 ÷ 484, ISBN: 978-86-6125-032-3
- [5]. К. Герасимов, „Анализ на робастната устойчивост на синхронен агрегат при структурирано представяне на неопределеностите в модела му“, Международна научно-техническа конференция – Електроенергетика 2010, ТУ-Варна, България, стр. 233 ÷ 243, ISBN: 978-954-20-0497-4
- [6]. К. Герасимов, Й. Каменов, „Приложимост на структурираното представяне на неопределености в модела на синхронен агрегат“, Международна научно-техническа конференция – Електроенергетика 2010, ТУ-Варна, България, стр. 224÷233, ISBN 978-954-20-0497-4
- [7]. M. Djukanovic, M. Khammash, and V. Vittal, “Application of the Structured Singular Value Theory for Robust Stability and Control Analysis in Multi-Machine Power Systems, Part I: Framework Development” IEEE Transactions on Power Systems, 1998, Vol.13, No.4, p.1311÷1316.

За контакти:

инж. Константин ГЕРАСИМОВ,

докторант в катедра “Електроенергетика” при ЕФ на ТУ-Варна, ул. Студентска № 1, 330НУК
e-mail: kkgerasimov@tu-varna.bg

доц. д-р инж. Йончо КАМЕНОВ,

доцент в катедра “Електроенергетика” при ЕФ на ТУ-Варна, ул. Студентска № 1, 806Е
e-mail: j.kamenov@tu-varna.bg

Рецензент:

проф. д.т.н. инж. мат. Крум ГЕРАСИМОВ,
професор в катедра “Електроенергетика” при ЕФ на ТУ-Варна, ул. Студентска № 1, 330НУК
e-mail: k.gerasimov@tu-varna.bg

ИЗСЛЕДВАНЕ НА КОМУТАЦИОННИТЕ ВЪЗМОЖНОСТИ НА УПРАВЛЯЕМ ВЪЗДУШЕН РАЗРЯДНИК ВЪВ ВЕРИГА НА ВИСОКОВОЛТОВ ИМПУЛСЕН РАЗРЯД

STUDY OF THE COMMUTATION CAPABILITIES OF A CONTROLLABLE AIR DISCHARGER IN A HIGH VOLTAGE DISCHARGE CIRCUIT

Стефан Барудов, Милена Иванова, Росица Димитрова

Резюме: Генераторите за формиране на високоволтов разряден импулс са базирани на зарядна верига за капацитивно натрупване на енергия и разрядна верига с ключов елемент, най-често управляем въздушен разрядник. Работата е посветена на изследване на комутационните възможности на триелектроден управляем въздушен разрядник с две различни в пространството газоразрядни междини, възникващи последователно във времето и относими към появата на разряд и последващо формиране на високоволтовия разряден импулс.

Ключови думи: високоволтов разряд, периодично затихващ разряден импулс, триелектроден управляем разрядник

Abstract: Generators for formation of a high voltage discharge pulse are based on a charge circuit for capacitive energy accumulation and a discharge circuit with a switching element, most often – a controllable air discharger. In the paper are studied the commutation capabilities of a three-electrode controllable air discharger with two gas discharge gaps different in space, which occur consecutively in time and refer to the appearance of the discharge and subsequent formation of a high voltage discharge pulse.

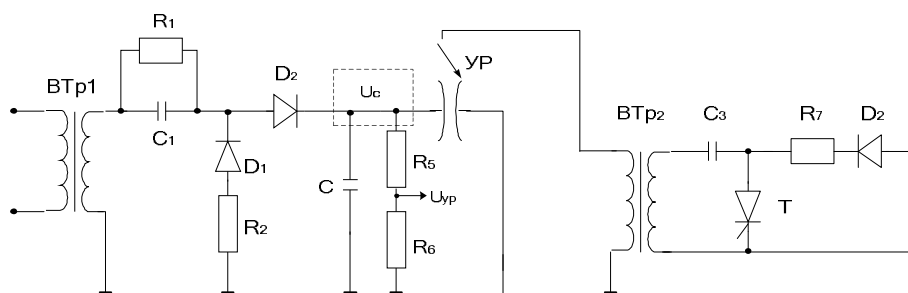
Keywords: high voltage discharge, periodically attenuating discharge pulse, three-electrode controllable discharger

I. ВЪВЕДЕНИЕ

При формирането на високоволтов импулсен разряд във вериги с капацитивно натрупване на енергия, често като ключов елемент се използва управляем въздушен разрядник (УР) – тригатрон, работещ при атмосферно налягане. Веригата, включваща заредената кондензаторна батерия (КБ) – С (фиг.1), свързващите

проводници и УР, може да се разглежда като RLC верига, за която:

- $R=R(t)$ - нелинейното съпротивление на газоразрядната междина в УР;
- L – индуктивност на свързващите проводници и паразитните индуктивности на паралелно и/или последователно свързаните кондензатори от КБ;
- C – капацитет на КБ.



Фиг.1 Принципна схема на зарядна и разрядна вериги

Изменението на разрядния ток може да се определи от ур.1 [1]:

$$\frac{d^2 i}{dt^2} + 2\delta \frac{di}{dt} + \omega_0^2 i = 0, \quad (1)$$

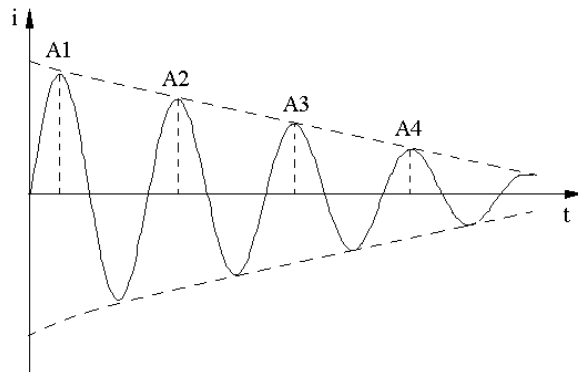
където:

- $\delta = \frac{R}{2L}$ - коефициент на затихване

- $\omega_0^2 = T^{-2} = \frac{1}{LC}$ - собствена честота

При $\delta < \omega_0$ изменението на тока има характер на периодично затихващ процес – фиг.2. Условието $\delta < \omega_0$ може да се представи и като $R < 2\rho$, където $\rho = \sqrt{\frac{L}{C}}$ е характеристичното съпротивление. За нискоомни газоразрядни вериги посоченото условие преобладаващо е изпълнено.

На фиг.2 е посочено изменението на разрядния ток във времето.



Фиг.2 Времедиаграма на разрядния ток

При $R = \text{const}$ е валидно ур.2:

$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{A_2}{A_3} = e^{\delta T} = \Delta = \text{const}, \quad (2)$$

където:

Δ – декремент на затихването.

Формираният газоразряден канал в УР е нелинеен, нестационарен динамичен товар с произволно променяща се в пространството геометрия.

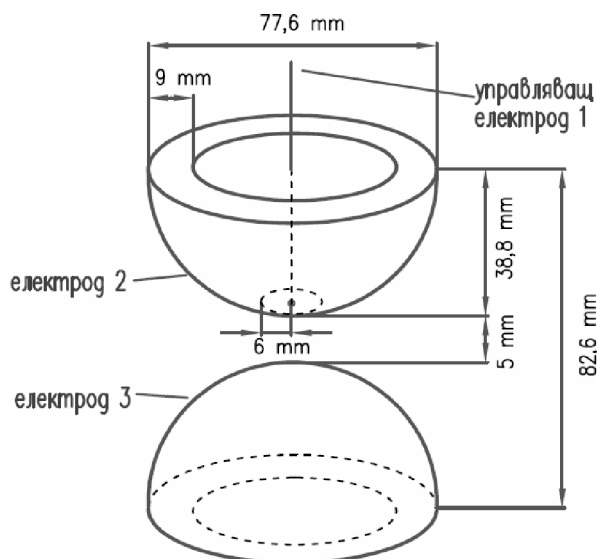
Изследваният УР е триелектроден, с две обособени разрядни вериги и два пространствено различни газоразрядни канала, развиващи се последователно във времето. Единият обезпечава възникването на разряда, на базата на пакет високоволтови височестотни импулси, а вторият формира високоволтов импулсен разряд, на базата на енергия натрупана в кондензаторна батерия. [2,3]

Целта на настоящата работа е, за конкретен УР – фиг.3, да се проведе експериментално изследване, относно:

- разрядния ток – $i=i(t)$,
 - напрежението върху УР – $u_{\text{УР}}=u_{\text{УР}}(t)$,
 - напрежението, до което остава заредена КБ – С – фиг.1 след разпадане на газоразрядния канал в УР (преустановяване на разрядния процес) – U_c^* ,
 - енергията отдавана в газоразрядната междина – W ,
 - съпротивлението $R=R(t)$ на газоразрядната междина на УР,
- при параметри капацитет на КБ и напрежение, до което е заредена преди формиране на разрядния импулс – U_C .

II. АНАЛИЗ

На фиг.3 са посочени геометричните размери на изследвания УР.



Фиг.3 Триелектроден управляем разрядник

Характерът на разрядния процес е посочен на фиг.4. Възникването на разряда е свързано с подаването на високоволтови, високочестотни импулси между управляващия електрод 1 и електрод 2 – фиг.3, формиращи от разряда на C_3 през първичната намотка на високоволтовия трансформатор ВТр₂, при отпушване на тиристора Т – фиг.1.

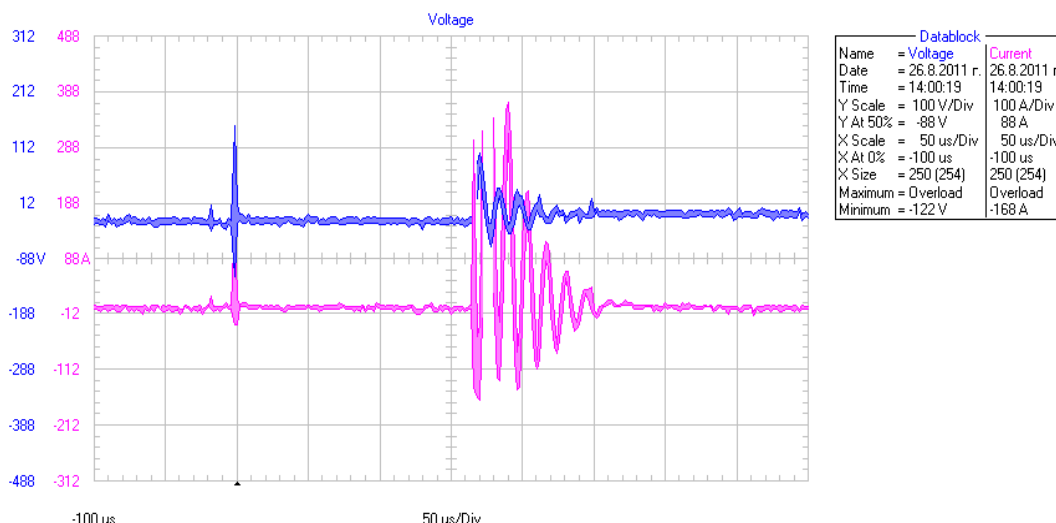
Изменението на разрядния ток $i=i(t)$, веднага след подаване на високоволтовите, високочестотни импулси в рамките на първите няколко микросекунди, по-детайлно може да се проследи на фиг.5.

Следва време за нарастване на концентрацията на токоносителите след подаване на високоволтовите високочестотни импулси - приблизително 160 μs . Това време зависи от геометрията

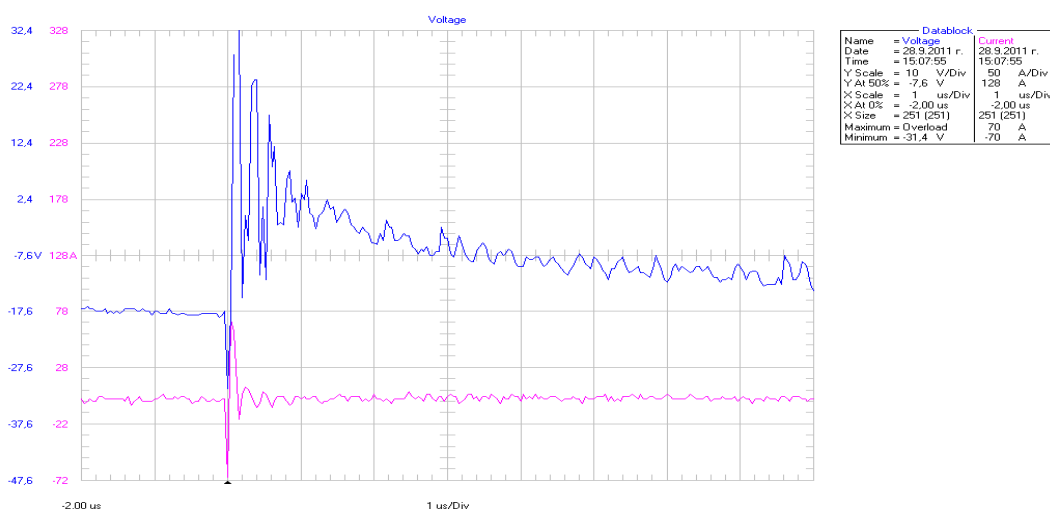
на УР и параметрите на пакета високоволтови високочестотни импулси и почти не се влияе от капацитета $C=0,5\div 2\mu F$ на КБ, и напрежението, до което тя е заредена – $9,5\div 11,5kV$.

Причината е, че става дума за два пространствено декомпозирани газоразрядни канала – първият е между управляващия електрод 1 и електрод 2 – фиг.3, а вторият е между електроди 2 и 3 в две различни разрядни вериги.

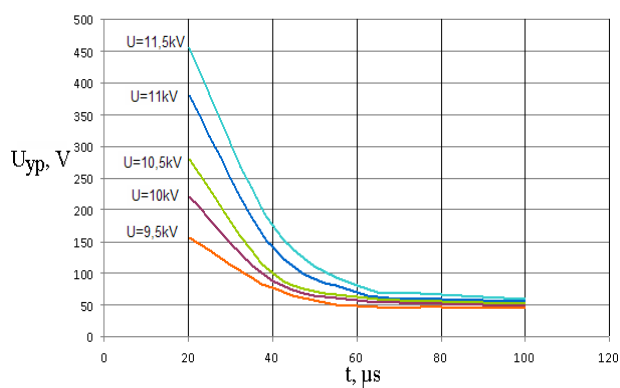
След достигане на необходимата концентрация на токоносителите започва развитието на периодично затихващ импулсен разряд – фиг.4. Изменението на обвивната крива на амплитудите на колебанията по напрежение върху УР и ток в първите 100 μs при параметри капацитет на КБ и напрежение, до което е заредена – U_C , може да се проследи на фиг.6 ÷ 13.



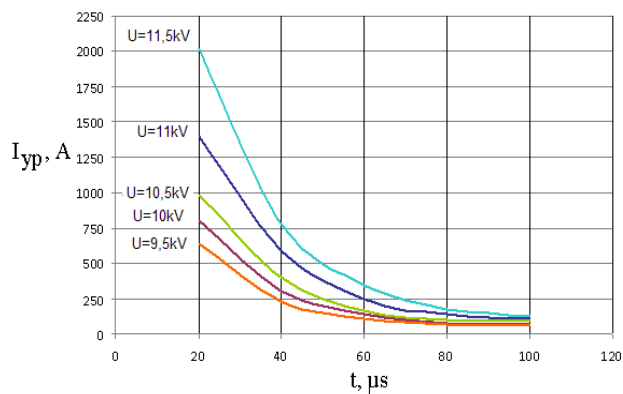
Фиг.4 Времедиаграма на разрядния процес при параметри $C=0,5\mu F$, $U=11,5kV$



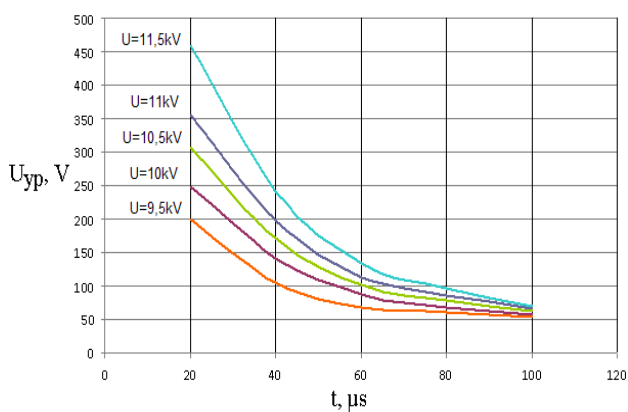
Фиг.5 Времедиаграма на разрядния ток



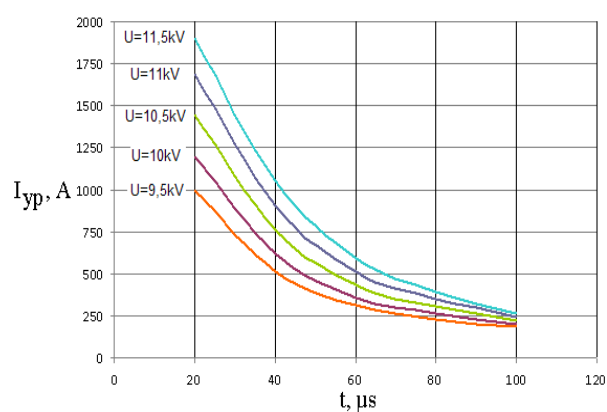
Фиг.6



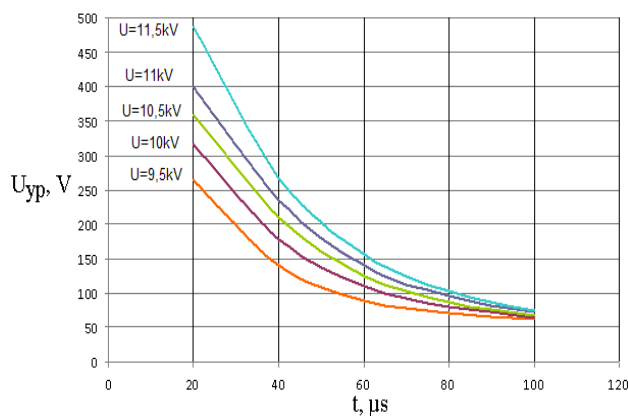
Фиг.7

при $C=0,5 \mu\text{F}$ 

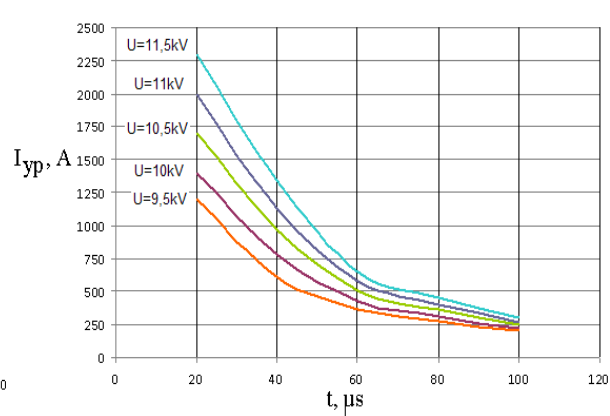
Фиг.8



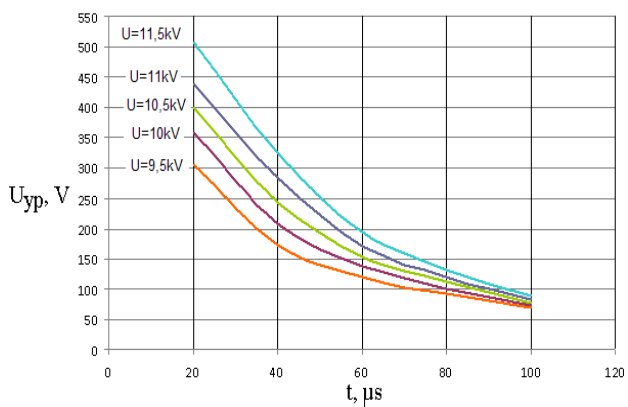
Фиг.9

при $C=1 \mu\text{F}$ 

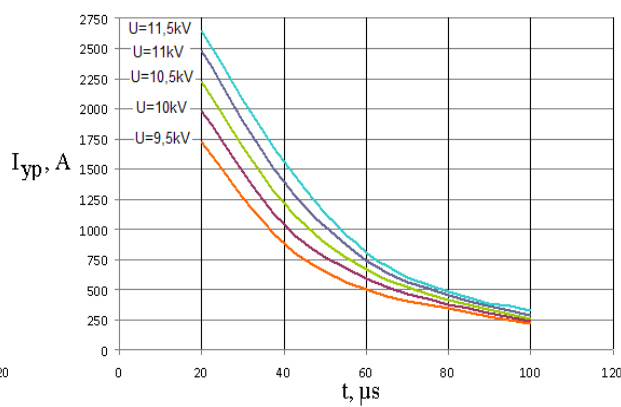
Фиг.10



Фиг.11

при $C=1,5 \mu\text{F}$ 

Фиг.12



Фиг.13

при $C=2 \mu\text{F}$

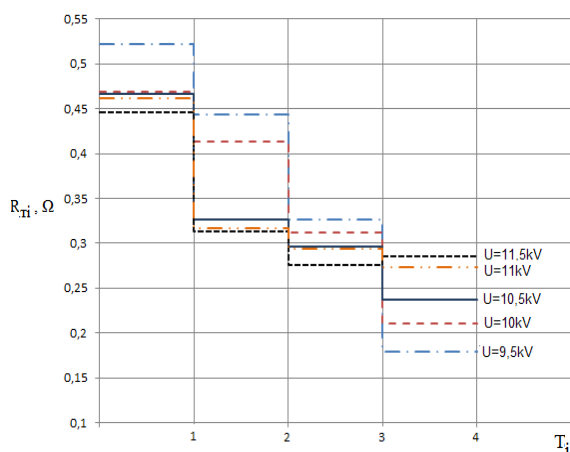
Посочените на фиг.7, 9, 11 и 13 криви дават възможност да се определи и $R=R(t)$.

Нека да приемем, че кривата $R=R(t)$ е дискретизирана за участъци от време, равни на периода на затихващото периодично колебание, т.е. в рамките на един период $R=\text{const}$. Следователно, задачата за определяне на $R=R(t)$ се преобразува в определяне на $R=R(T_i)$, където $i=1..n$.

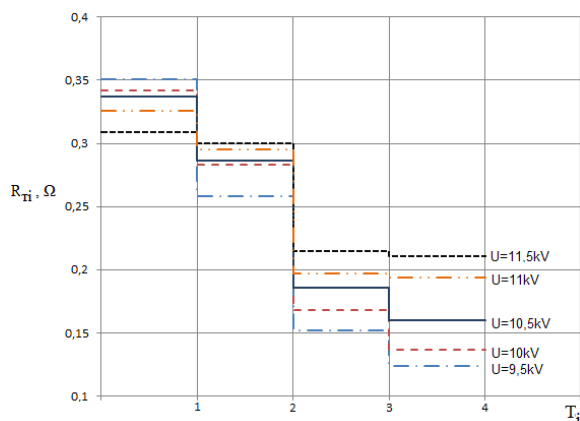
Ако в ур.2 приемем, че $\frac{A_1}{A_2} = \Delta_1; \frac{A_2}{A_3} = \Delta_2; \dots \frac{A_i}{A_{i+1}} = \Delta_i$ - фиг.2, то за R_{Ti} е валидно ур.3:

$$R_{Ti} = 2\rho(\ln A_i - \ln A_{i+1}), \quad (3)$$

където $\rho = \sqrt{\frac{L}{C}}$.



Фиг.14 Зависимост $R=R(T_i)$ при параметър $C=0,5\mu F$



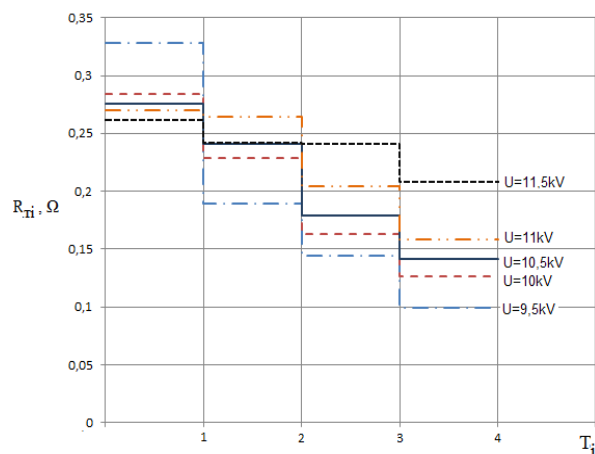
Фиг.15 Зависимост $R=R(T_i)$ при параметър $C=1\mu F$

Доколкото L е индуктивността на свързващите проводници и паразитните индуктивности на кондензаторите от КБ, то определянето ѝ може да се извърши при измерване на периода на затихващите периодични колебания T , според ур.4:

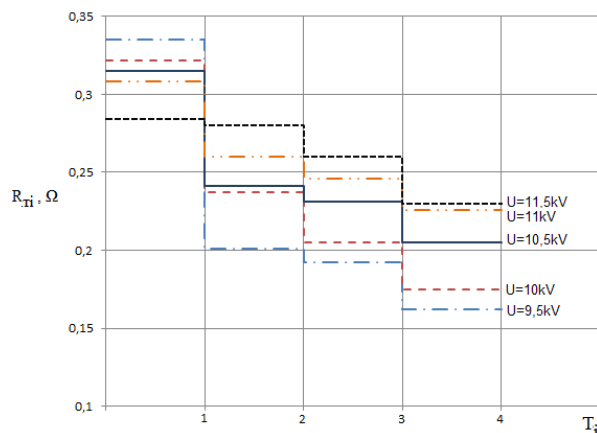
$$L = \frac{T^2}{4\pi^2 C} \quad (4)$$

На фиг.14÷17 е посочено изменението на R_{Ti} за първите четири периода при параметър C и U_C .

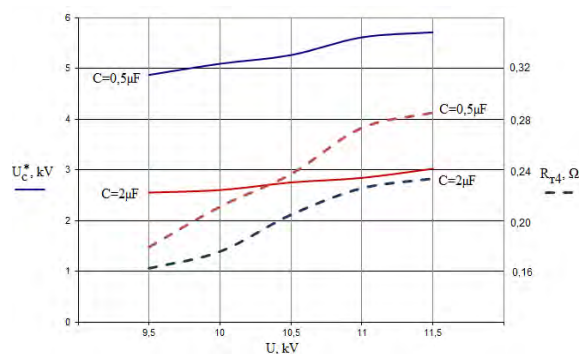
Напрежението - $U_C^* = U_C^*(U_C)$, до което остава заредена КБ след преустановяване на разряда, при параметър капацитета на КБ, е посочено на фиг.18.



Фиг.16 Зависимост $R=R(T_i)$ при параметър $C=1,5\mu F$

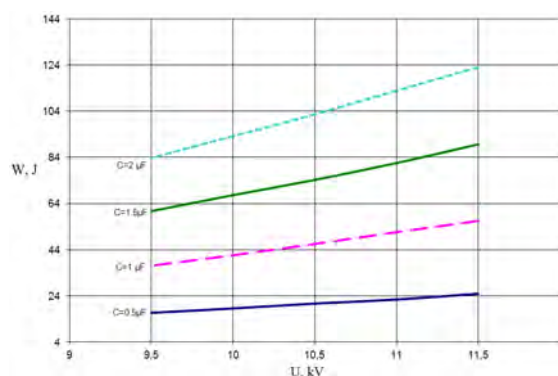


Фиг.17 Зависимост $R=R(T_i)$ при параметър $C=2\mu F$

Фиг.18 $U_c^* = U_c^*(U_c)$

Характерът на изменението на U_c^* зависи от параметрите на процесите в газоразрядната междина, изразяващи се в нарастване на $R=R(t)$ при нарастване на U_c и намаляване на C – фиг.18.

Изменението на $U_c^* = U_c^*(U_c)$ оказва влияние и на енергията W на разрядния импулс. На фиг.19 е посочено изменението на $W=W(U_c)$ при параметър капацитет на КБ.

Фиг.19 $W=W(U_c)$

III. ИЗВОДИ

Експериментално са изследвани комутационните възможности на триелектроден, управляем, въздушен разрядник, работещ при атмосферно налягане с две обособени разрядни вериги и два пространствено различни газоразрядни канала, свързани с възникването на разряда и формирането на високоволтовия разряден импулс, при което:

1. За конкретния УР и разрядни вериги е определен характерът на формирания импулс – периодично затихващ високоволтов импулс с честота от 36÷71

kHz и продължителност около 100 μ s за кондензаторна батерия с капацитет – 0,5÷2 μ F.

2. Определено е времето на закъснение на формирания периодично затихващ импулс, след подаване на високоволтовите високочестотни импулси – 160 μ s.

3. Определен е максималният разряден ток, при параметри капацитет на КБ $C=0,5\div 2\mu F$ и напрежение, до което е заредена – $U_c=9,5\div 11,5$ kV, изменящ се в диапазона от 0,6 до 2,8 kA.

4. При същите горепосочени параметри е определено напрежението върху УР, при което се преустановява разряда – 2,5÷5,5 kV.

5. Определена е и енергията на формирания високоволтов разряден импулс – 14÷124 J.

Получените зависимости и посочените параметри могат да се използват за оразмеряване на разрядни вериги с ключов елемент – изследваният триелектроден, управляем, въздушен разрядник, работещ при атмосферно налягане, а методиката на изследване може да се приложи и при други конструктивни параметри на управляеми разрядници.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1]. Барудов, С. Электрические процессы и устройства для управления разрядом в газовой среде. Баку, 2004, ISBN 5-86106-002-9.
- [2]. Barudov S., M.Dicheva, Modeling of a discharge pulse in a circuit with two discharge gaps, ICEST 2010, 23-26 June, 2010, Ohrid, Macedonia, vol.2, ISBN: 978-9989-786-58-7, pp. 823-827.
- [3]. H. H. Zhu, L. Huang, Z. H. Cheng, J. Yin, and H. Q. Tang, Effect of the gap on discharge characteristics of the three-electrode trigatron switch, Journal of applied physics 105, 113303 _2009.

За контакти:

проф. д-р инж. Стефан Барудов, катедра „Електроенергетика“ при ЕФ на ТУ – Варна, ул.Студентска 1, 402УК, e-mail: sbarudov@abv.bg
ас. инж. Милена Иванова, катедра „Електроенергетика“ при ЕФ на ТУ – Варна, ул.Студентска 1, 824Е, e-mail: m.dicheva@tu-varna.bg
ас. инж. Росица Димитрова, катедра „Електроенергетика“ при ЕФ на ТУ – Варна, ул.Студентска 1, 824Е, e-mail: r.dimitrova@tu-varna.bg

Рецензент: доц. д-р инж. Маргрета Василева

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛ НА ДВУПОСОЧЕН РАЗБАЛАНС НА ТЕНЗОМОСТ В ЧЕСТОТА

“SIGNAL CONDITIONING CIRCUIT FOR BIDIRECTIONAL STRAIN GAUGE BRIDGE WITH FREQUENCY OUTPUT”

Христо Гигов, Свилен Стоянов, Станимир Станков

Резюме: Предложена е схема на преобразувател на разбаланса на резистивен тензомост в честота, позволяваща преобразуване на разбаланса в двете посоки. Изведено е уравнението на преобразуване и са анализирани основните метрологични свойства на преобразувателя. Приведени са също така и резултати от симулационни и експериментални изследвания, потвърждаващи теоретичните изводи.

Ключови думи: тензомост, преобразувател, честотна модулация

Abstract: The work presents a new signal conditioning circuit for strain gauge with frequency modulation, working with bidirectional strain gauge bridges. The transfer function is worked out and the main accuracy properties are discussed. Simulation and experimental results are given.

Keywords: strain gauge bridge, converter, frequency modulation

I. ВЪВЕДЕНИЕ

Тензометричният метод е най-разпространеният косвен метод, за измерване на най-разнообразни неелектрични величини в механиката, в частност - за определяне на основните силови характеристики при технологичните процеси като: налягане сили, моменти и други. Основните предимства на тензометричния метод са високата точност на измерване, в съчетание със сравнителна простота на реализация.

Основните проблеми при тензометричния метод възникват поради ниската чувствителност на тензорезистивния преобразувател, като правило, не превишаваща 1-2 % от номиналната стойност на тензорезистора. Това определя и класическата измервателна верига на тензорезистивните измервателни преобразуватели [1,2]: мостова схема на свързване, за преобразуване на изменението на съпротивлението в напрежение, с последващо усилване чрез прецизен измервателен диференциален усилвател. Като правило, в съвременните тензометрични устройства изходният сигнал от усилвателя постъпва на АЦП и след това към микроконтролер. Поради ниската стойност на изходния сигнал на

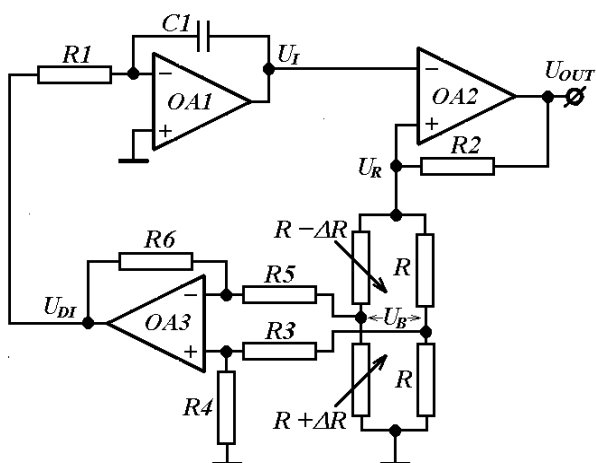
моста (10...20 mV максимална стойност), силно нарастват изискванията към измервателните вериги в цялата им съвокупност [1,4].

В посока на изследване на възможностите за решаване на основните проблеми, възникващи при построяването на тензометричните преобразуватели, е публикацията на авторите [3], в която се предлага преобразувател на разбаланса на тензомост в честота, притежаващ редица предимства пред стандартните решения. Настоящият материал е продължение на разработката на авторите, като се предлага усъвършенстване на схемното решение, позволяващо преобразуването на двуполярни сигнали от тензомоста.

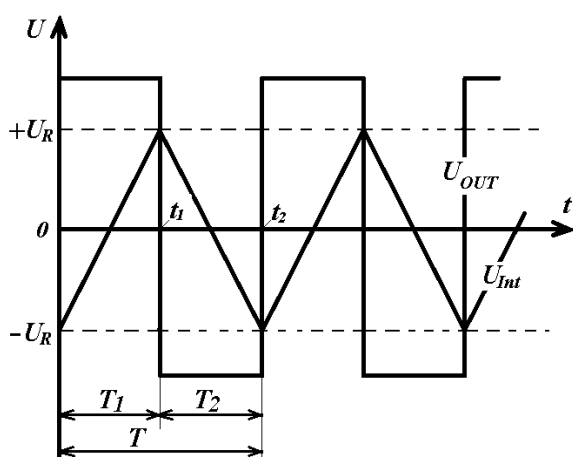
II. АНАЛИЗ НА СЪСТОЯНИЕТО НА ПРОБЛЕМА

Представена е принципната схема на преобразувател на разбаланса на тензорезистивен мост в честота на Фиг.1 - [3], а времедиаграмите на работа на Фиг.2.

Схемата съдържа интегратор, реализиран на базата на R_1 , C_1 и OA_1 , компаратор, реализиран на базата на OA_2 с положителна обратна връзка, съставена от R_2 и еквивалентното съпротивление R на захранващия диагонал на моста и диференциален усилвател, изпълнен на базата на OA_3 .



Фиг.1. Принципна схема на преобразувател на разбаланса на тензомост в честота



Фиг.2. Времедиаграми на работа

Анализът на работата на преобразувателя [3] показва, че при използване на два или четири работни тензорезисторни датчика - свързани диференциално, изходната честота е линейна функция на изменението на съпротивлението на датчика:

$$F_{OUT} = \frac{1}{T} = \frac{K_{DU}}{4R_1C_1U_R} U_B = \frac{K_{DU}}{4R_1C_1U_R} \frac{U_R}{2} \delta R = \frac{K_{DU}}{8R_1C_1} \delta R \quad (1)$$

където

$$U_B = \frac{U_R}{2} \frac{\Delta R}{R} = \frac{U_R}{2} \delta R \quad (2)$$

е изходното напрежение на моста.

При четири работни тензодатчика, чувствителността в уравнението на преобразуване (1) се удвоява.

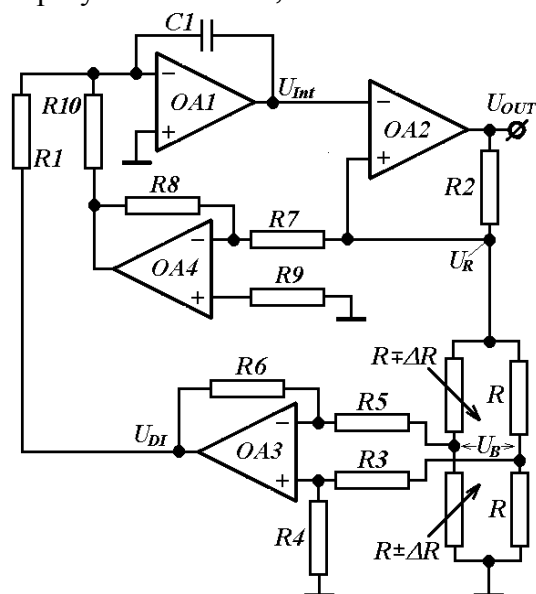
Основният недостатък на преобразувателя от Фиг.1 е, че уравнението на преобразуване е валидно само за едностранно натоварване на датчиците, предизвикващо изменение на съпротивления им със знак, отбелязан на фигурата. При нулиране на натоварването ($\Delta R=0$) изходната честота се нулира, а при обратно натоварване на тензодатчиците ($\Delta R<0$), честотата би следвало да стане отрицателна, което очевидно е невъзможно. Поради тази причина, за правилната работа на преобразувателя е необходимо да се спазват знаците на измененията на съпротивления на работните датчици така, както е показано на Фиг.1. Нещо повече, изходната честота практически е ограничена отдолу от съображения за точността на нейното измерване, което означава, че тензомостът следва да бъде предварително разбалансиран до около 10% от изходния обхват на преобразувателя.

Задачата на настоящата работа е предложение на схемно решение, отстраняващо тези недостатъци.

III. СЪЩИНСКА ЧАСТ

1. Схемно предложение и анализ

Представената принципна схема на предложението измервателен преобразувател - Фиг.3, аналогично на



Фиг.3. Принципна схема на преобразувател на двуполярен разбаланс на тензорезистивен мост в честота

тази от Фиг.1, съдържа интегратор, реализиран на базата на R_1 , C_1 и ОА1, компаратор (тригер на Шмит), реализиран на базата на ОА2 с положителна обратна връзка, съставена от R_2 и еквивалентното съпротивление R на захранващия диагонал на моста и диференциален усилвател, изпълнен на базата на ОА3. Допълнително е въведен инвертиращ усилвател, реализиран на базата на операционния усилвател ОА4 и резисторите R_7 , R_8 и R_9 , чийто изход е свързан чрез резистора R_{10} към инвертиращия вход на ОА1, а входът – към захранващото напрежение U_R на моста.

Анализът на работата на преобразувателя ще бъде извършен, считайки операционните усилватели за идеални. Това допускане не довежда до съществени неточности в анализа, тъй като параметрите на реалните операционни усилватели (остатъчни напрежения и входни токове, неравенство на изходните напрежения на ограничения на ОУ и други) в първа степен на приближение не оказват влияние [5,6].

Принципът на действие на преобразувателя се пояснява от времедиаграмите, показани на Фиг.2. Във временния интервал $0 \dots t_1$ компараторът е в положително ограничение и чрез делителя на напрежение, съставен от резистора R_2 и съпротивлението R на захранващия диагонал на моста се формира напрежението U_R , което е едновременно захранващо напрежение за моста и праг на сработване на компаратора. Изходното напрежение на моста U_B се усилва от диференциалния усилвател (ОА3) и постъпва към първия инвертиращ вход (резистора R_1) на интегратора. Напрежението U_R на захранване на моста, след инвертиране от инвертиращия усилвател (ОА4), постъпва към втория инвертиращ вход (резистора R_{10}) на интегратора. Под въздействието на двете входни напрежения, интеграторът формира на изхода си линейно нарастващо напрежение, съгласно уравнението:

$$U_I(t) = -\frac{1}{R_1 C_1} \int_0^t (-K_{DU} U_B) dt - \frac{1}{R_{10} C_1} \int_0^t \left(-\frac{R_8}{R_7} U_R\right) dt + U_I(0) \quad (3)$$

където:

$$U_I(0) = -U_R \quad (4)$$

началното състояние на интегратора при $t=0$;

$$K_{DU} = R_6/R_5 = R_4/R_3 \quad (5)$$

коэффициент на усилване на диференциалния усилвател;

$$U_B = \frac{U_R}{2} \frac{\Delta R}{R} = \frac{U_R}{2} \delta R \quad (6)$$

изходно напрежение на моста.

Компараторът превключва своя изход от положително в отрицателно ограничение в момента t_1 , при който потенциалът на инвертиращия вход на компаратора (ОА2) се изравни с потенциала $+U_R$ на неинвертиращия му вход, като в момента t_1 : $U_I(t_1) = +U_R$ и отчитайки съотношения (4), (5) и (6) може да се запише:

$$\begin{aligned} 2U_R &= K_{DU} \frac{U_R}{2R_1 C_1} \delta R t_1 + \frac{R_8}{R_7} \frac{U_R}{R_{10} C_1} t_1 = \\ &= U_R t_1 \left(\frac{K_{DU} \delta R}{2R_1 C_1} + \frac{R_8}{R_7} \frac{1}{R_{10} C_1} \right) \end{aligned} \quad (7)$$

От (7) може да определи израза за полупериода $T_1 = t_1 - 0$:

$$T_1 = \frac{2}{\frac{K_{DU} \delta R}{2R_1 C_1} + \frac{R_8}{R_7} \frac{1}{R_{10} C_1}} \quad (8)$$

В следващия времеви интервал $t_1 \dots t_2$ се формира вторият полупериод $T_2 = t_2 - t_1$, като процесите са аналогични, но напреженията U_{OUT} , U_R и U_B сменят полярността си, а интеграторът генерира на изхода си линейно спадащо напрежение (Фиг.2).

Допускайки пълна симетрия на процесите в двата времеви интервала $T_1 = T_2 = T_{OUT}/2$, за изходната честота на преобразувателя се получава:

$$\begin{aligned} F_{OUT} &= \frac{1}{T_1 + T_2} = \frac{K_{DU}}{8R_1 C_1} \delta R + \frac{R_8}{4R_7 R_{10} C_1} = \\ &= F_{OUT} = S_R \delta R + F_0, \end{aligned} \quad (9)$$

където:

$$S_R = \frac{K_{DU}}{8R_1C_1} \quad (10)$$

чувствителност на преобразувателя;

$$F_0 = \frac{1}{4} \frac{R_8}{R_7} \frac{1}{R_{10}C_1} \quad (11)$$

начална честота на преобразувателя при $\delta R=0$.

От израза (9) се вижда, че при зададени чувствителност S_R и максимално по модул изменение на тензорезисторите $|\delta R|_{\max}$ е достатъчно да се зададе началната честота $F_0 > S_R|\delta R|_{\max}$, при което в целия входен обхват от $-\delta R_{\max}$ до $+\delta R_{\max}$ изходната честота на преобразувателя ще остане положителна.

От израза (9) се вижда, също така, че параметърът U_R , функция на изходното напрежение на компаратора U_{OUT} , резистора R_2 и съпротивлението R на захранващия диагонал на моста, не влиза в уравнението на преобразуване. Следователно, в първа степен на приближение, преобразувателят е инвариантен спрямо параметрите U_{OUT} , R_2 и R . Това е важно свойство на преобразувателя, тъй като в класическите схемни решения [1], захранващото напрежение на моста влиза с тегловен коефициент единица в уравнението на преобразуване и към него се предявяват особено строги изисквания.

Освен това, в литература [5,6] е показано, че неравенството (по модул) на изходните напрежения на ограничение на компаратора ($+U_{OUT}$ и $-U_{OUT}$) променят продължителностите на полупериодите T_1 и T_2 , но с различен знак така, че сумата им, т.е. периодът $T_{OUT} = T_1 + T_2$, остава в първа степен на приближение постоянен. Същият ефект е доказан и за остатъчните напрежения на операционните усилватели на интегратора и компаратора. Също така, схемата от Фиг.3. реализира автоматично методът за подтискане на паразитните контактни термо е.д.с., възникващи в изходната верига на измервателния мост [1], без каквито и да е допълнителни елементи, като електронни ключове, тактови генератори и други.

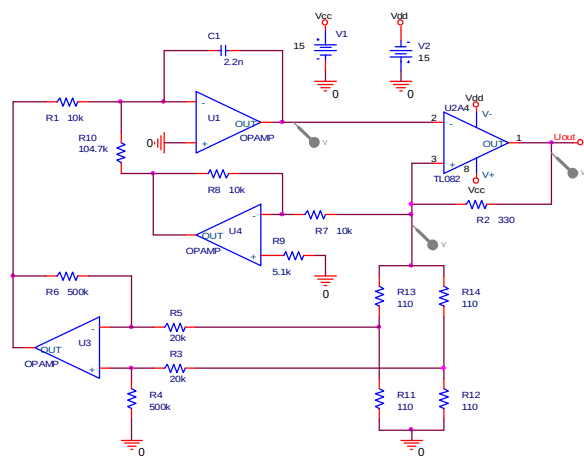
От друга страна, честотният изход има съществени предимства пред напреженовия, като най-съществените от тях са: висока шумозащитеност, възможността за пренасяне по дълга линия без загуба на точност и възможност за преобразуване в код с постоянна относителна грешка от квантоване в целия честотен обхват [7], което от своя страна е съществено предимство пред използването на постояннотокowi тензоусилватели с последващо аналого-цифрово преобразуване в класическите схеми [1]. Освен това, изходното напрежение на моста постъпва на входа на интегратор, който подтиска високочестотните шумове, постъпващи заедно с полезния сигнал и допълнително повишава по този начин шумоустойчивостта на преобразувателя [8]. И на последно място, схемата от Фиг.3, сама по себе си е сравнително проста и може да се реализира с евтини и достъпни електронни компоненти. Всички тези достоинства прави предложеното схемно решение перспективно за изследване и приложение.

2. Симулационни изследвания

Схемата от Фиг.3, за случая на две работещи рамена на моста: R_{11} - изменящо се в диапазона от 109.5 до 110.5 Ω със стъпка 0.1 Ω и R_{13} - изменящо се диференциално спрямо R_{11} в диапазона от 110.5 до 109.5 Ω със стъпка 0.1 Ω е симулирана със стойности на елементите, както е показано на Фиг.4.

Всички операционни усилватели са приети за идеални без компаратора, който е симулиран с реален операционен усилвател TL082.

На Фиг.5 са показани времедиаграмите от симулацията, които са в съответствие с аналитичните от Фиг.2, като изходното напрежение е с амплитуда $U_{OUT} = \pm 14.8V$, а захранващото напрежение на моста – с амплитуда $U_R = \pm 3.5V$.



Фиг.4. Схема на симулирания преобразувател

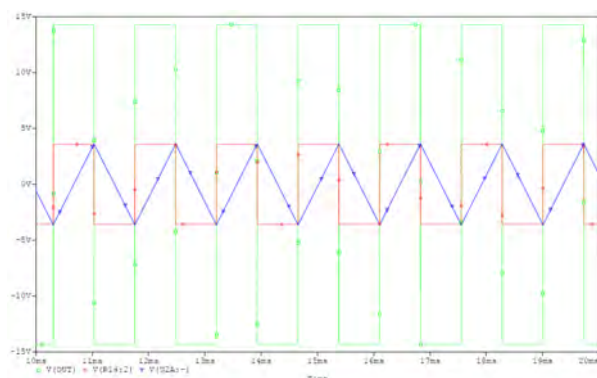
Фиг.5. Времени диаграми от симулацията на напреженията U_{OUT} , U_R , U_I

Табл. 1. Симулационни резултати

1	2	3	4	5
$R_{11}/R_{13}, \Omega$	T, ms	f_{out}, Hz	f_{out_lin}, Hz	$\gamma, \%$
109,5/110,5	2,281	0,438	0,438	0,000
109,6/110,4	1,769	0,565	0,564	0,149
109,7/110,3	1,446	0,692	0,689	0,264
109,8/110,2	1,223	0,818	0,814	0,345
109,9/110,1	1,060	0,943	0,939	0,378
110,0/110,0	0,936	1,069	1,064	0,412
110,1/109,9	0,838	1,194	1,189	0,413
110,2/109,8	0,759	1,318	1,314	0,360
110,3/109,7	0,693	1,442	1,439	0,265
110,4/109,6	0,639	1,566	1,564	0,160
110,5/109,5	0,592	1,689	1,689	0,000

Резултатите от симулационните изследвания са представени в Табл. 1. В колона 1 са приведени стойностите на работните тензорезистори, представени чрез съпротивленията $R_{11} = 109.5 \dots 110.5 \Omega$, $R_{13} = 110.5 \dots 109.5 \Omega$, изменящо се

диференциално със стъпка 0.1Ω . В колони 2 и 3 са поместени съответно периодът T в ms и честотата f_{out} в kHz на изходното напрежение. В колона 4 са изчислени съответните точки от линеаризиращата права f_{out_lin} в kHz, прекарана между първата и последната точки на изходната честота f_{out} . В колона 5 е изчислена приведената грешка от нелинейност:

$$\gamma_{lin} = \frac{f_{out} - f_{out_lin}}{f_{out_max} - f_{out_min}} 100\% \quad (12)$$

Табл. 2. Симулационни резултати

1	2	3	4	5
$R_{11}/R_{13}, \Omega$	T, ms	f_{out}, kHz	f_{out_lin}, kHz	$\gamma, \%$
109,5/110,5	2,2927	0,4362	0,4362	0,0000
109,6/110,4	1,7793	0,5620	0,5599	0,1715
109,7/110,3	1,4451	0,6920	0,6836	0,6772
109,8/110,2	1,2314	0,8121	0,8073	0,3862
109,9/110,1	1,0679	0,9364	0,9311	0,4321
110,0/110,0	0,9430	1,0604	1,0548	0,4537
110,1/109,9	0,8449	1,1836	1,1785	0,4137
110,2/109,8	0,7651	1,3071	1,3022	0,3904
110,3/109,7	0,6995	1,4296	1,4260	0,2932
110,4/109,6	0,6446	1,5514	1,5497	0,1360
110,5/109,5	0,5976	1,6734	1,6734	0,0000

В Табл. 2 представените резултатите са от симулирането на същата схема, като идеалните операционни усилватели са заменени с реални операционни усилватели LM833, използвани и при експеримента. Сравнението между двете симулации потвърждава изводите от анализа, че операционните усилватели не оказват съществено влияние, като отклоненията са в рамките на няколко десети от процента.

3. Експериментални резултати

За потвърждение на симулационните изследвания, беше реализиран експериментален макет на схемата от Фиг.4 със стойности на елементите както е показано на фигурата. Мостът е изпълнен с две диференциално изменящи се рамена R_{11} , R_{13} , реализирани със съпротивителни декади с клас на точност 0.1 . В качеството

на резистори R_1 - R_{10} , R_{12} и R_{14} са използвани резистори с толеранс $\pm 1\%$ и $TKR \pm 100ppm$. Кондензаторът C_1 е керамичен с толеранс $\pm 10\%$. Всички операционни усилватели са LM833. Изменението на тензосъпротивленията е в същия обхват както при симулационните изследвания. Резултатите са показани в Табл. 3, като всички колони са в съответствие с тези от Табл. 1.

Табл. 3. Експериментални резултати

1	2	3	4	5
$R_{11}/R_{13}, \Omega$	T, ms	f_{out}, Hz	f_{out_lin}, Hz	$\gamma, \%$
109,5/110,5	2,041	490	490,0	0,00
109,6/110,4	1,511	662	657,9	0,24
109,7/110,3	1,203	831	825,8	0,31
109,8/110,2	0,999	1001	993,7	0,43
109,9/110,1	0,855	1170	1161,6	0,50
110,0/110,0	0,747	1338	1329,5	0,51
110,1/109,9	0,664	1506	1497,4	0,51
110,2/109,8	0,597	1674	1665,3	0,52
110,3/109,7	0,544	1840	1833,2	0,41
110,4/109,6	0,499	2006	2001,1	0,29
110,5/109,5	0,461	2169	2169,0	0,00

Сравнението на симулационните и експерименталните резултати показва близки стойности и аналогично разпределение на грешката от нелинейност. Същественото отклонение на началната честота, при $\delta R=0$ се дължи толерансите на компонентите и на неточното балансиране на мостовата схема при експеримента.

III. ИЗВОДИ

На базата на проведените изследвания е предложен измервателен преобразувател на двуполярен разбаланс

на тензорезистивен мост в честота, работещ устойчиво в нормалния обхват на тензорезисторните измервателни мостове и притежаващ потенциално високи метрологични характеристики, при сравнителна простота на реализация. Проведените симулационни и експериментални изследвания показват добро съвпадение и потвърждават проведените анализи.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1]. Jon S. Wilson. Sensor Technology Handbook. Linacre House, Jordan Hill, Oxford OX2 8DP, UK Copyright © 2005, Elsevier Inc.
- [2]. А. И. Мартяшин и др. Преобразователи электрических параметров для систем контроля и измерения. М., Энергия, 1976.
- [3]. Х. Гигов, Св. Стоянов, Ст. Станков. Преобразувател на разбаланса на тензомост в честота. III научна конференция „ЕФ-2011 Дни на науката на ТУ-София”, 30.09 - 03.10.2011, Созопол.
- [4]. В.С. Гутников Интегральная электроника в измерительных устройствах. Л., Энергоатомиздат, 1988
- [5]. Х. Гигов и др. Измервания в електрониката, 2003, ТУ, Варна
- [6]. Х. Гигов и др. Метрологичен анализ на преобразувател на проводимост с честотна модулация. Известия на ТУ-Варна, XII 2007.
- [7]. Мирский Г.Я. Электронные измерения. М., "Радио и связь", 1986
- [8]. Э. К. Шахов, В. Михотин. Интегрирующие развертывающие преобразователи напряжения. М., Энергоатомиздат, 1986.

За контакти:

Доц. д-р инж. Христо Иванов Гигов, ТУ-Варна, тел. 052 308068, E-mail: hgigov@tu-varna.bg
Гл.ас.инж. Свилен Христов Стоянов, Добруджански технологичен колеж в структурата на ТУ-Варна, тел. 0894612364, E-mail: svlnstoyanov@yahoo.com
Инж. Станимир Станков, ТУ-Варна, тел. 052 383237, E-mail: stum_b@yahoo.com

Рецензент: доц. д-р инж. Росен Василев, ТУ-Варна

МЕТОДИКА ЗА ОЦЕНЯВАНЕ НА НЕОПРЕДЕЛЕНОСТТА ПРИ ИЗМЕРВАНЕ НА ТОК НА УТЕЧКА

METHOD, DEVELOPED FOR DETERMINATION OF UNCERTAINTY BY LEAKAGE CURRENT MEASUREMENTS

Росен Василев, Ивайло Неделчев

Резюме: Разработена е от авторите методика за оценяване на неопределеността при количествени изпитвания, свързани с измерване на ток на утечка, по т.13 и т.16 на БДС EN 60335-1:2001. При оценката на неопределеността е посочен математическият модел на измерването, оценяване на входните величини, определяне на съответните неопределености на входните величини и изходната оценка. Посочен е бюджета на неопределеността. Приложен е съответен пример.

Ключови думи: неопределеност, оценки, бюджет на неопределеността, ток на утечка

Abstract: The paper represents a method, developed for determination of uncertainty by leakage current measurements according to p.13 and p.16 of EN 60335-1:2001. To assess the uncertainty mathematical model of measurement is given, as well as how to evaluate the input variables, the determination of the uncertainties of the input variables and output evaluation. The budget of uncertainty and an example is attached.

Keywords: uncertainty, evaluations, budget of uncertainty, leakage current

I. ВЪВЕДЕНИЕ

В доклада е представена разработената от авторите методика за оценяване на неопределеността при количествени изпитвания, свързани с измерване на ток на утечка по т.13 и т.16 на БДС EN 60335-1:2001, използвана в изпитвателната лабораторията за битови електроуреди – Варна.

За измерване на ток на утечка лабораторията използва изработен специално за тази цел, съгласно схемата от приложение G на EN60335-1:2001, уред в качеството на калибрирано средство за измерване. Измервателният уред има три обхвата: 1mA; 10mA; 100mA, като стойността на едно деление за отделните обхвати е съответно 0,02mA; 0,2mA и 2,0mA, а класът на точност е 5 за всички обхвати [1]. В методиката е приведен пример за изчисляване на неопределеността на резултатите от измерването на тока на утечка за обхвата (0÷1) mA.

Като съществени източници на неопределеност при измерване на ток на утечка в лабораторията са приети:

- неопределеност на резултата от измерването, поради разсейване на показанията - прилага се оценка тип А, получена на базата на статистически анализ на n на брой независими измервания/ $n \geq 10$.

При невъзможност за извършване на повторими измервания, поради характера на провежданото изпитване, се прилага оценка тип В за разликата от граничните стойности, определена от абсолютната грешка на използваното средство за измерване.

- неопределеност от калибрирането на използваните СИ – определя се от посочената в свидетелството за калибриране разширена неопределеност.

- неопределеност от крайната разделителна способност на използваните СИ – прилага се оценка тип В за разликата от граничните стойности, определени от стойността на едно деление от скалата на аналоговите СИ или от най-малката значима цифра на цифровите СИ.

II. ОЦЕНКА НА НЕОПРЕДЕЛЕНОСТТА ПРИ ИЗМЕРВАНЕ НА ТОК НА УТЕЧКА

Стойността на измервания ток на утечка се получава от зависимостта:

$$I_x = \bar{I}_s \quad (1)$$

1. Математически модел на измерването

Математическият модел на зависимостта на изходната величина от входните величини, по които се оценява резултата от измерването, е:

$$I_x = \bar{I}_s + \delta I_c + \delta I_r \quad (2)$$

където: $\bar{I}_s$ - стойност на отчетената по показанията на милиамперметъра ток на утечка;

δI_c - поправка за действителната стойност на тока на утечка, от калибрирането на милиамперметъра на уреда за измерване на тока на утечка;

δI_r - поправка от крайната разделителна способност на милиамперметъра.

2. Оценка на входните величини

$\bar{I}_s$ - оценката се определя като средноаритметична стойност от n повторими измервания с граници определени от средноквадратичното отклонение на средноаритметичната стойност.

Средноаритметичната стойност се определя по формулата:

$$\bar{I}_s = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n I_j \quad (3)$$

(При единично измерване оценката на измерената стойност на тока на утечка е тази, отчетена при единично измерване, с граници определени от абсолютната грешка на милиамперметъра.)

δI_c - оценката се определя, като разлика между посочените в свидетелството за калибриране, измерена и действителна стойности, с граници определени от посочената в него неопределеност.

$$\delta I_c = - (I_{\text{изм}} - I_{\text{действ}}) \quad (4)$$

(Когато в свидетелството за калибриране няма калибриране в точката, съответстваща на измерената стойност, поправката се изчислява чрез линейна интерполация на най-близките две съседни точки на калибриране, между които се намира измерената стойност.)

δI_r - оценката се приема за нула, с граници определени от разделителната способност на милиамперметъра.

3. Изчисляване на средноквадратичните неопределености на входните оценки

• неопределеност на оценката на средноаритметичната стойност на тока на утечка $\bar{I}_s$ от разсейване на стойностите от измерването:

$$u(\bar{I}_s) = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{j=1}^n (I_j - \bar{I})^2} \quad (5)$$

(При единично измерване средноквадратичната неопределеност се изчислява по формулата:

$$u(I_s) = b \cdot a_1 \quad (6)$$

където: b е коефициент, който за нормално разпределение и доверителна вероятност $p=0,95$ е равен на 0,5;

a_1 е гранична стойност на съответното разпределение на тока на утечка (абсолютната грешка на милиамперметъра определена от класа на точност))

• неопределеност на оценката на поправката от калибрирането на милиамперметъра δI_c за действителната стойност на тока на утечка:

$$u(\delta I_c) = \frac{U}{k} \quad (7)$$

където: U е посочената в свидетелството за калибриране на милиамперметъра разширена неопределеност;

k е коефициент на сигурност, посочен в свидетелството за калибриране на милиамперметъра.

(Когато в свидетелството за калибриране няма калибриране в точката, съответстваща на измерената стойност неопределеността се изчислява от разширената неопределеност с по-голяма стойност на две съседни точки на калибриране, между които се намира измерената стойност.)

• неопределеност на оценката на поправката от крайната разделителна способност на милиамперметъра δI_r - средноквадратичната неопределеност се изчислява по формулата:

$$u(\delta I_r) = \sqrt{\frac{1}{3} \left(\frac{d}{2} \right)^2} = \frac{d}{2\sqrt{3}}, \quad (8)$$

където d е стойността на едно деление от скалата на милиамперметъра.

4. Изчисляване на коефициентите на чувствителност c_i за всяка от входните величини

Коефициентите на чувствителност се изчисляват като частни производни на функцията на модела от уравнение 2, по отношение на всяка от входните величини X_i с оценка x_i по формулата:

$$c_i = \frac{\partial I}{\partial x_i} = \frac{\partial I}{\partial X_i} \quad (9)$$

$$I' = (\bar{I}_s)' + (\delta I_c)' + (\delta I_r)' \quad c(\bar{I}_s) = \frac{\partial I}{\partial I_s} = 1,0$$

$$c(\delta I_c) = \frac{\partial I}{\partial \delta I_c} = 1,0 \quad c(\delta I_r) = \frac{\partial I}{\partial \delta I_r} = 1,0$$

5. Изчисляване на приносите $u_i(y)$ на средноквадратичната неопределеност на всяка от входните величини за средноквадратичната неопределеност на изходната величина

Приносите на средноквадратичната неопределеност на всяка една входна величина към неопределеността на измервания с милиамперметър ток на утечка се изчислява по формулата [2]:

$$u_i(I) = c_i \cdot u(x_i) \quad (10)$$

$$u_{I_s}(I) = c(I_s) \cdot u(I_s) \quad u_{\delta I_c}(I) = c(\delta I_c) \cdot u(\delta I_c)$$

$$u_{\delta I_r}(I) = c(\delta I_r) \cdot u(\delta I_r)$$

6. Изчисляване на средноквадратичната неопределеност на изходната оценка $u(I)$

Средноквадратичната неопределеност на измервания с милиамперметър ток на утечка се изчислява по формулата:

$$u(I) = \sqrt{u_{I_s}^2(I) + u_{\delta I_c}^2(I) + u_{\delta I_r}^2(I)} \quad (11)$$

Табл. 1. Бюджет на неопределеността

i	Вх. вел. X_i	Оценки x_i	Средноквадратична неопределеност $u(x_i)$	Вероятно разпр. едел.	Коеф. на чувствителност C_i	Принос за сред.кв. неопределеност $u_i(I) = c_i \cdot u(x_i)$
1	$\bar{I}_s$	$\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n I_j$	$\sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{j=1}^n (I_j - \bar{I})^2}$ или $b.s. / \text{mA}$	нормално	$\frac{\partial I_s}{\partial \bar{I}_s} = 1,0$	$c(\bar{I}_s) u(I_s) / \text{mA}$
2	δI_c	$-(I_{\text{изм}} - I_s)$	$\frac{U_j}{k} / \text{mA}$	нормално	$\frac{\partial I_s}{\partial \delta I_c} = 1,0$	$c(\delta I_c) u(\delta I_c) / \text{mA}$
3	δI_r	0	$\frac{d}{2\sqrt{3}} / \text{mA}$	правоъгъл.	$\frac{\partial I_s}{\partial \delta I_r} = 1,0$	$c(\delta I_r) u(\delta I_r) / \text{mA}$
Y	I_s	$\sum_{i=1}^n x_i$	$\sqrt{\sum_{i=1}^n u_i^2(I)} / \text{mA}$	нормално		
Разширена неопределеност: $U = k u(I) / \text{mA}$					K=2 при ≈95% вероятност на доверителния интервал и нормален закон на разпределение	
Резултат от измерването: $I = I_s \pm U / \text{mA}$						
Математически модел на измерването: $I = \bar{I}_s + \delta I_c + \delta I_r$						

7. Разширената неопределеност на резултата от измервания ток на утечка с милиамперметър се изчислява по формулата

$$U = k \cdot u(I) \quad (12)$$

където $k=2$ е коефициент на сигурност при вероятност на доверителния интервал 95% за нормално разпределение.

8. Бюджет на неопределеността

В таблица 1 е показан бюджетът на неопределеността [3].

9. Резултат от измерването

Крайният резултат за измервания ток на утечка заедно с разширената неопределеност се дават във вида:

$$I = I_x \pm U \quad (13)$$

(Посочената разширена неопределеност от измерването е изразена като средноквадратична неопределеност от измерване, умножена с коефициент на доверителен интервал $k=2$, който при нормален закон на разпределение съответства на вероятност на доверителния интервал $\approx 95\%$.)

III. ПРИЛОЖЕНИЕ НА МЕТОДИКАТА ЗА ОЦЕНКА НА НЕОПРЕДЕЛЕНОСТТА НА РЕЗУЛТАТА ОТ ИЗМЕРВАНЕТО ЗА СТОЙНОСТ НА ТОКА НА УТЕЧКА 0,75 mA

1.Обработка на резултатите от измерването

Извършени са 10 измервания на ток на утечка, като за сравнение с единично измерване е приета средноаритметичната им стойност. Измерванията са извършени със специално разработения уред в изпитвателната лабораторията за безопасност на битови електроуреди – Варна.

Табл. 2. Обработка на резултатите от измерването

№	I_j mA	$I_j - \bar{I}$ mA	$(I_j - \bar{I})^2$ mA ²
1	0,75	0	0
2	0,75	0	0
3	0,74	-0,01	$0,1 \cdot 10^{-3}$
4	0,74	-0,01	$0,1 \cdot 10^{-3}$
5	0,74	-0,01	$0,1 \cdot 10^{-3}$
6	0,75	0	0
7	0,75	0	0
8	0,76	0,01	$0,1 \cdot 10^{-3}$
9	0,76	0,01	$0,1 \cdot 10^{-3}$
10	0,76	0,01	$0,1 \cdot 10^{-3}$
$\bar{I} = 0,75$			$\sum_{j=1}^{10} (I_j - \bar{I})^2 = 0,06 \cdot 10^{-3}$

2.Оценяване на входните величини

$$2.1. \quad \bar{I}_s = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^{10} I_j = 0,75 \text{ mA}$$

(за целите на примера е прието $I_s=0,75\text{mA}$ при единично измерване)

2.2. $\delta I_c = -(I_{изм} - I_\delta) = 0,03\text{mA}$ от свидетелството за калибриране на уреда за измерване на ток на утечка

2.3. $\delta I_r = 0\text{mA}$

3. Средноквадратична неопределеност на входните величини

$$3.1. u(\bar{I}_s) = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{j=1}^n (I_j - \bar{I})^2} = 0,08 \cdot 10^{-3} \text{mA}$$

(При единично измерване: $u(I_s) = b \cdot a_I = 0,5 \cdot 0,05 = 0,025\text{mA}$, където

$a_I = \frac{1,5}{100} = 0,05\text{mA}$ е абсолютната грешка на милиамперметъра за обхват $10 \div 1\text{mA}$, клас на точност 5)

$$3.2. u(\delta I_c) = \frac{U}{k} = \frac{0,006}{2} = 0,003\text{mA}$$

$$3.3. u(\delta I_r) = \frac{d}{2\sqrt{3}} = \frac{0,02}{2\sqrt{3}} = 0,0058\text{mA}$$

4. Коефициенти на чувствителност

$$4.1. c(\bar{I}_s) = 1,0$$

$$4.2. c(\delta I_c) = 1,0$$

$$4.3. c(\delta I_r) = 1,0$$

5. Приноси за средноквадратичната неопределеност на изходната оценка

$$5.1. u_{I_s}(I) = c(I_s)u(I_s) = 1,0 \cdot 0,08 \cdot 10^{-3} \text{mA} = 0,08 \cdot 10^{-3} \text{mA}$$

при единично измерване:

$$u_{I_s}(I) = 1,0 \cdot 0,025 = 0,025\text{mA}$$

$$5.2. u_{\delta I_c}(I) = c(\delta I_c)u(\delta I_c) = 1,0 \cdot 0,003 = 0,003\text{mA}$$

$$5.3. u_{\delta I_r}(I) = c(\delta I_r)u(\delta I_r) = 1,0 \cdot 0,0058 = 0,0058\text{mA}$$

6. Средноквадратична неопределеност на изходната оценка

$$u(I) = \sqrt{u_{I_s}^2(I) + u_{\delta I_c}^2(I) + u_{\delta I_r}^2(I)}$$

$$u(I) = \sqrt{(0,008 \cdot 10^{-3})^2 + 0,003^2 + 0,0058^2} = 0,0065\text{mA}$$

7. Разширена неопределеност на резултата от измерване на ток на утечка

$$U = k \cdot u(I)$$

$$U = 2 \cdot 0,0065 = 0,013\text{mA}$$

8. Бюджет на неопределеността

Табл. 3. Бюджет на неопределеността при конкретното изследване

i	Вх. вел. X_i	Оценки x_i	Средноквадратична неопределеност $u(x_i)$	Вероятно разпредел.	Коеф. на чувствителност C_i	Принос за средноквадр. неопределеност $u_i(I) = c_i \cdot u(x_i)$
1	I_s	0,75mA	$0,08 \cdot 10^{-3} \text{mA}$	нормално	1,0	$0,08 \cdot 10^{-3} \text{mA}$
2	δI_c	+0,03mA	0,0030 mA	нормално	1,0	0,0030 mA
3	δI_r	0,00 mA	0,058 mA	правоъгъл.	1,0	0,058 mA
Y	I_s	0,78 mA	0,0065 mA	нормално		
Разширена неопределеност: $U = 0,013 \text{mA}$						K=2 при $\approx 95\%$ вероятност на доверителния интервал и нормален закон на разпределение
Резултат от измерването: $I = (0,78 \pm 0,013) \text{mA}$						
Математически модел на измерването: $I_s = I_s + \delta I_c + \delta I_r$						

9. Резултат от измерването

$$I = (0,78 \pm 0,013)\text{mA}$$

Забележка: Посочената разширена неопределеност от измерването е изразена като средноквадратична неопределеност от измерване, умножена с коефициент на доверителен интервал $k=2$, който при нормален закон на разпределение съответства на вероятност на доверителния интервал $\approx 95\%$.

Извод: Лабораторията измерва ток на утечка $0,75\text{mA}$ с милиамперметър от уред за измерване тока на утечка, с неопределеност $\pm 0,013\text{mA}$.

III. ИЗВОДИ

1. Разработена е методика, позволяваща оценяване на неопределеността при измерване на ток на утечка.

2. Методиката е апробирана при калибрирането на измервателно средство, съответстващо на БДС EN 60335-1:2001.

3. Методиката е приложима при изпитвателни лаборатории, измерващи ток на утечка по БДС EN 60335-1:2001.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1]. БДС EN 60335-1:2001
- [2]. ЕА-4/02 „Изразяване на неопределеността на измерване при калибриране”.
- [3]. Р. Василев, Електрически измервания, ТУ-Варна, Варна, 2010, с.258.

За контакти:

инж. Росен Василев, доцент д-р в Катедра „Теоретична и измервателна електротехника” при ЕФ на ТУ-Варна, ул. Студентска № 1, 310AE
e-mail: rsnvasilev@abv.bg
инж. Ивайло Неделчев, главен асистент в Катедра „ТИЕ” при ЕФ на ТУ-Варна.
e-mail: ivonedelchev@yahoo.com

Рецензент:

доц. д-р. инж. Маринела Йорданова- ТУ-Варна

ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА СЕПАРАТОР С ПОСТОЯННИ МАГНИТИ

EXPERIMENT RESEARCH ON SEPARATOR WITH PERMANENT MAGNETS

Татяна Димова

Резюме: Изследван е сепаратор с постоянни магнити. Описана е конструкцията на сепаратора, разположението на постоянните магнити и експериментално са получени данни за магнитната индукция по надлъжната и напречната ос на магнитния сепаратор. Обърнато е внимание на факторите, влияещи на процеса на сепариране. Експерименталните резултати са подложени на статистическо моделиране.

Ключови думи: магнитно поле, постоянни магнити, сепаратор

Abstract: It is a study of the separator with permanent magnets. The construction of the separator and the location of the permanent magnets are described, and data are obtained experimentally along the longitudinal and cross axis of the separator. Attention is paid to the characteristics of the factors who influence on process separate with permanent magnets. The experiment research is statistical workable.

Keywords: magnetic field, permanent magnets, separator

I. ВЪВЕДЕНИЕ

Магнитните сепаратори с постоянни магнити представляват модулни системи, предназначени за висококачествено отделяне на феромагнитни и слабомагнитни частици от насипни гранулирани материали и течни суспензии, движещи се по конвейер или друг тип транспортна лента.

Перспективата за създаване на сепаратори с постоянни магнити е твърде приемлива, тъй като води до значително поевтиняване на технологичния процес. Силен тласък в тази насока е появата и непрекъснатото развитие на нови високоенергични постоянни магнити, което изостря все повече актуалността на приложението им в технологични устройства с различно предназначение.

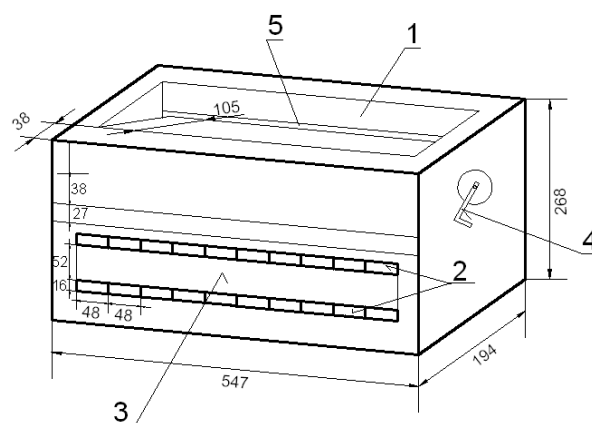
Целта на настоящата работа е експериментално изследване на сепаратор с постоянни магнити и определяне на избрани фактори, влияещи на процеса на извличане на магнитни частици от немагнитна смес.

II. АНАЛИЗ

За постигане на така поставената цел експериментално е изследвана

конструкцията на сепаратор с постоянни магнити, показана на фиг. 1.

Конструкцията е предназначена за почистване на магнезиев оксид, който се използва при производството на тръбни нагреватели. Изискванията към последните е в материала да няма феромагнитни частици, които автоматично биха довели до дефектиране на нагревателния елемент.



Фиг.1 Сепаратор с постоянни магнити

1 – контейнер за обработван материал; 2 – постоянен магнит; 3 – концентратор; 4 –ръчка; 5 – шибър.

Обработваният материал, движейки се по конвейер или шибърен канал, попада в зоната на действие на магнитното поле, под действието на което феромагнитните частици се привличат към повърхността на сепаратора и се задържат на него. Отстраняването на вече привлечените феромагнитни частици се осъществява ръчно.

1. Технически характеристики на сепаратора:

а) максимална индукция B_{max} [Т] на повърхността на магнитната система - 110 mT;

б) тип на използваните магнити – Баферит 20А;

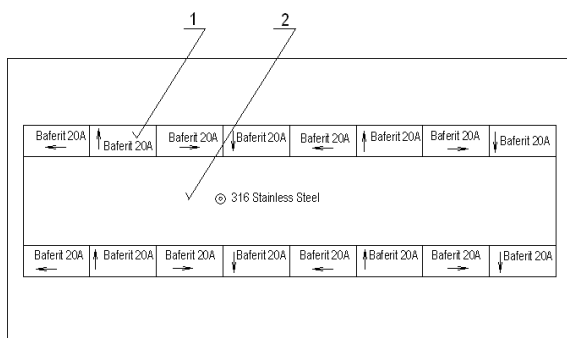
в) производителност до 500 т/час , в зависимост от дебелината и скоростта на движение на обработвания продукт;

г) работна температура до 90 °С;

д) почистване – ръчно.[2]

2. Магнитна система

Основният конструктивен възел на изследвания сепаратор се състои от 16 постоянни магнита с правоъгълна форма и с редуващ се в определена последователност поляритет, като помежду им допълнително е разположен концентратор. Магнитната система е представена на фиг. 2.



Фиг.2 Магнитна система на сепаратора

1 – постоянни магнити от Баферит 20А; 2- концентратор от чиста стомана

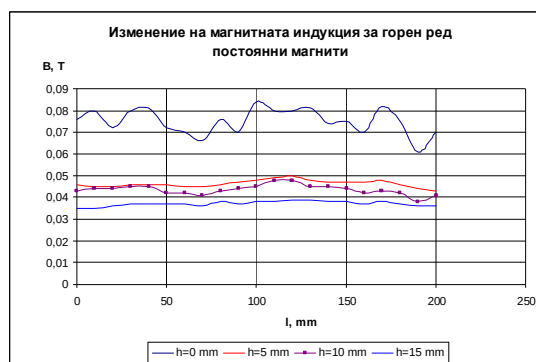
3. Експериментални резултати и обработка на изследванията

Необходимо условие, което трябва да се вземе под внимание е, че с увеличаване на разстоянието от повърхността на

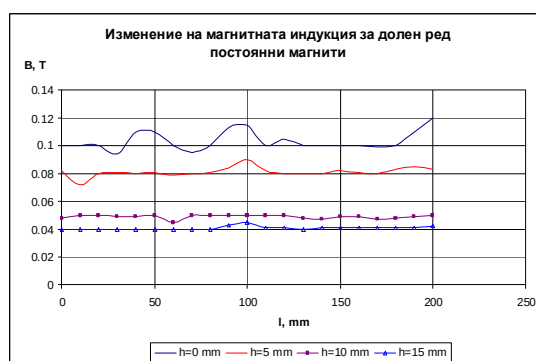
магнитната система напрегнатостта на магнитното поле намалява по експонента [2].

Полученото магнитно поле в зоната на сепариране има сложен характер. Изследването му е сравнително най-точно при измерване на магнитната индукция, затова експериментално са снети характеристиките $B=f(l)$ и $B=f(h)$, чието графично представяне е показано на фиг. 3 и 4.

Измерванията са проведени с помощта на измервател на магнитна индукция Ш1-8, в чийто накрайник е поставена сонда, на базата на датчик на Хол.



Фиг.3 Магнитна индукция снета по дължината на горен ред постоянни магнити



Фиг.4 Магнитна индукция снета по дължината на долен ред постоянни магнити

Експерименталните данни показват почти равномерно разпределение на индукцията по цялата дължина. В някои участъци на магнитната система съществува известен пад на магнитното поле, дължащ се на обстоятелството, че в съседство са разположени два едноименни или разноименни магнита. [3, 4]

Резултантното магнитно поле, създадено от магнитната система на сепаратора, е визуализирано експериментално на фиг. 5, чрез посипване с феромагнитен прах.



Фиг.5 Магнитосилови линии формиранни при посипване с феромагнитен прах.

Изследването на работата на сепаратора, за степента на почистване на феромагнитни примеси се извършва в лабораторни условия. Обектът на сепариране е суха насипна маса (леарски пясък), който предварително е пресят и разделен на отделни проби. Това гарантира еднородност на масата. Всяка проба е с маса 5 кг. и се замърсява с определен процент феромагнитни примеси – фини метални стружки.

За по-пълното използване на магнитната система и намаляване на загубите в околното пространство, обработваният материал се подава, при плътно запълване на контейнера, на входа на сепариращото устройство (т.е. при затворен шибър), така че да обтича перпендикулярно магнитната система. При плавно и равно по големина отваряне на шибърната планка се осигурява едновременно: равномерен слой и скорост на обработваната смес. Тези условия се запазват константни при всички експерименти.

Целта при експериментите е да се изследва процеса на сепариране в зависимост от следните фактори:

- концентрация на феромагнитните включвания x_1 , в проценти 0,4%, 0,6% и 0,8%;

- дебелината на обработвания материал x_2 – 20mm, 25mm и 30mm;

- брой сепарации x_3 – 1, 2, 3.

Всяка проба предварително се подготвя, като се разбърква добре с определеното количество феромагнитни примеси, до получаването на хомогенна смес. Сепарират се три пъти при три различни, предварително зададени чрез ръчка 4 (фиг.1), дебелини на обработвания материал. Феромагнитните частици се отделят в зоната на магнитната система, която предварително е покрита с немагнитно фолио, за да може по-лесно да се отделят полепналите по повърхността феромагнитни частици. След това извлечените частици се измерват чрез електронна везна Vimco B3T.

На базата на получените резултати е реализиран трифакторен регресионен анализ. [1] Използвана е компютърна програма, по стандартен математичен модел. Регресионното уравнение е от вида:

$$y = b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + b_3 \cdot x_3 + b_{12} \cdot x_{12} + b_{13} \cdot x_{13} + b_{123} \cdot x_{123}$$

и дава зависимостта между целевата функция и изходният параметър - „b”, а също и връзката с разглежданите фактори, като може да се търси и оптималното решение. [1, 3].

Интервалите на вариране на изследваните фактори са дадени в табл. 1.

Таблица 1 Кодирание на факторите

Интервали на вариране на факторите						
Фактор	Нива			Инт. на вариране	Дименсия	Наименование
	-1	0	1			
x_1	0,02	0,03	0,04	0,01	kg	Концентр. на фер.вкл.
x_2	20	25	30	5	mm	дебелина слой
x_3	1	2	3	1	бр	бр. сепарации
План на експеримента 2^3						

Провежда се пълен факторен експеримент. За построяването на стандартен ортогонален план е необходимо натуралните фактори да се преведат в безмерни величини.

След като са получени коефициентите на заложеното регресионно уравнение, направена е оценка на дисперсиите по критерии на Фишер и е направена проверка за значимост на факторите, и техните взаимодействия по критерии на Стюдент. [1] *Резултатите са следните:*

Полученото линейно регресионно уравнение, за степен на почистване е от вида:

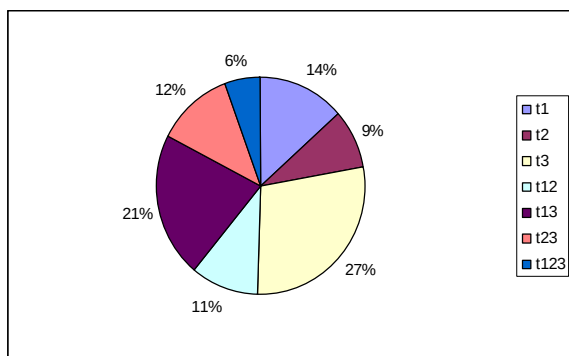
$$y = 7,4792 - 4,7708.x_3 - 3,6875.x_{13}$$

То е с доверителна вероятност 0,8 и ниво на значимост 0,2. Относителна грешка е 14,28%, което налага да се премине на план на експеримента от по-висок ред.

За постигане на по-добро почистване се правят 3 на брой сепарации. Броят на паралелните опитите, със съответните количества замърсяване, е три (y_1 , y_2 и y_3), за по-голяма точност и изчистване на грешките.

При първата фракция степента на почистване на феромагнитните частици е най-голяма и с всяка следваща тя намалява. С трите на брой сепарации не се постига пълно почистване, независимо от ниската концентрация на замърсяването. При по-голяма дебелина на обработвания материал, при първата фракция не се получава по-голямо почистване, защото скоростта се увеличава и се получава увличане на материала.

Графично процентното влияние на заложените фактори и комбинациите помежду им са показани на фиг. 6.



Фиг.6 Влияние на заложените фактори и комбинациите помежду им, изразено в %

III. ИЗВОДИ

От експерименталните данни се вижда, че разпределението на индукцията в работното пространство е почти равномерно по цялата дължина, като съществува редуване на поляритета в определена последователност.

При изследване работата на магнитния сепаратор, чрез статистическо моделиране, е установено следното влияние на заложените фактори и комбинациите помежду им:

Най-съществено влияние върху степента на почистване оказва факторът – брой сепарации – 27%;

Комбинацията между факторите концентрация на феромагнитни включвания и брой сепарации влияе с 21%;

Факторът – концентрация на феромагнитни включвания влияе с 14%;

Комбинацията между факторите дебелина на обработвания слой и брой сепарации влияе с 12%;

Комбинацията между факторите концентрация на феромагнитни включвания и дебелина на обработвания слой влияе с 11%;

Факторът – дебелина на обработвания слой влияе с 9%;

Комбинацията между трите изследвани фактора – концентрация на феромагнитни включвания, дебелина на обработвания слоеи и брой сепарации, влияе с 6%.

Полученото линейно регресионно уравнение, с доверителна вероятност 0,8 и ниво на значимост 0,2, е с относителна грешка 14,28%, което налага да се премине на план на експеримента от по-висок ред.

Изследваният магнитен сепаратор има добри технически показатели, въпреки сравнително ниската стойност на магнитната индукция в работната въздушна междина, която е от порядъка на 0,15T.

Удачно е да се предложи, конструктивно решение за улесняване начина на почистване на магнитната

система, за да се предотврати шунтиране на полюсите от привлечените железни частици, в следствие, на което се получава задръстване в работната зона.

Всички получени резултати ще послужат за следващи и по-точни изследвания на процеса на сепариране.

Въпросът за оптималния вариант на конструкцията и проектирането на сепаратори с постоянни магнити може да се реши при:

- използването на постоянни магнити с по-голяма остатъчна индукция, каквато притежават редкоземлените постоянни магнити;

- поддържане на умерена температура на околната среда, която води до намаляване на процеса на стареене;

- извършване на статистически анализ на феромагнитните включвания;

- намиране траекторията на движение на феромагнитните частици в магнитното поле и изследване магнитната възприемчивост на феромагнитните включвания.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1]. Ив. Вучков; Ст. Соянов Математическо моделиране и оптимизация на технологични обекти. Техника София 1986 г.
- [2] В.Сумцов Електромагнитные железотделители. Машиностроение 1978 г.
- [3] С. Контров, А. Иванов; М. Панайотов, Х. Тахрилов Електротехнология – ръководство за лабораторни упражнения Варна 1990 г
- [4] А. Александров Електрически апарати. София 1999 г.

За контакти:

инж. Татяна Димова, асистент. в
Катедра "Електротехника и електротехнологии" при
ЕФ на
ТУ-Варна, ул. Студентска № 1, 836Е
e-mail: t.dimova@abv.bg

Рецензент: доц.д-р инж. Атанас Иванов

ИЗЧИСЛЯВАНЕ НА ТОКОВЕТЕ НА КЪСИ СЪЕДИНЕНИЯ ОТ ВЕТРОГЕНЕРАТОРИ ЗА НУЖДТЕ НА РЕЛЕЙНАТА ЗАЩИТА

WIND FARMS SHORT-CIRCUIT CALCULATION FOR THE PURPOSES OF THE RELAY PROTECTION

Николай Николаев, Крум Герасимов, Юлиан Рангелов

Резюме: Сравняват се резултатите от класическите изчислителни алгоритми, основани на квазиустановени модели, с резултатите от цифровите алгоритми на съвременните релейни защиты за токове от ветроагрегати тип DFIG. На тази основа се преценява годността на съществуващите програми за настройка на релейните защиты, основани на ефективната стойност на свръхпреходния ток.

Ключови думи: DFIG, вятърна електрическа централа, късо съединение, релейна защита, свръхпреходен ток

Abstract: This paper aims comparing calculation results for short-circuit current contributions of DFIG wind farms obtained by the classical algorithms based on quasi-state models with the results obtained by the algorithms implemented in the modern digital relay protections. On this ground the suitability of existing programs for setting the relay protections based on the rms value of sub-transient current is assessed.

Keywords: DFIG, wind power plant, short-circuit, relay protection, sub-transient current

I. ВЪВЕДЕНИЕ

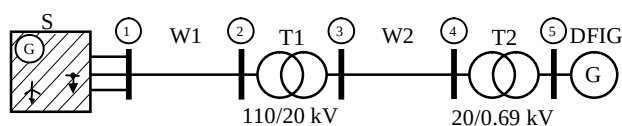
До неотдавна, в електроенергийната система (ЕЕС) на България, генериращите източници бяха синхронните агрегати. На тази основа са разработени и се използват редица програмни продукти, за изчисляване на режимите на къси съединения, например програмите PTI PSS/E и PSLF, и настройките на релейните защиты - ASYM-WIN. Характерно за тези програми е, че са основани на модели за квази-установени режими с основна честота, т.е. те отчитат само ефективната стойност на периодичния ток. Тази стойност на тока удовлетворява изискванията на релейните защиты, изградени от електромагнитни релета. Обикновено изчислителния свръхпреходен ток се използва като настроен. За неговото определяне в програмите за настройка на релейните защиты е достатъчно генераторите да се представят с изчислителните си свръхпреходни е.д.н. и динамичните свръхпреходни реактанси. Характерно е, че ефективната стойност на периодичния ток в разпределителните мрежи практически не затихва.

В съвременният етап от развитието на ЕЕС се наблюдава тенденция за децентрализирано производство на електрическата енергия с възобновяеми енергийни източници. В нашата ЕЕС най-разпространени са вятърните електрически централи (ВяЕЦ), изградени от двойно-захранени

асинхронни генератори (DFIG). Включването на тези източници обикновено става на ниво 110 kV или в разпределителните мрежи за средно напрежение. Този факт съществено променя характера на изменение на тока в режим на късо съединение. Наблюдава се бързо, съществено затихване и на периодичната съставляваща. Затова използването на съществуващите програми за настройка на релейните защиты, основани на свръхпреходния ток, поражда съмнение. От друга страна, съвременните релейни защиты са цифрови и алгоритмите за изчисляване на ефективните стойности на тока са основани на моментните стойности, и съществено се различават от класическите изчислителни алгоритми, основани на квазипериодични модели.

II. ПОСТАНОВКА НА ИЗСЛЕДВАНЕТО

Разглежда се примерната ЕЕС, показана с принципна схема на Фиг. 1. Ветроагрегат е включен към мрежа 110 kV, чрез два повишаващи трансформатора и кабелна електропроводна връзка на средно напрежение. Приемащата система е представена с обобщената система S. Представените по-долу резултати, са в относителни единици, при базисни условия на номиналните параметри на ветропарка.



Фиг. 1 Принципна схема на изследваната мрежа

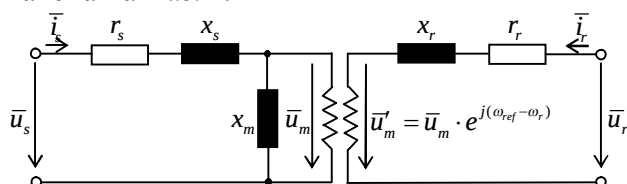
III. МАТЕМАТИЧНА ОСНОВА НА ИЗСЛЕДВАНЕТО

Математичните описания на трансформаторите, електропроводните връзки и системата в разглежданата ЕЕС са добре известни в литературата [1, 2], затова тук те няма да бъдат разглеждани. Поспецифичен е случаят с ветроагрегатите. Затова те ще бъде представени с използваните в изследването два модела на DFIG за анализ с моментни стойности и за анализ с ефективните стойности на режимните параметри.

Представят се и математичните соотношения за изчисляване на ефективните стойности на тока на късо съединение, в класическите методики и в алгоритмите на цифровите релейни защиты.

1. МОДЕЛИ НА DFIG

В качеството си на генератор при DFIG се използва асинхронна машина с навит ротор. Заместващата схема е представена на Фиг. 2.



Фиг. 2 Заместваща схема на асинхронен генератор с навит ротор

Съответстващите на схемата уравнения за статорното и роторното напрежения са [3]:

$$\bar{u}_s = r_s \bar{i}_s + \frac{d\bar{\psi}_s}{\omega_n dt} + j \frac{\omega_{ref}}{\omega_n} \bar{\psi}_s \quad (1)$$

$$\bar{u}_r = r_r \bar{i}_r + \frac{d\bar{\psi}_r}{\omega_n dt} + j \frac{\omega_{ref} - \omega_r}{\omega_n} \bar{\psi}_r \quad (2)$$

където $\bar{\psi}_s$ и $\bar{\psi}_r$ са потокосцепванията на статора и ротора, а връзката им със съответните токове е:

$$\bar{\psi}_s = (x_s + x_m) \bar{i}_s + x_m \bar{i}_r \quad (3)$$

$$\bar{\psi}_r = (x_r + x_m) \bar{i}_r + x_m \bar{i}_s \quad (4)$$

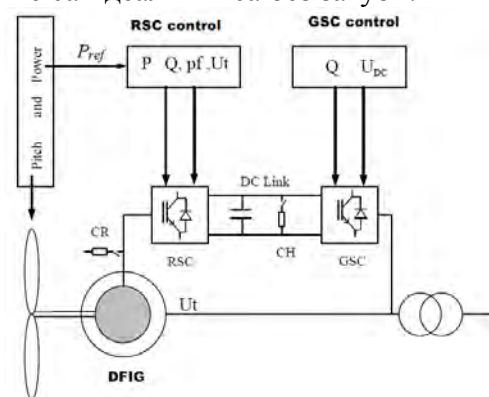
Кръговата скорост на статорното поле е отбелязана с ω_{ref} , съответно скоростта на ротора с ω_r . Моделът на генератора се допълва с уравнението на механичното движение:

$$J \frac{d\omega_r}{dt} = t_m - t_{el} \quad (5)$$

където J е масовият инерционен момент на вала на целия агрегат, а електрическият момент t_{el} се определя от статорните ток и потокосцепване:

$$t_{el} = \text{Im}(\bar{\psi}_s \cdot \bar{i}_s^*) \quad (6)$$

Често използвана концепция за управление на преобразувателите е регулиране на тока в ротора по dq – координати [4]. Конверторът от към ротора управлява активната (по ос q) и реактивната (по ос d) мощности, фактора на мощността и напрежението на генератора, а мрежовият конвертор управлява напрежението в постояннотоковата част и реактивната мощност, Фиг. 3. Допуска се, че преобразувателите са идеални и са без загуби.



Фиг. 3 Управление на DFIG генератор

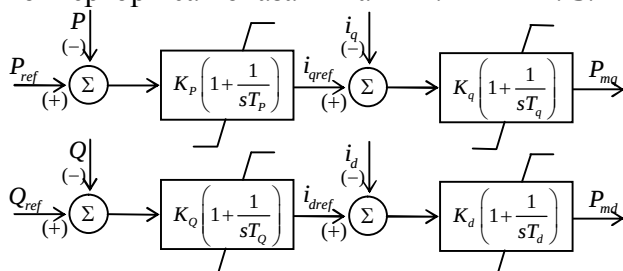
Връзката между напрежението в постояннотоковата и променливотоковата част се дава с уравненията:

$$\bar{U}_{ACd} = \frac{\sqrt{3}}{2\sqrt{2}} \cdot P_{md} \cdot U_{DC} \quad (7)$$

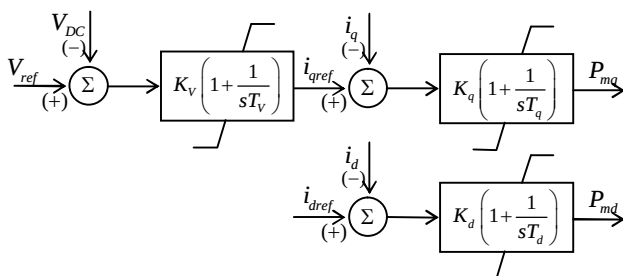
$$\bar{U}_{ACq} = \frac{\sqrt{3}}{2\sqrt{2}} \cdot P_{mq} \cdot U_{DC} \quad (8)$$

където P_m е коефициент на широчинно-импулсна модулация. Блоковите схеми на

контролерите на роторния и мрежовия конвертори са показани на Фиг. 4 и Фиг. 5.



Фиг. 4 Контролер на роторния конвертор



Фиг. 5 Контролер на мрежовия конвертор

Моделът на преобразувателите се допълва от условието за запазване на енергията:

$$P_{AC} = \text{Re}(U_{AC} I_{AC}^*) = U_{DC} I_{DC} = P_{DC} \quad (9)$$

Механичната мощност на турбина, с управление на ъгъла на атака на лопатките, се изчислява с уравнението на Бернули [5]:

$$t_m = \frac{\rho}{2} \cdot c_p(\lambda, \theta_p) \cdot A_r \cdot v_w^3 \quad (10)$$

където c_p е коефициент на мощност, λ и θ_p са съответно периферната скорост на лопатките и ъгълът им на атака, A_r е площта, която обхваща ротора, а v_w – скоростта на вятъра. Моделът на турбина-та е подробно разгледан в [5, 6].

До тук представеният модел на DFIG отчита моментните стойности на изменението на токовете и напреженията. За да бъде преобразуван до модел, с отчитане само на ефективната стойност на периодичния ток в статорните контури и мрежата, трябва да се модифицират уравненията на статорните и роторните намотки, в които да се пренебрегне е.д.н. на трансформацията, т.е. уравненията придобиват вида:

$$\bar{u}_s = r_s \bar{i}_s + j \frac{\omega_{ref}}{\omega_n} (x_s + x_m) \bar{i}_s + x_m \bar{i}_r \quad (11)$$

$$\bar{u}_r = r_r \bar{i}_r + j \frac{\omega_{ref} - \omega_r}{\omega_n} \bar{\psi}_r \quad (12)$$

Ако тези уравнения се трансформират към синхронно въртящата се декартова координатна система на мрежата, се получава [5]:

$$\begin{aligned} v_{sd} &= -r_s i_{sd} - ((x_s + x_m) i_{sq} + x_m i_{rq}) \\ v_{sq} &= -r_s i_{sq} + ((x_s + x_m) i_{sd} + x_m i_{rd}) \end{aligned} \quad (13)$$

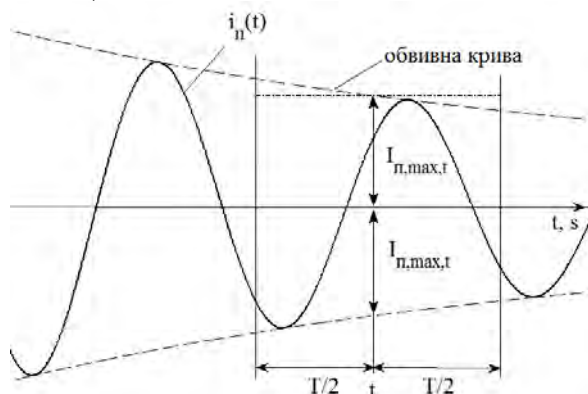
$$\begin{aligned} v_{rd} &= -r_r i_{rd} + (1 - \omega_m) ((x_r + x_m) i_{rq} + x_m i_{sq}) \\ v_{sq} &= -r_r i_{rq} - (1 - \omega_m) ((x_s + x_m) i_{rd} + x_m i_{sd}) \end{aligned} \quad (14)$$

2. ЕФЕКТИВНА СТОЙНОСТ НА ТОКА НА КЪСО СЪЕДИНЕНИЕ

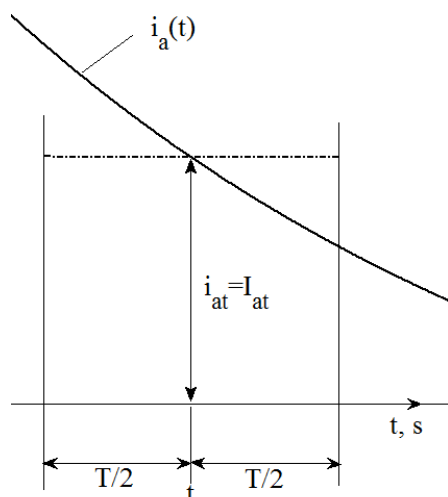
По класическите методи, известни от литературата [7], ефективната стойност на тока на късо съединение в даден момент от време t може да се изчисли, като средно-квадратична стойност на този ток за един период от време, в средата на който се намира даденият момент t :

$$I_k(t) = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{t-\frac{T}{2}}^{t+\frac{T}{2}} i_{kt}^2 \cdot dt} \quad (15)$$

Изчисляването на интеграла **Error! Reference source not found.** със сложна функция каквато е $i_{kt} = f(t)$, не е удобно за практически решения. Затова се допуска, че амплитудите за дадения период T на периодичната и аperiodичната съставлящи остават постоянни (Фиг. 6 и Фиг. 7).



Фиг. 6 Относно изчисляването на ефективната стойност на периодичния ток



Фиг. 7 Относно изчисляване на ефективната стойност на аperiодичния ток

$I_{n,max,t}$ е амплитудната стойност на периодичния ток по обвивната му крива. Ефективната стойност на периодичния ток, съгласно приетото допускане, се изчислява чрез известния израз:

$$I_{nt} = \frac{I_{n,max,t}}{\sqrt{2}} \quad (16)$$

Ефективната стойност на пълния ток на късо съединение се изчислява с израз:

$$I_{kt} = \sqrt{I_{nt}^2 + I_{at}^2} \quad (17)$$

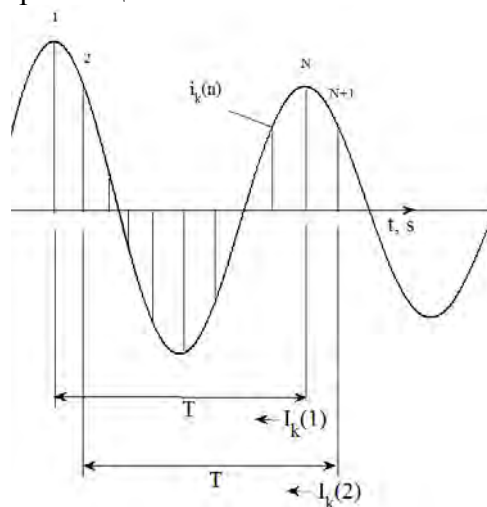
От горните обяснения става ясно, че ефективната стойност на пълния ток на късо съединение ще има максимална стойност още в момента на възникване на повредата.

Ситуацията при цифровите измервателни органи на релейните защиты е различна. Изчисляването на ефективната стойност на пълния ток на късо съединение по дискретни моментни стойности се извършва със следния израз [8]:

$$I_k = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N i_k^2(n)} \quad (18)$$

Тук N е броят на отчетите за един период на хармоника с основна честота, $i_k(n)$ са поредните отчети в рамките на периода. По същество цифровият орган изчислява текущата ефективна стойност, по отчетите един период назад във времето, т.е. при този алгоритъм един времеви прозорец с

ширина T се премества със стъпката на дискретизация Фиг. 8.



Фиг. 8 Изчисляване на ефективна стойност по моментни стойности посредством цифров алгоритъм

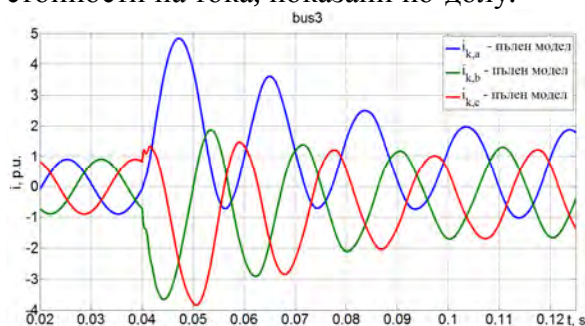
От изложеното по-горе следва, че при цифрово измерване реална ефективна стойност на тока на късо съединение може да се получи едва един период след възникване на повредата, тъй като преди това в отчетния прозорец се включват стойности за $i_k(n)$, които са от нормалния режим на работа.

IV. РЕЗУЛТАТИ ОТ ИЗСЛЕДВАНЕТО

Привеждат се резултати от изчисляването на режими на метално трифазно късо съединение в края на електропровод W1 (възел 1) и края на електропровод W2 (възел 3) на ЕЕС, от Фиг. 1. Изчисленията са проведени с опростен модел, отчитащ само периодичната съставляща на тока, както това е реализирано в програмата PSLF, използвана от служба „режими“ на електроенергийния системен оператор и чрез подробния по-горе описан модел, отчитащ моментните стойности на токовете и реализиран със Simulink. За пълния модел изчисляването на ефективните стойности на периодичната съставляща и на пълния ток е извършено чрез числените алгоритми, използвани в релейните защиты, използвайки дискретните моментни стойности на токовете **Error! Reference source not found..**

На фиг. 9 са показани моментните стойности на токовете на ветроагрегата, изчислени по пълния модел при метално

трифазно к.с. във възел 3, възникнало в 0,04 секунда. Тези моментни стойности са използвани за изчисляване на ефективните стойности на тока, показани по-долу.

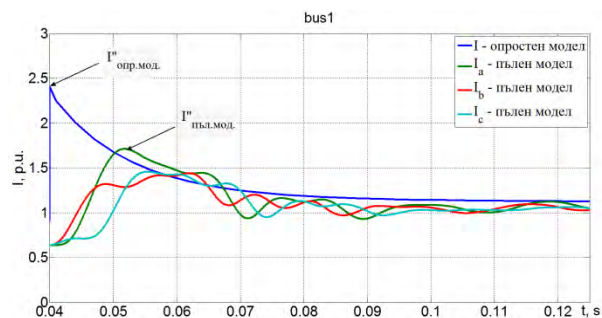


Фиг. 9 Моментни стойности на токовете от вертогенератора при трифазно к.с. във възел 3, изчислени чрез пълния модел

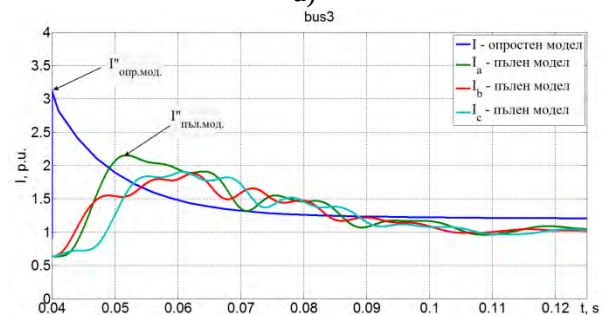
На фиг. 10 са показани резултатите от изчисленията на ефективните стойности на периодичните токове по опростения и пълнен модели. В действителност ефективните стойности на периодичните токове от пълния модел, изчислени чрез цифровия алгоритъм на релейните защиты, съществено се отличават през първия полупериод след възникване на късото съединение от ефективната стойност, изчислена по опростената методика. При това, поради бързото затихване на периодичната съставляща, ефективните стойности на трите фази се различават. Полученият свръхпреходен ток $I''_{опр.мод.}$ чрез опростения модел е с 37%, за к.с. във възел 1, и 43% за к.с. във възел 3, по-висок от полученият чрез пълния модел $I''_{пъл.мод.}$.

На фиг. 11 са показани резултатите от изчисляването на ефективната стойност на периодичния ток по опростения модел и ефективната стойност на правата последователност по пълния модел. Както се вижда тук $I''_{опр.мод.}$ надвишава с 60% за к.с. във възел 1 и с 75% за к.с. във възел 3 този, който ще изчисли релейната защита $I''_{пъл.мод.}$.

Още по-големи различия се получават по отношение на ефективните стойности на пълния ток. Това ясно се вижда от фиг. 12. Началната стойност на пълния ток по опростения модел надвишава с около 90% тази по точния модел.

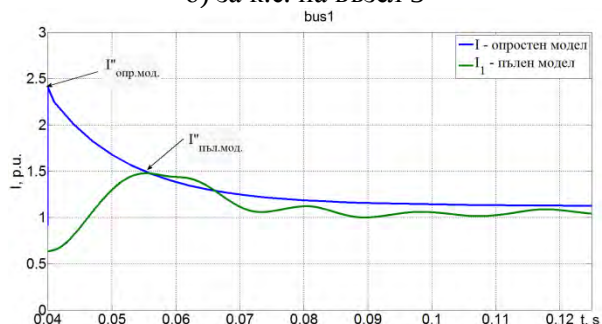


а)

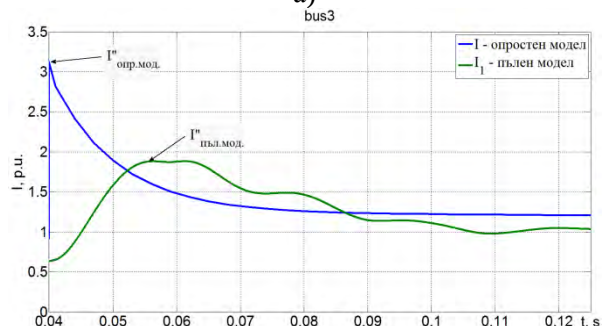


б)

Фиг.10 Ефективна стойност на периодичния ток от опростения модел и ефективни стойности на периодичния ток, за трите фази от пълния модел а) за к.с. на възел 1 и б) за к.с. на възел 3

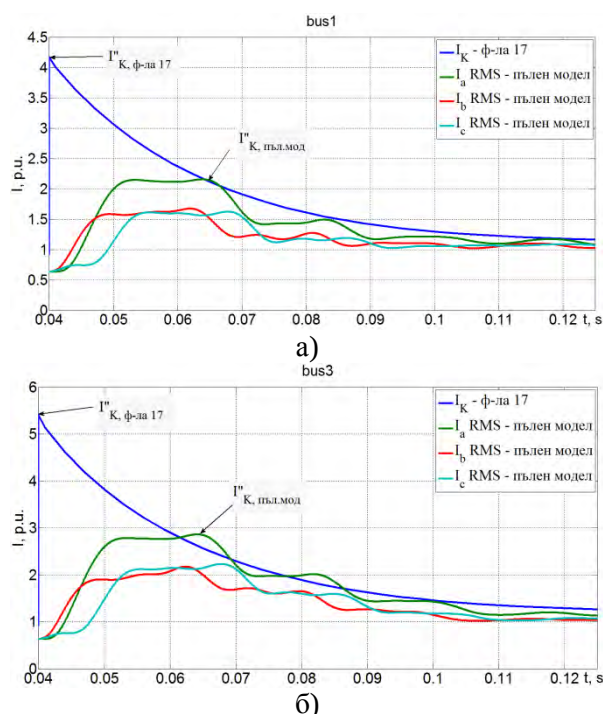


а)



б)

Фиг. 11 Ефективна стойност на периодичния ток от опростения модел и ефективна стойност на правата последователност от пълния модел а) за к.с. на възел 1 и б) за к.с. на възел 3



Фиг. 12 Ефективна стойност на пълния ток, от опростения модел и ефективни стойности на пълния ток, за трите фази от пълния модел
а) за к.с. на възел 1 и б) за к.с. на възел 3

V. ИЗВОДИ

От получените резултати могат да бъдат направени следните основни изводи:

1. Наблюдава се бързо затихване на периодичната съставляща на тока на късо съединение. Изчислената през първия период ефективна стойност е значително по-малка от изчислената по класическите методи с предпоставка, че периодичната съставляща не затихва през първия период;
2. В зависимост от това на каква величина реагират цифровите релейни защиты, които изчисляват съответните ефективни стойности, се получават различни грешки спрямо изчисленияте по опростения класически метод токове на късо съединение;
3. Резултатите показват, че не следва да се прилага класическия подход при изчисляване на токовете за нуждите на релейната защита, за вериги захранвани от ветропаркове, както това се прилага за вериги захранвани от синхронни генератори.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] К. К. Герасимов и Й. Л. Каменов, Моделиране в електроенергийните системи, София: Авангард Прима, 2007.
- [2] К. К. Герасимов и П. П. Нотов, Преходни процеси в електроенергийните системи, София, 1997.
- [3] M. A. Pöller, "Doubly-Fed Induction Machine Models for Stability Assessment of Wind Farms".
- [4] M. Seyed, "Evaluation of the DFIG Wind Turbine Built-in Model in PSS/E," CHALMERS, Göteborg, 2009.
- [5] F. Milano, Power System Modelling and Scripting, Springer.
- [6] J. G. Slootweg, "Wind Power Modelling and Impact on Power System Dynamics," 2003.
- [7] П. П. Нотов, Преходни процеси в електроенергийните системи - част I, София: Техника, 1992.
- [8] M. Novotny and M. Sedlacek, "RMS value measurement based on classical and modified digital signal processing algorithms," *Innovative Design and Paradigms in Instrumentation and Measurements*, vol. 41, no. 3, pp. 236-250, 2008.

За контакти:

инж. Николай Николаев, редовен докторант в Катедра "Електроенергетика" при ЕФ на ТУ-Варна, ул. Студентска № 1, 806Е, n.nikolaev@tu-varna.bg

д.т.н. инж. мат. Крум Герасимов, професор в Катедра "Електроенергетика" при ЕФ на ТУ-Варна, ул. Студентска № 1, 330НУК, k.gerasimov@tu-varna.bg

д-р инж. Юлиан Рангелов, гл. ас. в Катедра "Електроенергетика" при ЕФ на ТУ-Варна, ул. Студентска № 1, 806Е, y.rangelov@tu-varna.bg

Рецензент:

доц. д-р инж. Кольо Тасев – ТУ-Варна

АНАЛИЗ НА ПОТРЕБЛЕНИЕТО НА ЕЛЕКТРИЧЕСКА ЕНЕРГИЯ В ТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ - ВАРНА ОТ КОНСУМАТОРИ В РЕЖИМ НА ГОТОВНОСТ

POWER CONSUMPTION ANALYSIS OF APPLIANCES IN STAND-BY MODE IN TECHNICAL UNIVERSITY OF VARNA

Юлиан Рангелов, Николай Николаев, Константин Герасимов, Крум Герасимов

Резюме: Анализира се проблемът с консумацията на електроенергия в режим на готовност на различни устройства, използвани в ежедневната работа на преподаватели и студенти в Технически университет - Варна. Представени са резултати от електрически измервания, обобщени резултати за целия университет и препоръки за намаляване на разходите за електроенергия.

Ключови думи: електроуреди, разходи, електроенергия, измерване, режим на готовност

Abstract: This article analyses the problem of electrical energy consumption in stand-by mode of different devices, used in the daily work of teachers and students in the technical university of Varna. Results from electrical measurements as well as summarized data for the university are presented. Recommendations for reducing energy expenses are proposed.

Keywords: electrical appliances, expenses, electrical energy, metering, stand-by

I. ВЪВЕДЕНИЕ

Мощността в режим на готовност (stand-by power) е нагледен пример за „похабена“ енергия. По същество, това е енергията, която електроуредите консумират, без реално да извършват това за което са предназначени. По тази причина тази мощност често е наричана „вампирска“. Типовите режими на „stand-by“ могат да бъдат класифицирани по следния начин: режим „без товар“; режим „изключено“; пасивен „stand-by“; активен „stand-by“; режим „sleep“ [1].

Характерно за режима без товар е, че хранящия блок на устройството работи, а хранявания електроуред е с нулева консумация. Характерни примери са всякакъв вид външни хранящи устройства от типа на адаптери, зарядни устройства на телефони и др.

Типичен пример за режим „изключено“ е спрян компютър с команда „Shut down“ или изключен монитор от специално предназначен за това бутон на корпуса му (не се прекъсва физически храняването).

Под пасивен stand-by режим се разбира електроуредът да е „изключен“, но е в готовност да бъде включен чрез дистан-

ционно управление, например телевизор или мултимедиен проектор.

Активен stand-by е режимът, при който устройството е включено, но не изпълнява функциите, за което е предназначено. Към тази категория спадат оставените включени компютърни тонколони или различни мрежови устройства като рутери, модеми или суичове.

В режим „sleep“ различните устройства преминават след известен период, в който не се използват – компютри, монитори и др.

В световен мащаб проблемът е добре известен. Създадени са редица проекти и програми за намаляване на тези загуби. Например в [2] са пресметнали, че изключването на телевизорите вместо режима на готовност ще пести в Испания 40 милиона Евро и ще избягва отделянето на 300,000 тона емисии от CO₂. Друго изследване [2] направено от германската енергийна агенция (DENA) показва, че разходите на година на едно домакинство за „stand-by“ са от порядъка на 70 евро при цена на електроенергията 20 евроцента за киловатчас. Най-мощната инициатива е наречена „1 WATT PLAN“ [1, 3] (Планът - един ват), чиято цел е производителите на електрон-

на техника да намалят потреблението на „stand-by“ на един ват или по-малко.

II. ТОЧНОСТ НА ИЗМЕРВАНЕТО

Ако товарът е чисто активен диапазон на мощностите, които са обект на измерване, са в порядъка от 0 до 20 W, респективно токовете при напрежение 220 V са в обхвата от 0 до 0.1 A. За да бъдат направени такива измервания с голяма прецизност се изисква скъпа апаратура с доказан клас на точност. Избраният подход, е да се използва достъпно, евтино, мултифункционално измервателно устройство с клас на точност 5, измерващо токове в диапазон от 0.001 до 16 A, напрежение от 70 до 250 V, активна мощност, фактор на мощността и др.

III. РЕЗУЛТАТИ ОТ ИЗМЕРВАНИЯТА

В изследването са включени различни устройства, които ежедневно се използват от преподаватели или студенти. Това са компютри, техните монитори, активни тонколони, лаптопи, проектори, мрежови устройства и др.

В табл. 1 са показани обобщени резултати от измерванията. Изследваните устройства са избирани на случаен принцип, като е наблегнато на това да са както от старо, така и от ново поколение. Тук са представени максималните и минималните отчетени стойности, и усреднените мощности за даден тип електроуред.

Табл. 1. Резултати от измерванията

Устройство	P_{cp}	$P_{мин}$	$P_{макс}$	Брой измервания
	W	W	W	-
Компютър	1.8	0.5	4.8	11
Монитор	1.1	0.3	3.9	10
Тонколони	2.1	1.1	3.6	5
МФУ	10.3	2.8	18.6	5
Лазер. пр.	4.2	0.7	8.2	8
Маст. пр.	3.5	3.5	3.5	1
Матр. пр.	9.2	9.2	9.2	1
Дест Тел.	3.1	1.9	3.9	3
Скенер	9.0	8.7	9.2	2
Проектор	7.9	0.8	18.5	4
Лаптоп	0.8	0.2	1.5	6
Рутер	5.1	4.4	6.1	3
Set-top box	9.5	8	11	2

Ако предположим, че едно работно място включва компютър, монитор, принтер и тонколони, то в съответствие с табл. 1 може да се пресметне, че средната мощност за „stand-by“ е 5 W. От 8760 часа в годината, като се извадят работните часове за 42 работни седмици (1680 часа) се получават 7080 часа, през които се изразходва „вампирска“ мощност (35.4 kWh). Това означава, че за една година едно работно място струва 6.65 лв., при крайна цена на електроенергията 0.1886 лв. с ДДС (при еднотарифно измерване). В табл. 2 са дадени общите приблизителни разходи за ТУ-Варна, като данните за общия брой устройства е предполагаем.

Трябва да се обърне внимание и на ниските стойности на фактора на мощността в „stand-by“ (табл. 3). Това означава, че в пълната мощност преобладава реактивната компонента, която също като активната мощност поражда загуби на мощност в проводниците. Тези загуби сравнени с общите загуби от „stand-by“ са с относително малък дял, но пораждат интерес за бъдещи анализи.

Табл. 2. Обобщени годишни разходи за електроенергия за „Stand-by“

Вид техника	брой	средна консумирана мощност в stand-by	часове в stand-by режим	електроенергия за годината от stand-by	разходи
	-	W	h	kWh	лв
Компютърна конфигурация (компютър, монитор и тонколони)	1500	5	7080	53100	10014
Преносими компютри	200	0,8	7080	1133	213
Принтери и МФУ	390	12,4	7080	34239	6457
Мултимедийни проектори	100	7,9	7080	5593	1055

Общо 17 739 лв.

Данните, публикувани в [1, 4, 5], потвърждава достоверността на представените резултати.

Табл. 3. Резултати за пълната мощност

Устройство	$P_{изм}$ W	$I_{изм}$ A	$\cos\varphi$ -	$S_{изч}$ VA
компютър 1	4,8	0,049	0,46	10,43
компютър 2	1,17	0,036	0,14	8,36
монитор 1	0,48	0,014	0,14	3,43
монитор 2	3,9	0,047	0,35	11,14
тонколонки 1	2,04	0,022	0,4	5,10
тонколонки 2	2	0,015	0,58	3,45
принтер 1	0,4	0,016	0,1	4,00
принтер 2	1,3	0,02	0,28	4,64
МФУ 1	6,1	0,054	0,5	12,20
МФУ 2	13	0,103	0,56	23,21
проектор 1	5,2	0,048	0,47	11,06
проектор 2	18,5	0,182	0,46	40,22

IV. ИЗВОДИ

Най-вероятно на фона на общите разходи за електроенергия в университета, разходите, предизвикани от “stand-by” режими, изглеждат незначителни, но това са много пари, от гледна точка на бюджета на една катедра.

Избягването на тези разходи е много лесно приложимо с мотивирането или задължаването на работещите в университета да изключват физически електронните устройства на работното си място след края на работния ден.

Инвестирането в разклонители, които имат бутон за прекъсване на захранването е добра идея, която ще се изплати бързо. Компютърните лаборатории трябва задължително да имат централно изключване на захранването.

Ефектът от предложените мероприятия за намаляване на консумацията може да бъде приложен във всяка обществена сграда или частен дом. По този начин ще се постигне глобален ефект за намаляване излишно изразходваната електроенергия.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Y. Kim, "Korea's 1-watt plan "Standby Korea 2010", " in *World Energi Congress*, Montreal, 2010.
- [2] B. Dahlbom, H. Greer, C. Egmond и R. Jonkers, Да променим енергийното поведение, Ormobook, 2009.
- [3] A. Meier и B. Lebot, One Watt Initiative : a Global Effort to Reduce Leaking Electricity, 2003.
- [4] B. Lebot, A. Meier и A. Anglade, „Global Implications of Standby Power Use,“ в *ACEEE Summer Study on Energy Efficiency in Buildings*, California, 2000.
- [5] J. P. Ross и A. Meier, „Whole-House Measurements of Standby Power Consumption,“ в *Second International Conference on Energy Efficiency in Household Appliances*, Naples, 2000.

За контакти:

д-р инж. Юлиан Рангелов, гл. ас. в Катедра “Електроенергетика” при ЕФ на ТУ-Варна, ул. Студентска № 1, 806Е, y.rangelov@tu-varna.bg

инж. Николай Николаев, редовен докторант в Катедра “Електроенергетика” при ЕФ на ТУ-Варна, ул. Студентска № 1, 806Е, n.nikolaev@tu-varna.bg

инж. Константин Герасимов, редовен докторант в Катедра “Електроенергетика” при ЕФ на ТУ-Варна, ул. Студентска № 1, 330НУК, kk.gerasimov@tu-varna.bg

д.т.н. инж. мат. Крум Герасимов, професор в Катедра “Електроенергетика” при ЕФ на ТУ-Варна, ул. Студентска № 1, 330НУК, k.gerasimov@tu-varna.bg

Рецензент:

доц. д-р инж. Йончо Каменов, ТУ-Варна

МЕТОДИКА И КОМПЮТЪРНА ПРОГРАМА ЗА ИЗЧИСЛЯВАНЕ ВЪВ ФАЗНИ КООРДИНАТИ НА НЕСИМЕТРИЧНИТЕ УСТАНОВЕНИ РЕЖИМИ В ЕЛЕКТРОРАЗПРЕДЕЛИТЕЛНИТЕ МРЕЖИ

ALGORITHM AND COMPUTER SOFTWARE FOR PHASE COORDINATES CALCULATION OF ASYMMETRIC STEADY-STATE FLOWS IN ELECTRICAL DISTRIBUTION GRIDS

Крум Герасимов, Константин Герасимов, Николай Николаев

Резюме: В статията се привежда методичната основа на разработената от авторите компютърна програма в програмна среда MATLAB за изчисляване на режимите във фазни координати на разпределителните мрежи, отчитаща всички техни особености. С програмата могат да се изчисляват както нормални режими, така и аварийни режими с еднократни или многократни повреди.

Ключови думи: несиметричен режим, електрически разпределителни мрежи, фазни координати

Abstract: In this paper the methodical ground for computer software developed by the authors is proposed. The software is MATLAB based and calculates the steady-state in phase coordinates as well as single and multiple disturbances in electrical distribution grids accounting all their particularities.

Keywords: asymmetric steady-state, electrical distribution grids, phase coordinates

I. ВЪВЕДЕНИЕ

Компютърните програми, които използват диспечерските управления за изчисляване на режимите в електроенергийната система (ЕЕС), са основани на метода на симетричните съставящи. Известните предимства на метода [1] обаче се проявяват само ако съставните елементи на ЕЕС са със схемна и фазна симетрия. На практика може да се приеме, че такава симетрия е налице за преносните и системобразуващите мрежи на ЕЕС. Именно за изчисляване на режимите на тези мрежи се използват конвенционалните програми. Тези програми не са пригодни за изчисляване на режимите в разпределителните мрежи за средно и ниско напрежение. Електропроводите за средно напрежение са къси и при тях не се извършва транспозиция за симетриране на схемните параметри. Мрежите за ниско напрежение са с конструктивни особености (налице са участъци с различен брой проводници) и към тях се присъединяват еднофазни потребители, поради което и нормалните установени режими на тези мрежи са несиметрични.

До неотдавна, електрическата енергия в нашата ЕЕС се произвежда централизирано в електрическите централи. Разпределителните мрежи се захранват едно-

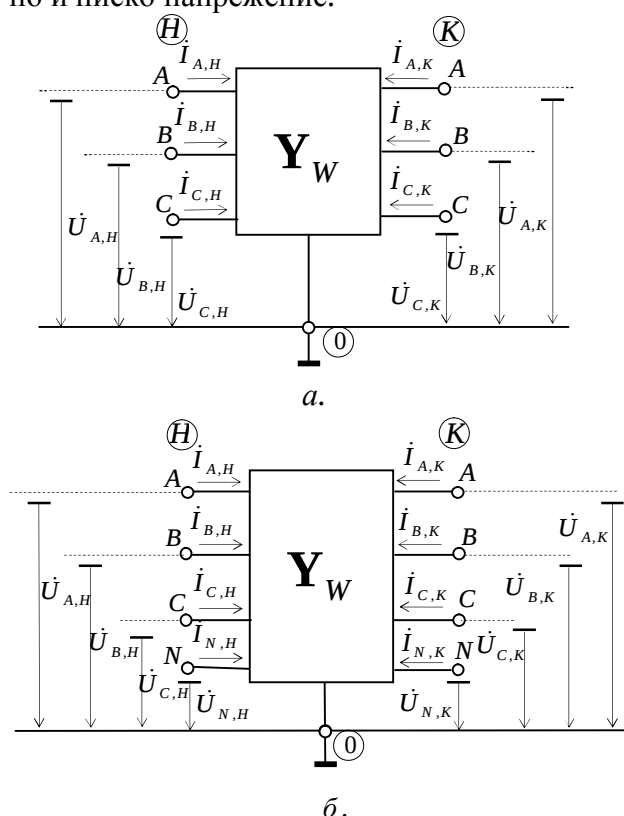
транно от понижаващи трансформатори. Това позволява изчисляване на режимите в тях, да се извършва с опростени инженерни методики. Напоследък обаче с бързи темпове се преминава и към децентрализирано електропроизводство, основно чрез възобновяемите енергийни източници (ВЕИ). Голяма част от тези източници се присъединяват към разпределителните мрежи. Мрежите стават вече многостранно захранени. Регулирането на нивата на напрежение вече не може да става само с понижаващия трансформатор. Неприложими са и инженерните методики за изчисляване на режимите. Възниква необходимост от повишаване на точността на изчисляването и анализирането на режимите в тези мрежи.

II. ОСНОВНИ СВЕДЕНИЯ ЗА МАТЕМАТИЧНИТЕ ОПИСАНИЯ НА ЕЛЕМЕНТИТЕ НА МРЕЖАТА

Прието е математичните описания на установените режими на елементите на мрежата да се съставят във фазни координати [1]: 1 - създава се възможност за отчитане на неизбежната схемна несиметрия, с което се повишава точността на изчислението; 2 - работи се с реалните фазни токове и напрежения, което означава намаляване на изчислителния обем, защото не е

необходимо да се премине от изчислителни координати към реалните величини; 3 - създават се алгоритмични удобства за автоматизирано формиране на математичното описание на мрежата и отразяване на повредите в нея.

Елементите на разпределителните мрежи са електропроводите (въздушни и кабелни), трансформаторите, товарите, генериращите източници и ЕЕС. Системата се обобщава към шините за високо напрежение на понижаващите трансформатори с един еквивалентен източник. Математичните описания на тези елементи се съставят така, че да се свързват фазните токове и напрежения на изводите им, без участието на вътрешни за елемента режимни параметри, т.е. съставят се системни модели, записани под формата на възловата система уравнения. На фиг.1 са показани структурно моделите на електропровод за средно и ниско напрежение.



Фиг. 1 Структура на системния модел на електропровод: а) за средно напрежение; б) за ниско напрежение

Както беше отбелязано по-горе, при електропроводите ниско напрежение винаги има нулев проводник (N), а фазните проводници могат да бъдат един, два или

три. На фиг.1.б. е показан случай на трифазен електропровод, с каквито се изгражда основната част от мрежата ниско напрежение. Ясно е, че математичните описания на елементите на мрежата за средно напрежение ще се съставят в добре известната триосна фазна координатна система [1], а за ниско напрежение – в четириосна координатна система [2]. Ето защо тук се привеждат основни математични съотношения само за мрежа ниско напрежение. На фиг.1.б. съответства следното възлово уравнение.

$$\mathbf{Y}_W \cdot \mathbf{U}_W = \mathbf{I}_W \quad (1)$$

където: $\mathbf{Y}_W$ е квадратна матрица 8×8 от възловите проводимости на електропровода;

$\mathbf{U}_W$ – вектор на фазните напрежения в началото (H) и края (K) на електропровода,

$$\mathbf{U}_W = [\dot{U}_{A,H}, \dot{U}_{B,H}, \dot{U}_{C,H}, \dot{U}_{N,H}, \dots, \dots, \dot{U}_{A,K}, \dot{U}_{B,K}, \dot{U}_{C,K}, \dot{U}_{N,K}]^T;$$

$\mathbf{I}_W$ – вектор от фазните токове, входящи в началото и края на електропровода, т.е.

$$\mathbf{I}_W = [\dot{I}_{A,H}, \dot{I}_{B,H}, \dot{I}_{C,H}, \dot{I}_{N,H}, \dot{I}_{A,K}, \dot{I}_{B,K}, \dot{I}_{C,K}, \dot{I}_{N,K}]^T$$

Матрицата $\mathbf{Y}_W$ може да се разглежда като съставена от три матрици, т.е.

$$\mathbf{Y}_W = \mathbf{Y}_L + \mathbf{Y}_C + \mathbf{Y}_{ПЗ}$$

Матрицата $\mathbf{Y}_L$ отразява влиянието на активните и индуктивни съпротивления за честотата 50 Hz на електропровода и се изчислява чрез съотношението:

$$\mathbf{Y}_L = \mathbf{Z}^{-1} \cdot \mathbf{W}$$

където $\mathbf{W}$ е структурна матрица, отразяваща броя на проводниците и фазовото им редуване;

$\mathbf{Z}$ е матрица от собствените на проводниците и взаимните между тях съпротивления, т.е.

$$\begin{cases} Z_{ii} = R_i + R_3 + j314(L_i + L_3); \\ Z_{ij} = R_3 + j314(M_{ij} + L_3); \\ i = A, B, C, N; j = A, B, C, N. \end{cases} \quad (2)$$

където:

R_i – активното съпротивление на i -тия проводник за работната му температура ;

R_3 – активното съпротивление на земята за ток с честота 50 Hz ;

L_3 – индуктивността на земята по трасето на електропровода за ток с честота 50 Hz ;

L_i – индуктивността на i -тия проводник ;

M_{ij} – взаимната индуктивност между i -тия и j -тия проводник.

Тези схемни параметри на електропровода се изчисляват чрез известните формули от [1]. Матрицата $\mathbf{Y}_C$ отразява капацитетите между проводниците на електропровода и между тях и земята. Тези капацитети се съсредоточават по половината в началото и в края на електропровода, затова $\mathbf{Y}_C$ е блоково диагонална. За изчисляването на капацитетите на въздушните електропроводи е уместно да се използва методиката от [1], основана на потенциалните коефициенти, а за кабелните електропроводи (ако липсват каталожни данни) може да се използва известната ни от [3] връзка:

$$L \cdot C = \mu_0 \cdot \varepsilon_0 \quad (3)$$

където ε_0 е диелектричната константа, а μ_0 – магнитната константа.

Нулевият проводник N се заземява повторно многократно на разклонения, крайни стълбове и в електрическите табла [4]. Този факт се отразява в матрицата $\mathbf{Y}_{\Pi 3}$ на електропроводните участъци.

Ако в електропроводния участък няма повторно заземяване, то $\mathbf{Y}_{\Pi 3}$ е нулева. Ако има повторно заземяване през переходното съпротивление на заземителя $R_{\Pi 3}$, например във възел K , то $\mathbf{Y}_{\Pi 3}$ ще има вида:

$$\mathbf{Y}_{\Pi 3} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{R_{\Pi 3}} \end{bmatrix} \quad (4)$$

Товарите в мрежите ниско напрежение са с регулиращ ефект в относителни единици близък до 2. Това е така, защото доминиращи в товарите са статичните потребители. Това е основание товарите да се представят с импеданси, съответстващи на номиналните параметри на потребителите.

Възловото описание на товарите е във вида:

$$\mathbf{Y}_B \cdot \mathbf{U}_B = \mathbf{0} \quad (5)$$

където $\mathbf{U}_B$ е векторът на напреженията на фазните и нулевият проводник спрямо нулевата шина, т.е. $\mathbf{U}_B = [\dot{U}_A, \dot{U}_B, \dot{U}_C, \dot{U}_N]^T$;

$\mathbf{Y}_B$ е матрица на възловите проводимости на товара 4×4 и се изчислява по два начина в зависимост от характера на товара.

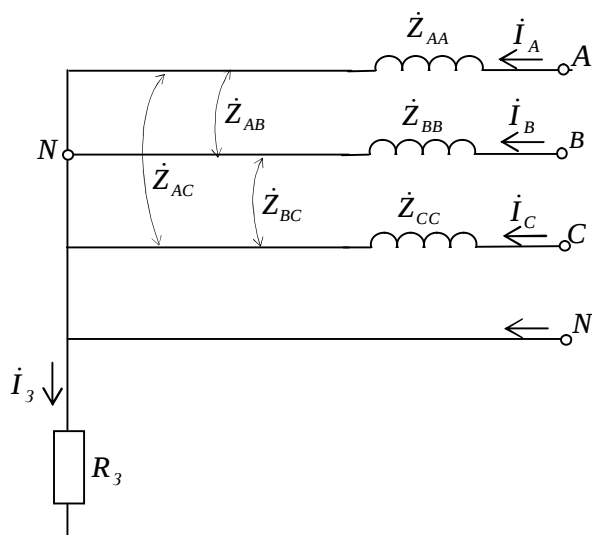
$$\mathbf{Y}_B = \begin{bmatrix} Y_A & 0 & 0 & -Y_A \\ 0 & Y_B & 0 & -Y_B \\ 0 & 0 & Y_C & -Y_C \\ -Y_A & -Y_B & -Y_C & Y_A + Y_B + Y_C \end{bmatrix} \quad (6)$$

където ненулевите елементи се изчисляват чрез активната мощност P и фактора на мощността $\cos \varphi$ на товарите, свързани към отделните фази, т.е.

$$Y_S = \frac{P_S \cdot e^{j\varphi_S}}{U_{H\Phi}^2 \cdot \cos \varphi_S}, \quad S = A, B, C \quad (7)$$

По аналогичен начин се формира $\mathbf{Y}_B$ и при еднофазни товари, свързани към непълнофазни участъци от мрежата.

Трифазните консуматори без магнитна връзка между отделните фази, независимо от начина на свързване, могат да бъдат представени като три еднакви еднофазни консуматори, както е описано по-горе. Трифазните консуматори с магнитна връзка между фазите, каквито са двигателите, се характеризират и със защитно зануляване, както това е показано на фиг.2.



Фиг.2 Принципна схема на трифазен товар с магнитна връзка между фазите

Както се вижда, за такива елементи са налице пет клонови тока. Това означава, че матрицата от клоновите съпротивления и взаимните съпротивления между клоновете ще е от вида:

$$\mathbf{Z}' = \begin{bmatrix} Z_{AA} & Z_{AB} & Z_{AC} & 0 & 0 \\ Z_{BA} & Z_{BB} & Z_{BB} & 0 & 0 \\ Z_{CA} & Z_{CB} & Z_{CB} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & R_z \end{bmatrix}.$$

Матрицата $\mathbf{Z}'$ се преобразува в матрица на контурните съпротивления за четирите изводни токове, чрез структурната матрица $\mathbf{C}$ на клоновете и контурните токове, т.е.

$$\mathbf{Z}_K = \mathbf{C}^T \cdot \mathbf{Z}' \cdot \mathbf{C} \quad (8)$$

Където:

$$\mathbf{C} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}.$$

Тогава, за възловата матрица на проводимостите се получава: $\mathbf{Y}_B = \mathbf{Z}_K^{-1}$.

Захранващите източници – обобщената система и месните ВЕИ генератори, се представят като източници на ток.

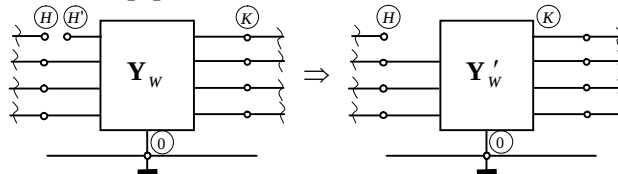
III. МЕТОДИКА НА ИЗЧИСЛЕНИЕТО

Изчислението минава през следните етапи:

1. *Формиране на математичното описание на електроразпределителната мрежа.*

Използва се структурният подход. Първо се формират възловите описания на съставните елементи по начина, описан по-горе. Ако ще се изчислява режим с надлъжни повреди, се коригира възловото описание на елемента с повреда и се формират матриците на възловите описания на напречните повреди.

На фиг.3 е показана надлъжна повреда – прекъснат проводник в началото на електропроводен участък. Както се вижда, появява се нов възел H' , което ще наруши структурата на описанието. Затова, новият възел се изключва чрез преобразуване на възловото описание на елемента, чрез метода на Гаус по схемата на единственото деление [5].



Фиг.3 Преобразуване на възловото описание на елемент с надлъжна несиметрия – едностранно прекъснат проводник

Напречните повреди са късите съединения. Те биват метални или през електрическа дъга. Формално късите съединения могат да бъдат отразени в модела чрез приравняване на напрежения на засегнатите от късото съединение проводници. Но като се отчете факта, че при изчисляването на токовете на късо съединение в мрежите ниско напрежение задължително се отчитат и преходните съпротивления на комутационните апарати, на болтовите съединения и съпротивленията на токовите трансформатори в късо съединената верига, следва че и металните къси съединения могат да се третират като възникнали през определено преходно съпротивление, както тези през електрическа дъга. Затова се формира възлово описание на напречно включен елемент (товар), отразяващ късо-

то съединение по един и същи начин за металното и през електрическата дъга съединение чрез проводимостта на преходно-то съпротивление, т.е. $Y_{\Pi} = 1/R_{\text{преход}}$.

Структурата на матрицата на елемента, моделиращ трифазно (3), двуфазно (2) между фази B и C , двуфазно със земя (1,1) между фази A и B и еднофазно (1) на фазата A къси съединения е съответно от вида:

$$\begin{aligned}
 Y_{\text{к.с.}}^{(3)} &= \begin{bmatrix} Y_{\Pi} & 0 & 0 & -Y_{\Pi} \\ 0 & Y_{\Pi} & 0 & -Y_{\Pi} \\ 0 & 0 & Y_{\Pi} & -Y_{\Pi} \\ -Y_{\Pi} & -Y_{\Pi} & -Y_{\Pi} & 3 \cdot Y_{\Pi} \end{bmatrix}; \\
 Y_{\text{к.с.}}^{(2)} &= \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & Y_{\Pi} & -Y_{\Pi} & 0 \\ 0 & -Y_{\Pi} & Y_{\Pi} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}; \\
 Y_{\text{к.с.}}^{(1,1)} &= \begin{bmatrix} Y_{\Pi} & 0 & 0 & -Y_{\Pi} \\ 0 & Y_{\Pi} & 0 & -Y_{\Pi} \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -Y_{\Pi} & -Y_{\Pi} & 0 & -2 \cdot Y_{\Pi} \end{bmatrix}; \\
 Y_{\text{к.с.}}^{(1)} &= \begin{bmatrix} Y_{\Pi} & 0 & 0 & -Y_{\Pi} \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ -Y_{\Pi} & 0 & 0 & -Y_{\Pi} \end{bmatrix}. \quad (9)
 \end{aligned}$$

Общото описание на електрическата мрежа се формира чрез алгоритъма за формиране на възловото описание на еднофазна линейна верига [1]. Разликата е само в това, че тук се използват проводимостите на клоновите елементи, а матричните проводимости в описанията на съставните елементи на мрежата, включително и на товарния елемент, отразяват късите съединения. Общото описание на мрежата е от вида:

$$Y_{EEC} \cdot U_{EEC} = J_{EEC} \quad (10)$$

където Y_{EEC} е квадратна матрица с размери $4n \times 4n$, където n е броя на възлите в еднолинейната принципна схема на мрежата;

U_{EEC} – вектор $4n \times 1$ от напреженията на проводниците във възлите спрямо нулевата шина на модела;

J_{EEC} – вектор $4n \times 1$ от задаващите токове във възлите. За отбелязване е, че в този вектор ненулеви са само елементите, съответстващи на възлите с генериращи източници.

2. Решаване на системата уравнения (10), т.е.

$$U_{EEC} = Y_{EEC}^{-1} \cdot J_{EEC} \quad (11)$$

3. Изчисляване на токовете в елементите.

Използват се възловите описания на елементите, т.е.

$$I_{\text{елем.}} = Y_{\text{елем.}} \cdot J_{\text{елем.}} \quad (12)$$

Както беше пояснено по-горе, за всички елементи за положителни посоки на токовете се приема насочване навътре в елемента.

4. Изчисляват се входящите мощности в елементите чрез съотношението:

$$S_{\text{елем.}} = U_{\text{елем.}}^T \cdot I_{\text{елем.}}^* \quad (13)$$

За преносните елементи се изчисляват и загубите на мощност като сума от входящите мощности в елемента.

IV. КОМПЮТЪРНА ПРОГРАМА

На базата на описаната по-горе методика е разработена компютърна програма, реализирана в програмна среда MATLAB. За реализирането на отделните точки от методиката са разработени шест функции.

С цел удобство при използването програмния продукт в диалоговия прозорец са предвидени възможности на задаване на изходната информация за изследваната електрическа мрежа и за параметрите,

които трябва да бъдат извеждани като резултат.

Предвидена е възможност, за използване на каталози с основните схемни параметри на съставните елементи на мрежата. Изходната информация за мрежата се свежда само до номера на елемента в каталога, дължина на електропроводите и възли на свързване.

С оглед на удобства при анализа на изчисления режим резултатите се представят в съответни таблични форми, чрез алгебричен и експоненциален начин на представяне на комплексните числа.

Работоспособността на програмата е доказана при многобройни изчисления на нормални и аварийни режими в реални електрически разпределителни мрежи.

V. ИЗВОДИ

– Програмата ще се внедри и в учебния процес със студентите от специалност „Електроенергетика“, по учебната дисциплина „Компютърни изследвания в ЕЕС“;

– Използването на програмата ще доведе до повишаване на точността на изчисляване на режимите в разпределителните мрежи чрез отчитане на конструктивните и режимните особености. За тези мрежи това е основа за качествен анализ на състоянието на мрежата в нормални режими, от гледна точка на нивата на напреженията и на загубите на мощност и енергия;

– Програмата позволява да се моделират произволни по сложност повреди, от рода на къси съединения и прекъсване на проводници. Резултатите от изчисленията на такива режими са основа за правилна оценка на защитните мероприятия от индиректен допир и действията на защитните апарати.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] К. К. Герасимов и Й. Л. Каменов, Моделиране в електроенергийните системи, София: Авангард Прима, 2007.
- [2] К. К. Герасимов, Б. Лечева и Й. Л. Каменов, „математично описание на мрежови трансформатори в четириосна координатна система,“ *Сборник доклади на Енергиен форум*, pp. 96-99, 1998.
- [3] П. Ионкин, Теоретически основи електротехники II Том, М. Высшая школа, 1976.
- [4] Наредба №3 за устройството на електрическите уредби и електропроводните линии, Обн., ДВ, бр. 90 от 13.10.2004 г. и 91 от 14.10.2004 г. , 2004.
- [5] К. Герасимов, „Изчисляване на режима на електроенергийната система при сложни видове повреди с използване на фазни координати,“ в *Сборник доклади, том 2*, ВМЕИ-Варна, 1984.

За контакти:

д.т.н. инж. мат. Крум Герасимов, професор в Катедра „Електроенергетика“ при ЕФ на ТУ-Варна , ул. Студентска № 1, 330НУК
k.gerasimov@tu-varna.bg

инж. Константин Герасимов, редовен докторант в Катедра „Електроенергетика“ при ЕФ на ТУ-Варна, ул. Студентска № 1, 330НУК
kkgerasimov@tu-varna.bg

инж. Николай Николаев, редовен докторант в Катедра „Електроенергетика“ при ЕФ на ТУ-Варна , ул. Студентска № 1, 806Е
n.nikolaev@tu-varna.bg

Рецензент:

доц. д-р. инж. Йончо Каменов – ТУ-Варна

ИЗСЛЕДВАНЕ ВЛИЯНИЕТО НА СПЕКТЪРА НА СВЕТЛИНАТА ВЪРХУ ЕНЕРГИЙНИТЕ ПОКАЗАТЕЛИ НА ПОЛИКРИСТАЛЕН PV МОДУЛ

INVESTIGATION OF THE INFLUENCE OF THE LIGHT SPECTRUM ON THE ENERGY PARAMETERS OF A POLYCRYSTALLINE PV MODULE

Майк Щреблау, Тодор Пенев, Георги Георгиев

Резюме: При преобразуването на слънчевата енергия посредством PV модули има различни фактори, които влияят върху енергийните показатели на генерираната електрическа енергия. Един от тях се явява и атмосферния състав, който зависи, както от параметрите на околната среда, така и от степента на замърсяване на средата. Това пряко води до изменение на интензитета и спектъра на светлинния поток. Именно това налага изследването на изменението на дължината на електромагнитната вълна върху параметрите на генерираната енергия.

Ключови думи: Слънчеви панели, спектър на светлината, фотоволтаични модули.

Abstract: The conversion of the solar energy using PV modules is influenced by various factors that work on the energy parameters of the generated electricity. One of them is the atmospheric composition, which depends both on environmental parameters and the degree of contamination of the environment. This directly leads to a change of the intensity and spectrum of the light beam. That requires the investigation of the influence of the change in the electromagnetic wave length on the parameters of the generated energy.

Keywords: Solar panels, light spectrum, photovoltaic modules.

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Основният проблем в съвременните системите за преобразуване на светлинната енергия в електрическа е свързан с повишаването на коефициента на полезно действие, който оказва пряко влияние върху себестойността на инсталираните мощности и произведената енергия [1,3]. Основните фактори, от които зависи този параметър, са [1,2]:

- *технология на производство;*
- *наличие на системи за насочване;*
- *състав на атмосферата.*

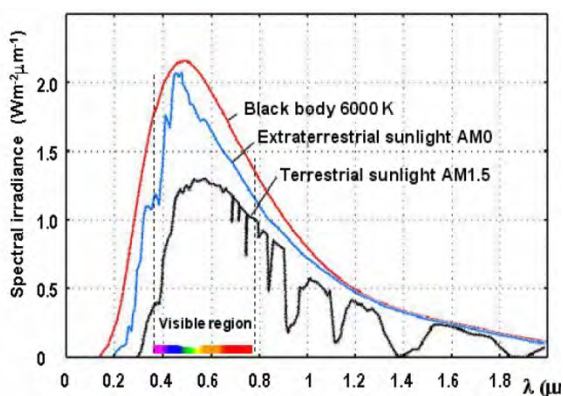
Съществуват два оптични прозореца, през които светлината постъпва върху земната повърхност [1]. Те отговарят на определени дължини на вълната. От енергийна гледна точка основно значение има първия оптичен прозорец с диапазона на дължините на вълната от $0,29 \div 0,8 \mu\text{m}$ [1]

– фиг.1. Поради тази причина върху интензитета и спектъра на светлинния поток влияние оказват следните фактори:

- *характеристики на околната среда;*
- *замърсители на въздуха – твърди частици и газове.*

В литературата [1,2] са показани начините за оценяване състоянието на атмосферата, но не са публикувани резултати за влиянието върху работата на модулите.

За да се оцени влиянието на атмосферния състав върху показателите на генерираната електрическа енергия, е проведено експериментално изследване с PV модул, като за тази цел повърхността му поетапно се облъчва със спектри на светлината, принадлежащи на видимата.



Фиг.1. Спектр на слънчевата радиация [2].

II. ЕКСПЕРИМЕНТ

Експериментът е проведен с поликристален слънчев модул тип STP008-12/Kb, със следните параметри:

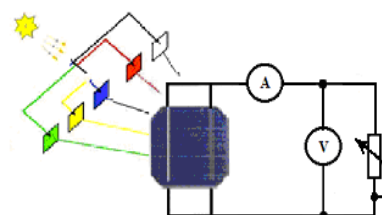
- габаритни размери – 310x366x18;
- напрежение при отворена верига 21,6V;
- оптимално работно напрежение 17,2V;
- ток на късо 0,66A;
- оптимален работен ток 0,58A;
- максимална мощност - 10Wp.

Условията, при които той е проведен, са:

- дата 18.01.2011;
- час 13:00;
- температура 15°;
- панелът е разположен в следните географски координати- северна ширина 43°13'30,38, източна дължина 27°55'27,22;
- надморска височина -135м;
- влажност на въздуха -70%;
- слънчева радиация - 825 W/m²;
- приемащата повърхност е насочена перпендикулярно спрямо постъпващия светлинен поток.

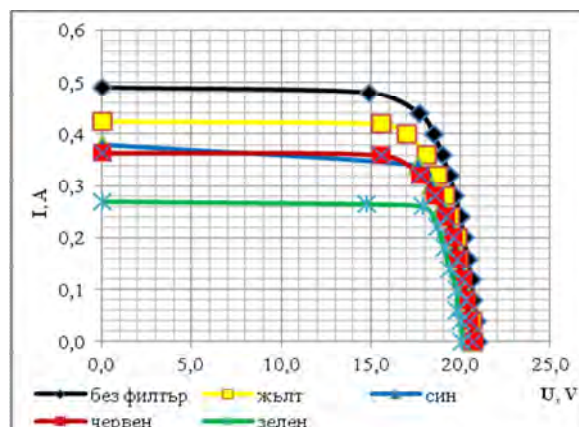
С цел отчитане влиянието на спектъра

на светлината върху работата на слънчевия модул е реализирана схемата, посочена на фиг.2. Стойността на слънчевата радиация е измерена посредством пиранометър (Sunny Sensorbox). За симулиране на различни дължини на светлинната вълна, са използвани съответни цветови филтри - син, червен, зелен и жълт.

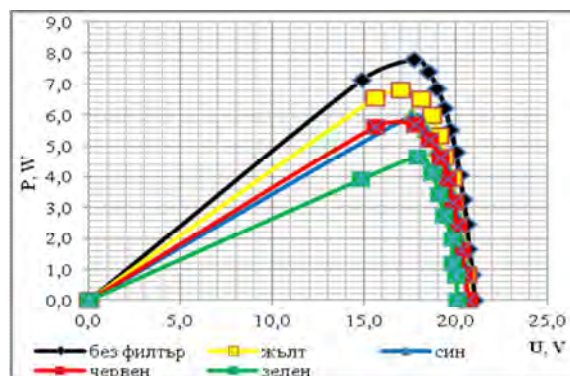


Фиг.2. Схемата за реализиране на експеримента.

Резултатите от проведените експерименти са посочени на фиг.3 и 4.



Фиг. 3. Влияние на спектралния състав на лъчението върху външната характеристика $I=f(U)$ на PV модула.



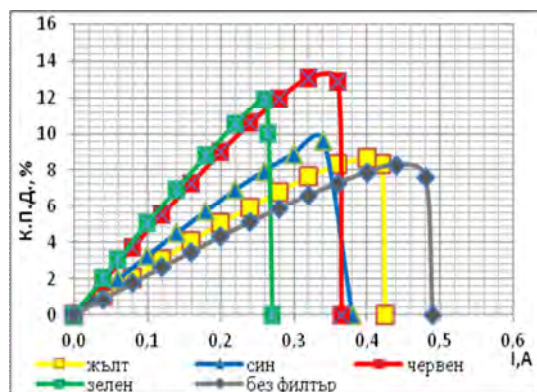
Фиг. 4. Влияние на спектралния състав на лъчението върху мощностната характеристика $P=f(U)$ на PV модула.

III. АНАЛИЗ И ИЗВОДИ

От резултатите представени на фиг.3, 4 се установява: най-ниски стойности на тока и напрежението за разглеждания модул се получава при светлина с дължина на вълната в диапазона от $0,50\div 0,57\mu\text{m}$, лежаща в зеления спектър; вълни в диапазоните от $0,44\div 0,50$ и $0,57\div 0,80\mu\text{m}$ формират основното количество енергия, която се преобразува в електрическа

За оценка на енергийните характеристики на изследвания PV модул, при различни дължини на електромагнитната вълна, е представена графика на изменението на коефициента на полезно действие КПД в зависимост от натоварването и спектъра на светлината – фиг.5.

От графиката се установява значителна разлика в стойностите на КПД при различните спектри, като най-високи са в червения и зеления спектър, докато в жълтия спектър КПД е най-нисък. Максимумите на КПД за всички разгледани спектри са изместени в близост до режима на късо съединение.



Фиг.5. Влияние на спектралния състав върху зависимостта на К.П.Д. от натоварването.

Независимо, че К.П.Д. получен при осветяване с монохроматична светлина – червена и зелена, е над 10%, то К.П.Д. на слънчевия модул при осветяване със

слънчева светлина достига до около $8\div 9\%$. Тази разлика се дължи на спектралния състав на слънчевата светлина и на способността на модула да реагира по различен начин на отделните спектри.

На база на представените резултати, могат да бъдат направените следните няколко изводи:

- Изследваният панел реагира най-ефективно на светлина от червения спектър;
- Максимум на мощността в жълтия спектър основно се дължи на процентното му съотношение спрямо интензитета на видимата светлина.

Проведеното изследване има предимно качествен характер. За оценка енергията на лъчението е необходимо за всяка дължина на вълната чрез изменение на интензитета на потока да се оценят енергийните показатели на PV модула.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Божинов Я., Възобновяеми енергийни източници, Народен будител, Варна, 2003.
- [2] Messenger Rogger A., Venture J., Photovoltaic Systems Engineering, CRC Press LLC, 2004.
- [3] Младенчева Р., Фотоволтаични генератори, Фондация „Ековат технологии“, София.

За контакти:

инж. Майк Щреблау, асистент в Катедра „Електротехника и електротехнологии“ при ЕФ на ТУ-Варна, ул.Студентска №1, 834Е, e-mail: streblau@yahoo.com

инж. Тодор Ванков Пенев, асистент в Катедра „Електротехника и електротехнологии, при ЕФ на ТУ-Варна, ул.Студентска №1, 704Е, e-mail: sipo@abv.bg

Георги Стефанов Георгиев, в Катедра „Електротехника и електротехнологии, при ЕФ на ТУ-Варна, ул.Студентска №1, e-mail: gogo_666@abv.bg

Рецензент: доц. д-р. Христофор Тахрилов

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛ pH-ТОК ВГРАДЕН В КОРПУСА НА pH ЕЛЕКТРОДА

pH TRANSMITTER BUILT IN THE HOUSING OF THE pH SENSOR

Янко Янев

Резюме: Разгледано е едно решение за преобразовател pH-ток, вграден в корпуса на pH електрода, с което се минимизира влиянието на високоомната входна верига. Показана е принципната схема, реализирана на базата на ИС xtr115, оразмеряването на някои елементи от схемата, външният вид и резултати от лабораторни експерименти с преобразователя.

Ключови думи: pH, контрол на pH, корозия.

Abstract: The article presents a design of pH transmitter, built in the housing of the pH sensor, which reduce to minimum the influence of the very high pH sensor impedance. The circuit diagram, based on IC xtr115, some equations, the transmitter-sensor outward form and experimental results are shown.

Keywords: pH, pH transmitter, pH control, corrosion

I. ВЪВЕДЕНИЕ

Един от параметрите на корабните технологични води, подлежащи на контрол, е pH. Чрез поддържане на стойностите на pH в определени граници се ограничава процесът на корозия в съоръженията. Стандартните pH електроди имат високо вътрешно съпротивление ($5 \div 1000\text{M}\Omega$), което изисква електронният блок на pH преобразователите да бъде високоомен – над 10^{12} ома [1,2]. Това създава някои затруднения при експлоатацията. Високоомната верига е чувствителна към електромагнитни смущения, което налага използване на специални кабели с допълнителен вътрешен екран и ограничаване на дължината на кабела до 5 метра [1]. За по-големи разстояния се препоръчва използване на допълнителни усилватели (трансформатори на съпротивление). От друга страна токови утечки, породени от овлажняване и замърсяване на куплунзи, клемореди и др., води до снижаване на съпротивлението и до възникване на грешки. Затова препоръчаните класове на защита са IP54, IP65, IP66, при това за цялата измервателна система. При хранване от електрическата мрежа източник на грешки може да се окаже заземлението. Ако освен общото заземление се получи контакт със „земя” и в друга точка от системата се получава затворен контур, който може да

влие на резултата от измерване. Тези фактори са от особено значение при корабни условия, тъй като влажността е висока, замърсяването също, всички съоръжения са свързани с корпуса. Мерките срещу посочените фактори, специални кабели, куплунзи, кутии и др., могат да доведат до значително оскъпяване на устройствата за контрол на pH в корабни условия.

Задачата на представената разработка е да се предложи вариант на преобразовател на pH, при който влиянието на посочените фактори да се минимизира на приемлива цена. Основната идея се състои във вграждане на самия преобразовател в корпуса на pH електрода. Задачата в конкретния случай се улеснява от това, че не се изисква температурна корекция. Температурната зависимост на pH на използваните химикали е по-голяма от тази на електродите и корекцията се извършва на следващото ниво на системата за контрол, в зависимост от използвания химикал.

II. ИНТЕГРАЛНА СХЕМА XTR115

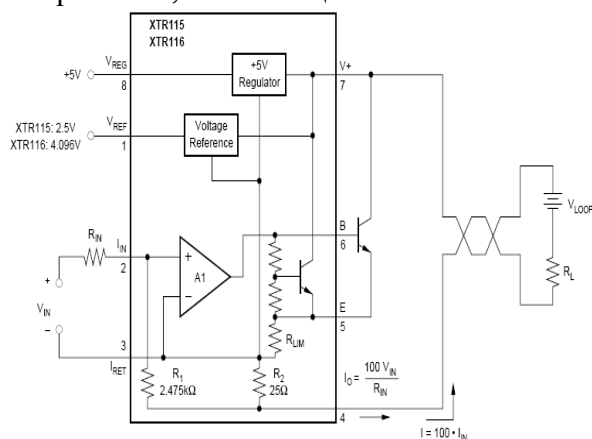
Преобразователят е реализиран на базата на ИС xtr115, на фирмата Burr-Brown [3]. Схемата представлява прецизен двупроводен преобразовател напрежение-ток ($4 \div 20\text{mA}$) – фиг.1. В интегралната схема има вграден регулатор на

напрежение +5V, който може да се използва за захранване на външни схеми, както и прецизен източник на опорно напрежение +2,5V. Извод 3 представлява „вътрешна“ маса, спрямо която се подава входното напрежение. Връзката между входния (извод 2, I_{IN}) и изходния (извод 4, I_O) ток е

$$I_O = 100 \cdot I_{IN} = 100 \frac{U_{IN}}{R_{IN}}, \quad (1)$$

където U_{IN} е входното напрежение, а R_{IN} е съпротивлението на входния резистор (фиг.1).

По-голямата част от изходния ток протича през външния транзистор T1. Според [3] може да бъде използван всеки п-р-п транзистор, отговарящ на изискванията за максимални стойности на напрежение, ток и мощност.



фиг.1. ИС xtr115

III. ПРИНЦИПНА СХЕМА

Принципната схема е показана на фиг.2. За захранване на аналоговата част се използва вътрешният източник на напрежение +5V, като захранващото напрежение е $\pm 2,5V$ спрямо извода за опорно напрежение. Към повторителя на напрежение OP1 се свързва рН електрода. С OP2 е реализиран преобразовател на напрежение – ток [4], чийто изход е свързан към извод 2 на ИС xtr115. С R5 се задава началният ток 4mA. Преобразователят се вгражда в комбиниран рН електрод, (0÷14)pH, на фирмата ABB. Като се има предвид (1), за диапазон на рН 6÷14, токът през извод 2 на ИС xtr115 трябва да бъде 160μA. Тъй като напрежението на рН електрода променя

поляритета си под рН7, чрез резисторите R2 и R3 се осигурява изходен ток 160μA при изменение на входното напрежение от +59,16mV до -414,12mV. За конкретния случай токът през резисторите R2 и R3 и разликата между емитерния и колекторния ток на транзистора T1 могат да се пренебрегнат [4] и стойностите на R4 и отношението $\frac{R3}{R2}$ да се определят от системата уравнения

$$\left(\frac{R3}{R2} + 1\right) \cdot U_{pH14} = 140 \cdot 10^{-6} \cdot R4 \quad (2)$$

$$\frac{R3}{R2} U_0 = 20 \cdot 10^{-6} \cdot R4$$

Където $U_{pH14} = -414,12 \text{ mV}$ е напрежението на електрода за рН=14, а $U_0 = 2,5V$ или

$$R4 = \frac{U_0 \cdot U_{pH14}}{U_0 \cdot 140 \cdot 10^{-6} - U_0 \cdot 20 \cdot 10^{-6}} \quad (3)$$

Отношението $\frac{R3}{R2}$ се определя от

$$\frac{R3}{R2} = \frac{20 \cdot 10^{-6}}{U_0} \cdot R4 \quad (4)$$



фиг.2. Принципна схема

IV. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ РЕЗУЛТАТИ

Външният вид на преобразователя, заедно с рН електрода, е показан на фиг.3.



фиг.3. Външен вид

Таблица 1- резултати от проведените експерименти

pH	6	7	8	9	10	11	12	13	14
U[mV]	+59,16	0	-59,16	-118,3	-177,48	-236,6	-295,8	-354,9	-414,12
I _{изч} [mA]	4	6	8	10	12	14	16	18	20
I _{изм} [mA]	4,1	6,1	8,11	10,11	12,11	14,11	16,13	18,13	20,1
γ[%]	-0,63	-0,63	-0,69	-0,69	-0,69	-0,69	-0,82	-0,82	-0,63

Целта на проведените лабораторни експерименти е да се провери работоспособността на предложената схема и опитно да се установят някои метрологични характеристики. Изискването на възложителя на задачата е да не се прави индивидуална настройка на преобразователите, за сметка на не толкова строги изисквания към метрологичните параметри ($\gamma=1,5\%$). Резултатите от проведените лабораторни експерименти, с произволно избран преобразовател, от една серия (25бр.), са дадени в Таблица 1. Напрежението на pH електрода е симулирано чрез източник на напрежение.

Относителната приведена грешка γ е изчислена по зависимостта

$$\gamma = \frac{I_{изч} - I_{изм}}{20mA - 4mA} * 100. \quad (5)$$

V. ИЗВОДИ И ЗАКЛЮЧЕНИЯ

С разработения преобразовател на pH се прави опит за решаване на обсъжданите в началото проблеми, при удовлетворяване на изискванията на фирма „Грекс“ ЕООД, възложител на задачата. Преобразователят е разработен в катедра „Автоматизация на производството“, при ТУ-Варна. Преобразователят на pH е преминал успешно експлоатационни изпитания и се произвежда от фирма „Грекс“ ЕООД.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1]. „Измерительные технологии pH“, Практическое руководство, ООО „Тэсто Рус“, 2008-2009, http://kip-postavka.ru/testo_cat/pH.pdf, последен достъп 11.2011г.
- [2]. The Theory of pH Measurement”, Application Data Sheet, Rosemount Analytical Inc. 2004
- [3]. www.ti.com/lit/ds/symlink/xtr115.pdf, последен достъп 11.2011г.
- [4]. Клайтън Дж. „Операционни усилватели“, С., Техника, 1982

За контакти:

инж. Янко Янев, гл.ас. д-р в
Катедра „Автоматизация на производството“ при
ФИТА на ТУ-Варна, ул. Студентска № 1, 521НУК
e-mail: yayaney@gmail.com

Рецензент:

доц. д-р инж. Христо Гигов

РАЗРАБОТКА НА КОНТРОЛЕР ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА УЛИЧНО „ЕКО” ОСВЕТЛЕНИЕ

DEVELOPMENT OF CONTROLLER FOR REMOTE CONTROL OF SOLAR “GREEN” LED STREET LAMPS

Янко Янев, Овид Фархи, Христо Христосков

Резюме: Разглежда се разработеният от авторите контролер за дистанционно управление на светодиодни осветителни тела, ориентиран към управление на група лампи за осветление на открити пространства. Показани са блок-схеми на контролера и на алгоритъма на работа. Разгледани са основните характеристики и режими на работа.

Ключови думи: еко лампи, LED лампи, соларни улични лампи.

Abstract: The article presents a controller, developed by the authors, for remote control of group of solar LED lamps installed at public open spaces. The block diagrams of the controller and its work algorithm are demonstrated. The basic features and operating modes are described.

Keywords: solar controller, solar LED street light, solar-powered LED street light

I. ВЪВЕДЕНИЕ

Изчерпването на традиционните източници на енергия прави все по-актуални въпросите за използване на енергоспестяващи технологии и нови енергийни източници.

Светодиодните (LED) осветителни тела са част от отговорите на първата група въпроси. Редица фирми, като Sharp, Shenzhen Bang-Bell Electronics Co, Solkar Solar Industri Limited и др. вече предлагат осветителни тела с мощност над 200 W и светлинен поток над 19000 lm [1,2,3]. Най-често посочваните предимства на този тип осветление са: икономия на електрическа енергия – (35÷40)%; не се използват вредни материали при производството им; дълъг живот – до 60 000 часа (15 години); не привличат насекоми. Последните две характеристики понижават значително разходите за поддръжка на такива осветителни тела.

Слънчевите осветителни системи-съчетание между слънчев панел, акумулатор и светодиоден осветител, дават един от възможните отговори на втората група въпроси. Към изброените предимства се добавят още: използва се енергията на слънцето; няма въглеродни емисии; не е необходимо свързване с електрическата мрежа (липса на кабели); могат да работят при аварийни ситуации.

Има общини в България, които проявяват интерес към реализиране на „еко” осветление на обществени пространства. От друга страна има фирми, които са в процес на разработка на подобно осветление.

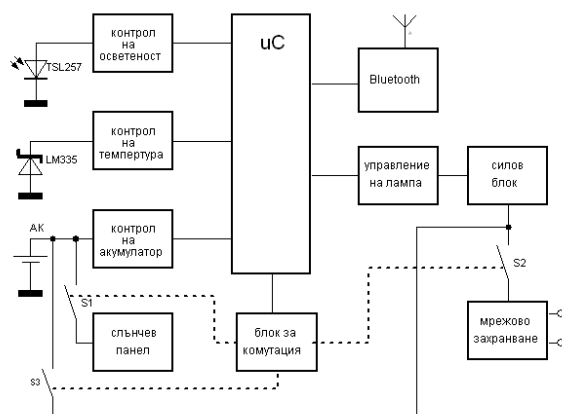
Основните функции на масово предлаганите контролери за управление на работата на слънчевите осветителни системи включват: контрол на състоянието на акумулатора (заряд, разряд); автоматично включване и изключване на лампата вечер и сутрин; задаване на яркост на светене; промяна на яркостта, при наличие или отсъствие на движение на хора, около лампата [4,5].

Целта на предлаганата разработка е да се създаде контролер, притежаващ специфични функции и възможности, които го правят подходящ за управление на група светодиодни лампи за осветление на улици, паркове и др. Режимът на работа и съответните параметри се задават дистанционно на една лампа, най-близката, и след това се разпространяват по редицата. Добавени са и някои функции, освен изброените: възможност за „ръчно” включване на лампите при техническо обслужване; диагностика на състоянието на лампата; различна яркост на светене през различните части на нощта; плавна промяна на яркостта на

разсъмване, контрол на температурата на светодиодния панел и др.

II. БЛОКОВА СХЕМА

Блоквата схема на разработения контролер е показана на фиг.1. Използван е микроконтролер PIC16F876A, на фирмата Microchip. Към аналоговите входове на микроконтролера се подават сигнали от блоковете за осветеност, контрол на състоянието на акумулатора и температурата на корпуса на лампата. Сензорът за осветеност е тип TSL257 и представлява преобразовател на интензивност на светлина в напрежение. Температурата се контролира с интегрален температурен сензор LM335. Напрежението на клемите на акумулатора се подава през резистивен делител на съответния аналогов вход. Входът на силовия блок, управляващ мощността на лампата, е свързан към модул ШИМ на микроконтролера. Блокът за комутация управлява ключовете S в зависимост от режима на работа. Комуникацията между лампите се осъществява чрез Bluetooth модули.



фиг.1.Блокова схема

III. АГОРИТЪМ

Контролерът осигурява три основни режима: сервизен; диагностика; работа по зададени параметри. Първият режим се използва за включване на лампите, при извършване на техническо обслужване. При втория режим могат да се проверят текущите параметри за работа на лампата, напрежението на клемите на акумулатора

и температурата на корпуса. Третият режим представлява работа на лампата по зададен режим и параметри. Възможно е задаване на ниво на максимална яркост на светене, два периода на светене през нощта, с различна яркост. Ако периодът на светене е до 1 час времето може да се задава през 1 минута, а ако е от 1 до 23,5 часа – през 6 минути. Включването на лампата е по зададена осветеност, изключването е по време или зададена осветеност. При достигането ѝ лампата се изключва, може и плавно, дори да не е изтекъл периодът на таймера. Осветеността се задава на 256 нива от светло до тъмно.

Контролът на състоянието на акумулатора се състои в следене на напрежението на клемите му и включване на заряд или разряд, както и промяна на мощността на лампата (ако е избран такъв режим). При напрежение на клемите на акумулатора 11,8V, мощността на лампата се ограничава на 60%, при напрежение 11,4V – на 30% и при напрежение 10,8V – се превключва към електрическата мрежа, ако е предвидено захранване от електрическа мрежа, или лампата се изключва. Зарядът на акумулатора се извършва от слънчевия панел, като при достигане на 14,6V слънчевият панел се изключва.

Комуникацията между лампите е разгледана в [6]. Максималното разстояние е 100 метра. В режим на конфигуриране на лампата се задават и записват в EEPROM „име“ и адрес на Bluetooth, адреси на Bluetooth на предна и следваща лампа. При експлоатация се обменя информация за диагностика на текущото състояние или за промяна на параметри. Ако новите параметри са получени от оператор (PC), лампата ги изпраща по две посоки в редицата, а ако са получени от съседна лампа – в съответната посока. Алгоритъмът на работа е пояснен с блоквата схема на фиг.2.

IV. ИЗВОДИ

Контролерът е разработен в катедра „Автоматизация на производството“ при

ТУ Варна. Позволява използване при различни конкретни случаи – управление на една или повече лампи, захранване само от слънчев панел, мрежа и/или двете и др.

Преминал е успешно експлоатационни изпитания и ще бъде комплектован със светодиодни осветителни тела на фирма “Ledex”, България.

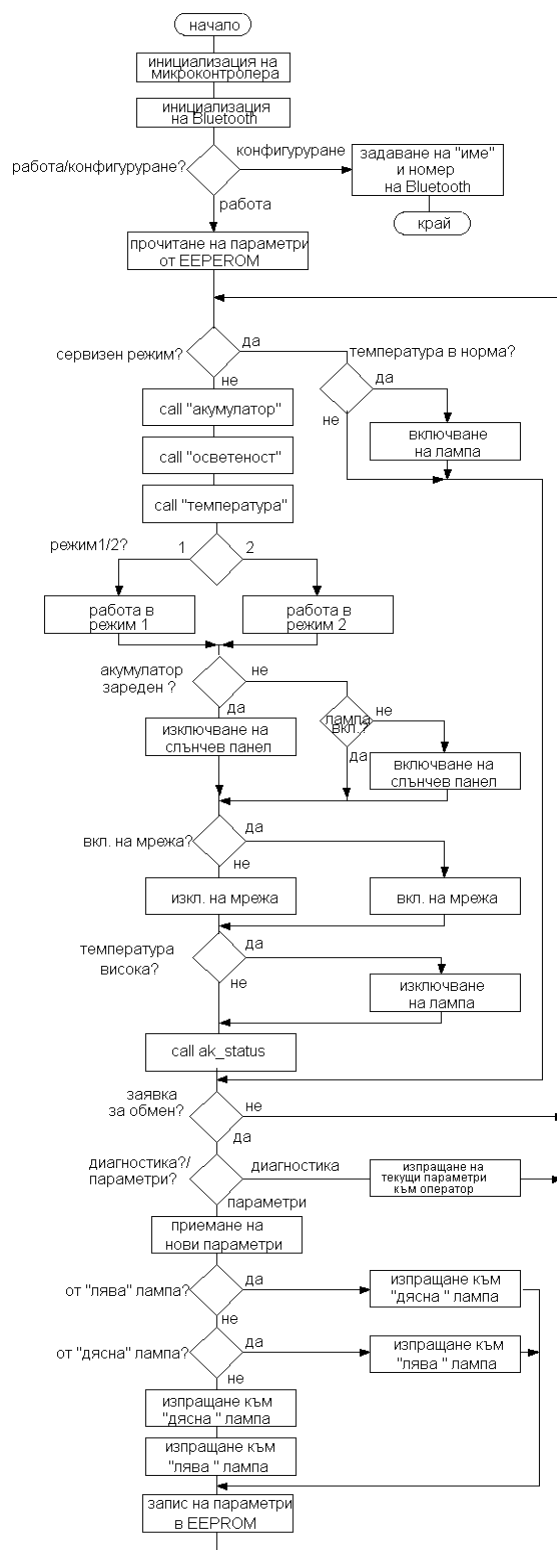
Развитието на идеята включва управление чрез GSM комуникация, което ще позволи реализиране на управление на уличното осветление от диспечер.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1]. “Sharp to introduce new solar-powered LED street lamps”, <http://www.solidstatelightingdesign.com/documents/articles/gsedoc/10780.html>
- [2]. ShenZhen Bang-Bell Electronics Co., www.bbeled.com/solar-led-street-lights/
- [3]. Solkar Solar Industry Limited
- [4]. MPPT Solar Controller, <http://www.mpptsolarcontroller.com/5a-12a-12v-24v-cinco-solar-lamp-controller-regulators.html>
- [5]. “WELLSEE” Solar Controller, <http://www.wellsee.cc/goods-145-WELLSEE+solar+controller+WS-C2415+10A+12V24V.html>
- [6]. Янев Я. Фархи О., Христосков Х., „Модуль для беспроводной связи с микроконтроллером PIC16F876A”, доклад на Международная научно-техническая конференция молодых ученых, аспирантов и студентов “Управление и окружающая среда”, 25-28 април 2011 г. г. Севастополь

За контакти:

инж. Овид Фархи, доцент д-р. в
Катедра “Автоматизация на производството” при
ФИТА на ТУ-Варна, ул. Студентска № 1, 521НУК
e-mail: ovid_farhi@yahoo.com
инж. Янко Янев, гл.ас. д-р в
Катедра “Автоматизация на производството” при
ФИТА на ТУ-Варна, ул. Студентска № 1, 521НУК
e-mail: yayaney@gmail.com
инж. Христо Иванов Христосков, ас. в
Катедра “Автоматизация на производството” при
ФИТА на ТУ-Варна, ул. Студентска № 1, 521НУК
e-mail: yayaney@gmail.com



фиг.2. Блок-схема на алгоритъма на работа

Рецензент: доц.д-р Венцислав Вълчев

ЙЕРАРХИЧНА СИСТЕМА ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА ЕЛЕКТРОЗАХРАНВАНЕТО НА БИЗНЕС СГРАДА

HIERARCHY SYSTEM FOR MONITORING AND CONTROL OF THE ELECTRO SUPPLY OF A BUSINESS BUILDING

Ростислав Райчев

Веско Узунов

Петър Петров

Резюме: Статията се фокусира върху начините за управление на електрозахранването в обществени сгради. Целта на системите за аварийно включване на резервите е осигуряване на сигурността и безопасността на посетителите, а също и предпазване на специфични системи от допълнителни аварии. С използване на дизел-генератор и автоматично управление на механизмите чрез ПЛК, се подsigурява захранване на отделните подсистеми в аварийни ситуации, като пожар или отпадане на захранване. Управлението е изградено според определена йерархия, отговаряща на спецификата на аварийните ситуации и изисквания за действие.

Ключови думи: Аварийни ситуации, АВР, дизел генератор, електрозахранване, йерархия, резервираност.

Abstract: The main focus of this article is concentrated over the way of controlling the electricity supply in an administrative building. The purpose of Automatic Changeover Systems is to provide to building's visitors safety and comfort and also protection for some specific systems from damage. Using a diesel generator and automatic changeover mechanisms controlled by PLC provides power for the individual subsystems in an emergency such as fire or power failure. Management is built according to a hierarchy, corresponding to specific emergency situations and requirements for action.

Keywords: ATS, diesel generator, electricity power, Emergency, hierarchy, redundancy.

I. ВЪВЕДЕНИЕ

Фокусът на настоящата публикация пада върху изграждането на йерархична система за управление на електрозахранването на бизнес сграда.

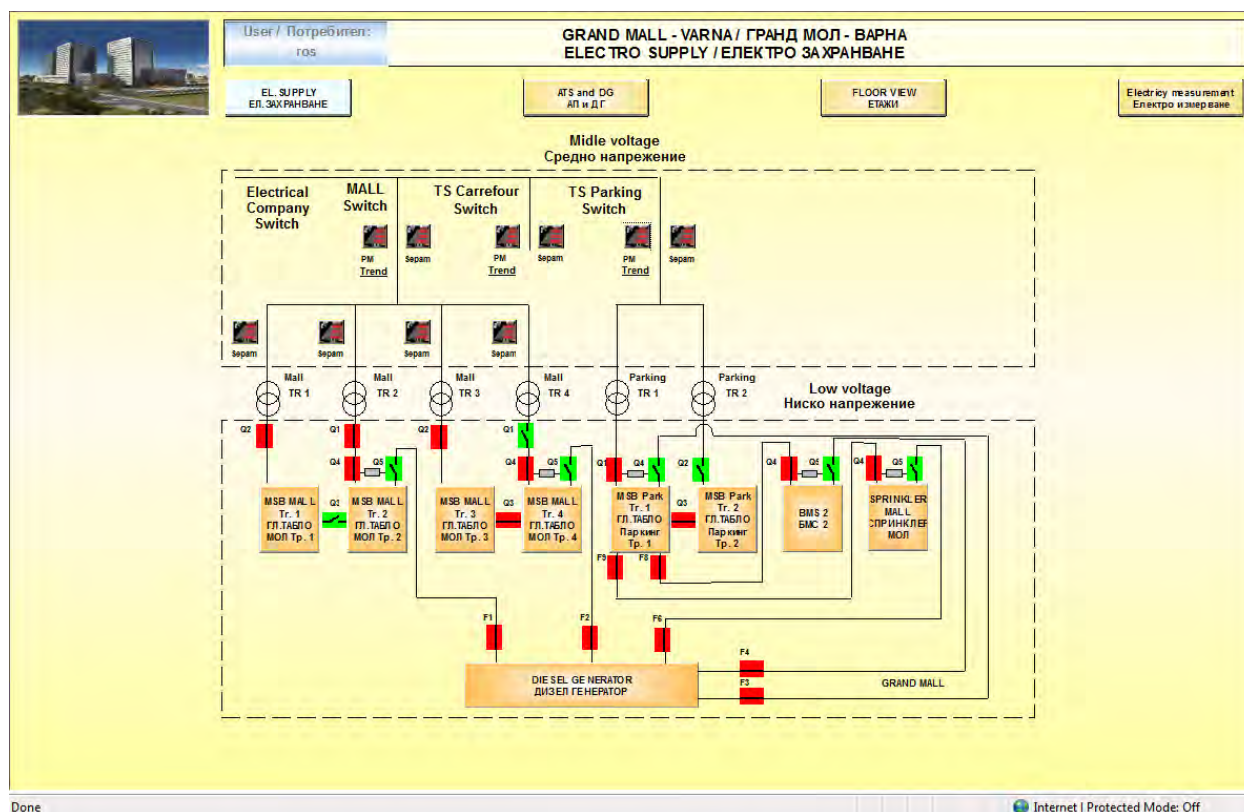
Основна задача е изграждането на система, осигуряваща качествено захранване до всички консуматори в сградата при нормални условия и да гарантира такова за резервираните консуматори при аварийни ситуации – липса на външно основно захранване или пожар. За да се постигне пълна резервираност на дадена сграда, трябва да се предвиди автономен вътрешен източник на енергия. В много от случаите за такъв източник се избира дизел-генератор. Бързорастящите темпове на днешното строителство определят и мащабите на сградите. А от там и вътрешноелектро-разпределителните системи в тях стават все по-сложни.

II. РЕШЕНИЕ НА ПРОБЛЕМА

На Фиг. 1. е показана примерна едно-линейна схема на вътрешна електро-разпределителна система.

Основното напрежение от електрическата компания се подава към понижаващи трансформатори. От там се разпределя към няколко главно-разпределителни табла (ГРТ). А от главно-разпределителните табла се подава към другите табла в сградата, които осъществяват разпределение към консуматорите вътре в нея.

Към всички основни ГРТ е подsigурена връзка с дизел-генератора. Системата за управление е изградена с програмируеми логически контролери (ПЛК), измервателни уреди, изпълнителни механизми и регулиращи органи. Контролерите са свързани в комуникационна мрежа от тип Master – Slave.



Фиг. 1. Еднолинейна схема на електрозахранването

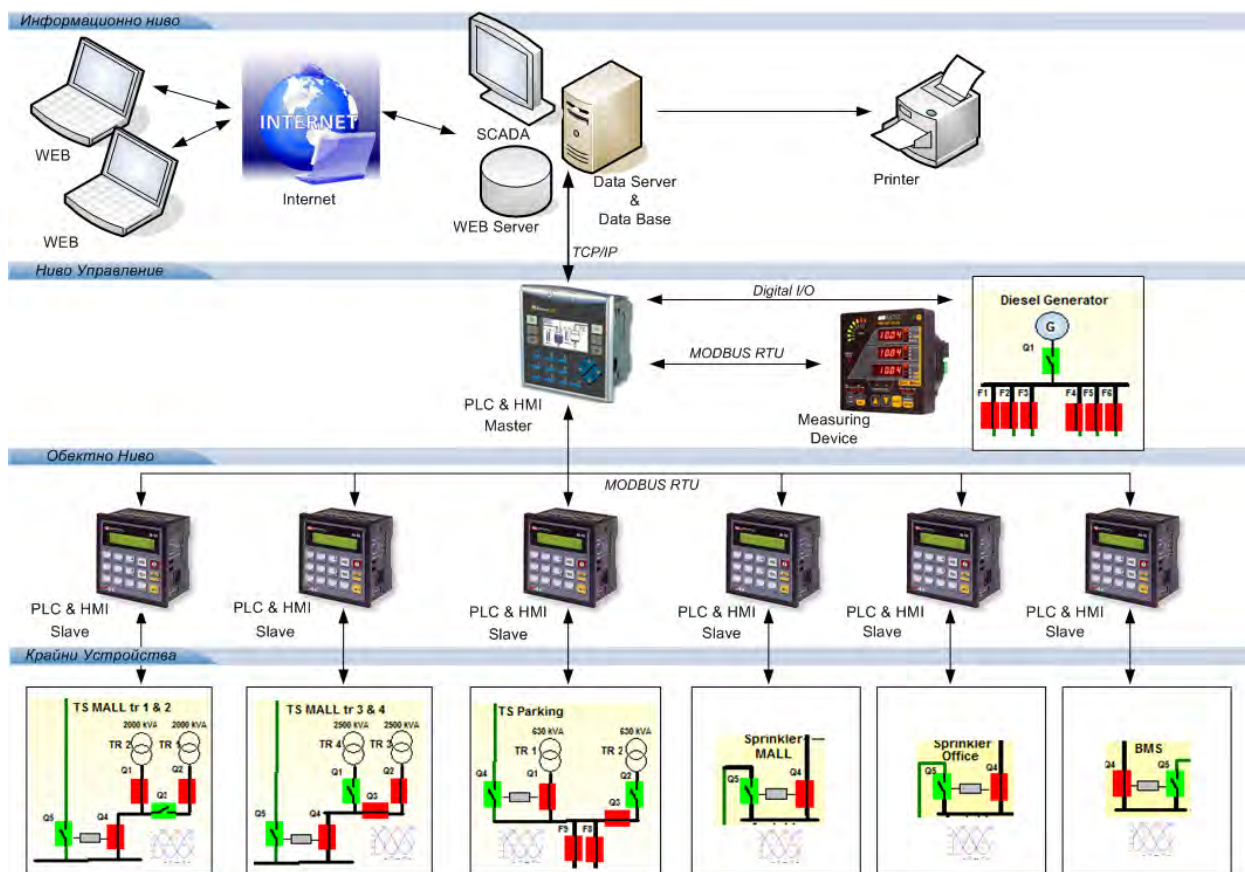
Основната задача на системата за управление е да се подсури непрекъснато захранване до резервираните консуматори в сградата [3]. С най-висока степен на резервираност са пожарогасителната и вентилационната системи.

Целта е да се осигури максимална безопасност на посетителите по време на аварийни ситуации, като пожар или отпадане на основното захранване, както и да се запази техния комфорт в нормална, неаварийна ситуация.

Във всяко от ГРТ е разположен контролер, който има една основна задача – да следи за наличието на захранване на основната шина и в случай на липса на такова, за даденото ГРТ, следва да генерира заявка за разрешение за превключване на прекъсвачите към резервната шина, а след възстановяване на захранването на основната шина, да ги превключи обратно към нея. Тези контролери се явяват тип Slave от комуникационна и йерархична гледна точка и се намират на най-ниското

управленско ниво на йерархията. Тяхната функция е да управляват на локално ниво, като за разединяване от основна шина вземат решения самостоятелно, а за присъединяване към резервната шина – изчакват разрешение от по-висша инстанция. Slave контролерите, заедно с измервателните уреди, изпълнителните механизми и регулиращите органи в дадено ГРТ се разглеждат като отделна подсистема.

На по-високо ниво в йерархията, на ниво управление е Master контролерът. При него достигат всички глобални сигнали – за наличие на основно захранване в сградата, както и сигналът за пожар. Този контролер управлява дизел-генератора. При него достигат заявките за разрешение за присъединяване към резервирана шина от всички Slave контролери. Тук се вземат решения за управлението на резервираността на захранването при аварийните ситуации [1]. Подробна схема на предлаганата йерархична система е дадена на Фиг. 2.



Фиг. 2. Йерархична система за управление

Алгоритмът на работа на най-ниското ниво на управление е следният. Във всяко ГРТ са монтирани релета за поредност на фазите и на основната, и на резервната шина. При наличие на захранване на основната шина, контролерът подава сигнал на прекъсвача за присъединяване към нея. При отпадане на поне една от фазите или настъпване на промяна на поредността им, релето за поредност дава сигнал към Slave контролера, който от своя страна веднага разединява прекъсвача от шината.

В последствие Slave контролерът генерира заявка за разрешение за присъединяване към резервната шина, идваща от дизел-генератора. Master контролерът преценява дали да даде разрешение. Ако такъв сигнал бъде получен, Slave контролерът дава команда за присъединяване към резервната шина. Така консуматорите започват да черпят електроенергия от дизел-генератора. В момента когато бъде установено

наличието на качествено захранване на основната шина, контролерът подава команда за разединяване от резервната шина и присъединяване към основната, с което цикълът на управление приключва. Този алгоритъм се изпълнява при частично отпадане на захранването. Случаите, при които се изпълнява, са най-често нарушаване на цялостта на проводниците вътре в сградата или разхлабване на връзки. Разгледаният алгоритъм се отнася за управлението на едно ГРТ. При глобалните сигнали за цялостно отпадане на основното захранване и сигнала за пожар, този алгоритъм се изпълнява за всички ГРТ, но в различна последователност, в зависимост от конкретната ситуация.

Тази последователност е заложена в управлението на Master контролера. Той преценява кога да включи дизел-генератора и кога да подаде сигнал за разрешение за присъединяване към резервната шина на всяко едно от ГРТ.

При аварийната ситуация пожар, дори трябва да спре и основното захранване на сградата. Тази ситуация прилича на аварийната ситуация – отпаднало основно захранване, но при двете ситуации се изпълнява присъединяване на отделните ГРТ към резервните шини в различна последователност. Това е съобразено с изискванията за степен на резервираност при всяка една от ситуациите.

След като Master контролерът получи сигнал за аварийна ситуация, подава команда за включване на дизел-генератора. Минават около 12-15 секунди до пълното му развъртане. На шините на дизел-генератора отново има реле за последователност на фазите и когато то подаде сигнал за налично качествено захранване, контролерът започва да изпраща разрешения за присъединяване към резервната шина на всяко едно от ГРТ. Това става през предварително зададен времеви интервал и в определената за дадената аварийна ситуация последователност. Например, при аварийна ситуация пожар първо се подава разрешение към захранващия блок на пожарогасителната инсталация, а след това и на вентилацията. Преди всяко подаване на разрешение, се прави проверка за наличност на достатъчно мощност от страна на дизел-генератора и ако има такава в наличност, се изпълнява останалата част от алгоритъма.

В случай на възстановяване на основното захранване се вземат разрешенията на всяко едно от ГРТ в обратна последователност и се изключва дизел-генераторът автоматично, под управление на контролера. Докато в случай на пожар, дизел-генераторът се изключва ръчно от противопожарната служба, с която предварително е синхронизиран сценарият за действие в случай на пожар.

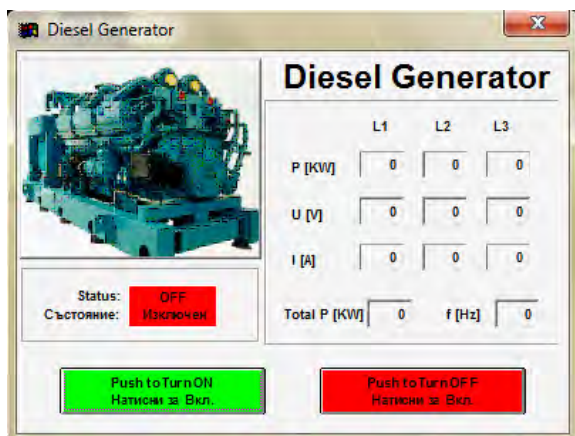
Нивото на управление Master контролер и обектното ниво на Slave контролерите работят заедно, напълно самостоятелно и независимо от най-високата позиция в йерархичната система

– информационното ниво. От това ниво могат да бъдат наблюдавани и анализирани всичките данни. Въпреки, че долните две нива работят автономно [2], от информационното ниво има възможност за намеса в управлението. Това се извършва от системата за визуализация, която е компютърно базирана. В много случаи за такава система се избира SCADA (supervisory control and data acquisition). Това е лицензиран софтуер с определени изисквания към него, като възможност за комуникация с ПЛК, аналитично и графично изобразяване на данните, архивиране, вградени функции за извеждане на алармени съобщения, рецепти, справки, възможност за въвеждане на ограничение до достъпа, дори връзка от всяка точка на света, посредством Интернет. Така например, оператор с необходимите нива на достъп би могъл да се намеси в процеса по време на аварийна ситуация, както и в нормален режим на работа, с цел профилактика – Фиг. 3 и Фиг. 4.

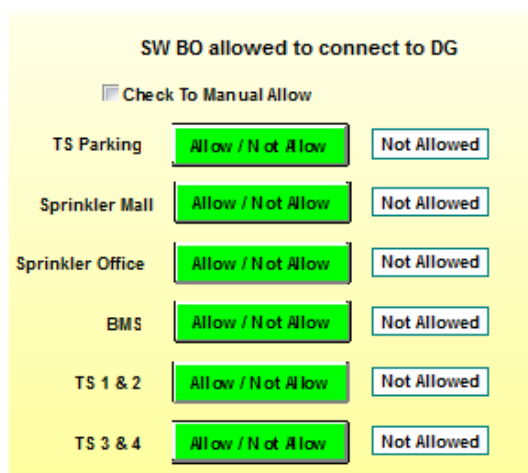
На тези фигури са показани възможностите за включване и изключване на дизел-генератора дистанционно, както и възможността за даване на разрешения на отделните ГРТ да превключат прекъсвачите си към резервните шини.

Всеки от контролерите има дисплей, на който могат да се визуализират текущите данни на локално ниво, както и да се направи диагностика на състоянието на комуникацията. При нарушаване на комуникацията се извеждат алармени съобщения, както на екраните на самите контролери, така и в SCADA системата. Те се архивират заедно с информация за оператора, при чието присъствие са регистрирани и потвърдени.

Така изградената йерархична система за управление на електрозахранването, може да се разглежда като подсистема на една друга йерархична система, такава за управление на сграда.



Фиг. 3. Статус дизел-генератор – следене параметри, ръчно управление от информационно ниво



Фиг. 4. Ръчно даване на разрешение за присъединяване към резервна шина, от информационно ниво

1.

За резервни източници на захранване могат да се ползват и други такива. Например соларни панели или ветро-генератори, монтирани върху сградата. При добиване на достатъчно мощност от тях, те дори биха могли да бъдат и основни източници на електроенергия. А при наличие на излишък, би могло последният да бъде запас и резервен вариант за околните сгради, така както излишъкът на добита енергия от възобновяеми източници от съседните сгради, може да бъде алтернативният източник на резервна електроенергия за дадената сграда.

Независимо от вариантите за снабдяване с енергия и типовете източници, в повечето случаи е напълно възможно да се използва сходна йерархична схема за управление на гарантираността на електрозахранването за дадена сграда.

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1.Разработена е система за йерархично управление на електрозахранването на бизнес сграда.

2.Разработени са алгоритми за управление на системата и нейните подсистеми.

3.Предложената йерархична система е реализирана и внедрена в търговско-административната сграда на Гранд Мол – Варна.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1]. Д. Дамянов, С. Петрова. Развитие и приложение на мрежите в индустриалните предприятия. XVII ННТК, 2008г.
- [2]. К. Стоилова, Т. Стоилов. Оптимизационни модели за двунивови йерархични системи, Институт по компютърни и комуникационни системи - БАН.
- [3]. http://so-ups.ru/index.php?id=rza_hierarchy
- [4]. http://www.nbu.gov.ua/portal/Natural/Vkdpu/2008_6/6_2008_1_PDF/11.pdf

За контакти:

инж. Ростислав Райчев, докторант в Катедра "Автоматизация на производството" при ФИТА на ТУ-Варна.
ТУ-Варна, ул. Студентска № 1, 304 УПБ
e-mail: r_raychev@abv.bg

инж. Веско Узунов, главен асистент в Катедра "Автоматизация на производството" при ФИТА на ТУ-Варна.
ТУ-Варна, ул. Студентска № 1, 525 НУК
e-mail: vuzunov@dir.bg

доц. д-р инж. П. Петров, доцент в Катедра "Автоматизация на производството" при ФИТА на ТУ-Варна.
ТУ-Варна, ул. Студентска № 1, 812 Е
e-mail: p_petrov52@abv.bg

Рецензент:

доц. д-р. инж. Емил Маринов - ТУ-Варна

ЙЕРАРХИЧНА СИСТЕМА ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА МИКРОКЛИМАТ В БИЗНЕС СГРАДА

HIERARCHIAL MICROCLIMATE MANAGEMENT SYSTEM FOR BUSSINESS BUILDING

Ренгинар Рашид

Веско Узунов

Петър Петров

Резюме: Системите за сграден мениджмънт, или BMS, представляват отворени, модулни, йерархични автоматизирани системи за мониторинг, контрол и управление на инсталациите в една сграда. Една от основните инсталации, подлежащи на автоматизиране, с цел понижаване на разходите за електроенергия, е системата за отопление, вентилация и климатизация. С използване на сензори и управляващи органи се цели поддържане на параметрите на въздуха в сградата – влажност, замърсеност, температура.

Ключови думи: влажност, замърсеност, ОВК сграден мениджмънт, температура

Summary: Building Management Systems or BMS are open, modular, hierarchical automated systems for monitoring, control and manage the installations in a building. One of the main subsystems to be automated in order to reduce the cost of electricity is the heating, ventilation and air conditioning. The aim by using sensors and control mechanisms is to maintain the parameters of indoor air - humidity, pollution, temperature.

Keywords: building management, HVAC, humidity, pollution, temperature

I. ВЪВЕДЕНИЕ

Микроклиматът в сграда се формира от съвкупността от показатели на въздушната среда в помещенията: температура, относителна влажност на въздуха, шум, осветление, топлообмен, движение на въздуха, замърсеност на въздуха, които имат значение за субективното усещане за комфорт. Микроклиматът в сградите се обуславя и създава чрез ориентирането на помещенията в благоприятни географски посоки, благоустрояване на прилежащите на сградата площи, вграждане при строителството на различни топлотехнически средства и изолации, монтиране на допълнителни устройства за отопление, вентилация, защита от пряка слънчева светлина и др.[1]

Правилното проектиране и изграждане на система за отопление, вентилация и климатизация е една от най – важните части на процеса за поддържане на благоприятен

микроклимат. Затова задачата за решаване е синтез на оптимална структура от йерархичен тип и алгоритми за оптимално управление с предложение за конкретна техническа реализация. Ще бъдат решени съществени въпроси като:

- Организация на управлението;
- Функционалност на системата, разглеждана като съвкупност от подсистеми;
- Задачи и приоритет на всяка подсистема;
- Избор на техническа структура;
- Изграждане на подходяща последователност на работа и йерархия в управлението и др.

За решаване на посочените задачи е синтезирана автоматизирана йерархична система за сграден мениджмънт. Така наречените Building Management Systems (BMS), представляващи отворени, модулни, йерархични автоматизирани системи за мониторинг, контрол и

управление на инсталациите в една сграда.

II. АНАЛИЗ

1. Описание на обекта за управление, изисквания и организационна структура

В конкретния случай обекта за управление е сградата на новопостроения терминал на летище в гр. Пловдив, България.

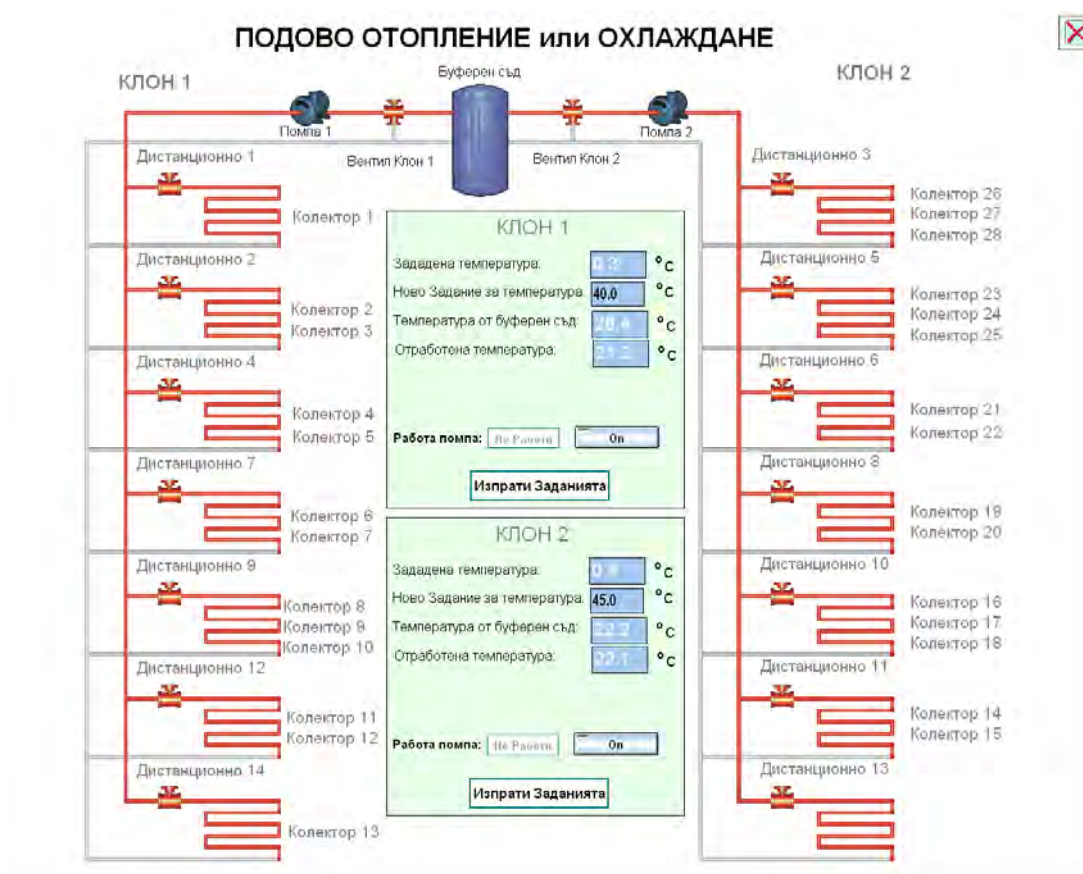
На фиг. 1 е показан проект на сградата и нейната ориентация спрямо посоките на света.

Поради спецификата на климатичните условия в района и

авиационните изисквания, терминалът е ориентиран в посоки изток – запад.



Фиг. 1 Разположение на летищен терминал според посоките на света



Фиг. 2 Структура на подсистема „Подово отопление и охлаждане“

След направени проучвания на архитектурата е проектирана и изградена система за отопление, вентилация и климатизация. Системата е комбинирана, състояща се от:

- Подово отопление/ охлаждане
- Въздушни завеси
- Канални машини (VRV)
- Климатични центри (AHU)

- Смукателни вентилатори (Exhaustion Fans)

- Хладилни агрегати (Chillers)

Направено е предложение за организационна структура на управлението, която се основава в разделяне на ОВК системата в три основни подсистеми, както следва:

1.Подсистема „Подово отопление и охлаждане”, включваща в себе си:

- колектори (14 броя), разположени симетрично в сградата, така че да обхващат цялата площ на ниво 1 – общи помещения;

- двупътни вентили (14 броя) – за всеки колектор по един;

- циркуляционни помпи (2 броя) – за двата клона на системата;

- трипътни вентила (2 броя) – за всяка помпа по един;

- трипътен вентил за регулиране на температурата на водата в системата;

- буферен съд;

На Фиг. 2 е показана структурата на тази подсистема.

2.Подсистема „Въздушно отопление / охлаждане”.

Тази подсистема се състои от механизми от типа:

- Въздушни завеси (9 броя), монтирани над всяка врата на терминала, която е пряк изход навън.

- Сплит системи – Канални машини (VRV)

3. Подсистема „Климатични централи”.

В тази подсистема са включени:

- климатични централи (8 броя), комплектовани с по два вентилатора – смукателен и нагнетателен, 2 подвижни жалюзийни решетки (ПЖР), 2 филтъра, серпентина за вода и циркуляционна помпа.

Всяка климатична централа е двузонова, т.е. има по два ръкава за входящ въздух към помещенията.

- три хладилни агрегати (Chillers) - 8 бр.

- смукателни вентилатори – 17 бр.

На Фиг. 3 е показана щранк схема на системата.



Фиг. 3 Щранк схема на подсистема „Климатични централи”

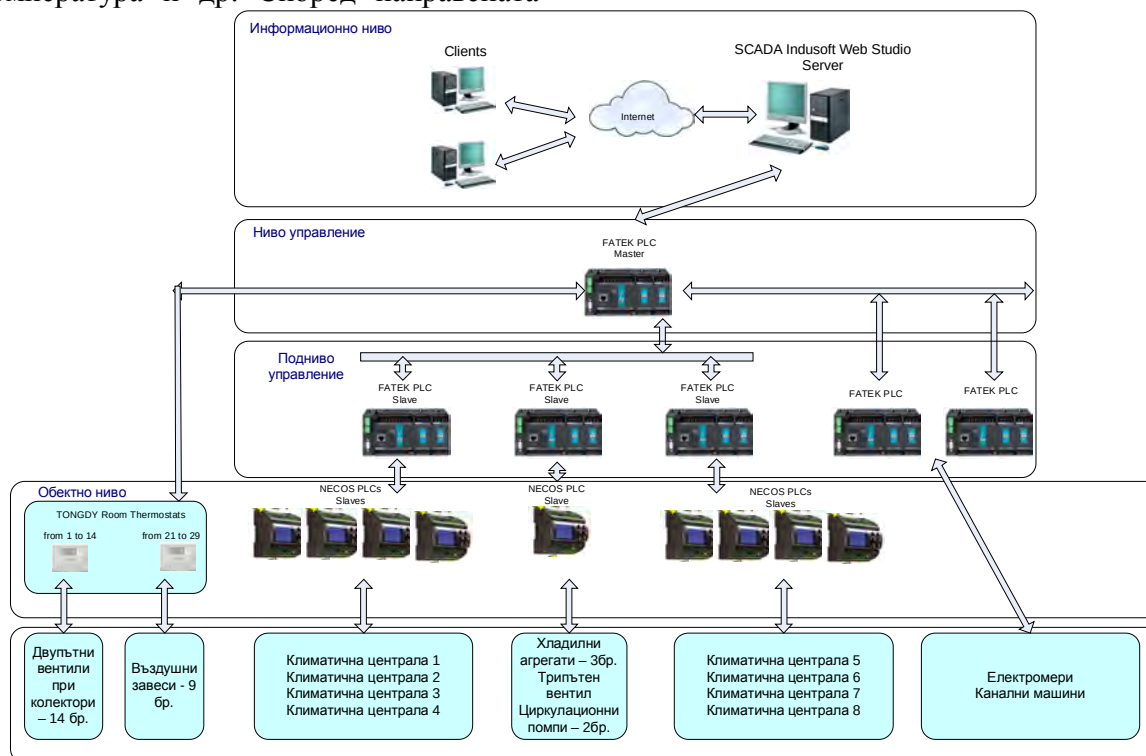
2.Задачи за изпълнение, функционална и техническа структура

Автоматизираното управление на сградните отоплителни, вентилационни и

климатични инсталации осигурява по-висок комфорт на обитателите и спомага за намаляване на енергийното потребление. Осъществява се на базата на мрежови платформи за централизирано управление на системите или децентрализирано - чрез контролери за локално управление, терморегулатори и други модули.[2]

Системата е изградена на базата на SCADA на американската фирма INDUSOFT, контролери FATEK, NECOS и стайни термостати TONGDY, задвижки BELIMO, цифрови сензори за външна температура и др. Според направената

организационна структура са подбрани сензори и изпълнителни механизми за всяка подсистема. С помощта на стайните термостати TONGDY се извършва измерване на параметрите на въздуха в помещенията. Устройствата са монтирани според разположението на колекторите към системата за подово отопление/охлаждане и въздушните завеси. Освен измерване на параметрите, от тук се осъществява и управлението на двупътните вентили. Управляващите сигнали се генерират от контролер FATEK.



Фиг. 4. Иерархична структура на изградената система за автоматизация

Температурата на водата в системата се регулира от главен вентил. Управлението му се извършва от контролер NECOS. В алгоритъма за управление е съобразено изискване за следене и на „точката на оросяване”. Въздушните завеси, разположени на изходящите врати в сградата, се

управляват пак от стайни термостати TONGDY.

Канални машини и електромери за отчитане на изразходваната енергия получават и изпращат сигнали на два контролера FATEK.

За всяка климатична централа е предвиден по един контролер NECOS.

Хладилните агрегати също пращат информация на контролер от същия тип.

За изградената техническа структура на системата е подготвена йерархична структура на управляващите устройства (Фиг. 4). Показана е структура с пет нива: ниво информационно; ниво управление; подниво управление; обектно ниво; крайни устройства

На етап информационно ниво се събира цялата информация за съоръженията в сградата. Извършва се архивиране на основните параметри. Информацията се представя на оператора в удобен и лесен за асимилиране вид. От тук се задават основните режими на работа на системата, заданията за температура, влажност, замърсеност, зоново управление и управление по график, според режима на работа на терминала:

- Режим „Администрация”
- Режим „Заминаващ полет”
- Режим „Пристигащ полет”

Сигналите се изпращат на „Ниво управление”. Контролерът **FATEK – Master** разпределя получената информация на следващите контролери от този тип, които от своя страна изготвят алгоритми за управление и изпращат управляващи сигнали на крайни устройства като смукателни вентилатори, канални машини и др. При климатичните централи сигналите от „Подниво управление” достигат до „Обектно ниво”. Тук на базата на задачите на подсистемите и с помощта на синтезирания алгоритъм за управление, вложен в контролери NECOS, всяка централа получава управляващи команди. Докато при голяма част от системите за отопление, вентилация и климатизация се използва един източник на енергия, в конкретния случай са обособени три подсистеми, които работят на принципа на наслагването на енергия при

необходимост. По този начин за сметка на по – голяма начална инвестиция се достига по – висока енергоефективност и постоянно поддържане на комфортни условия в сградата.

III. ИЗВОДИ

Описаните в статията постигнати резултати и научно-приложни приноси могат да се обобщят в няколко точки:

1. Разработена е йерархична система за управление на отопление, вентилация и климатизация.

2. Предложена е организационна структура, състояща се в обособяване на три отделни подсистеми, които имат възможност за работа в йерархията

3. Предложена е техническа структура на йерархичната система.

4. Синтезирани са алгоритми за управление на разгледаните подсистеми.

5. Реализирано е внедряване на системата в сградата терминал на Летище - Пловдив, удостоверено с приемно предавателен протокол.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1]. Физико-математическа и техническа енциклопедия, том 2, издание на БАН, София, 2000
- [2]. Списание „ТД Инсталации”, „Автоматично управление на ОВК инсталации в сгради”, брой 51, м. Април 2011

За контакти:

инж. Ренгинар Рашид, докторант в Катедра „Автоматизация на производството” при ФИТА на ТУ-Варна, ул. Студентска № 1, 304УПБ
e-mail: renginarashid@abv.bg
инж. Веско Узунов, главен асистент в Катедра „Автоматизация на производството” при ФИТА на ТУ-Варна, ул. Студентска № 1, 525НУК
e-mail: vuzunov@dir.bg
доц. д-р инж. Петър Петров, доцент в Катедра „Автоматизация на производството” при ФИТА на ТУ-Варна, ул. Студентска № 1, 214М
e-mail: p_petrov52@dir.bg

Рецензент:

доц. д-р. инж. Витан Димитров - ТУ-Варна

ЕДИН ПОДХОД ЗА ЕФЕКТИВНО НАТОВАРВАНЕ НА ЧЕСТОТНО-УПРАВЛЯЕМ ТРИФАЗЕН АСИНХРОНЕН ДВИГАТЕЛ

AN APPROACH FOR EFFECTIVE LOADING OF A FREQUENCY-CONTROLLED THREE-PHASE INDUCTION MOTOR

М. Маринов Е. Барудов А. Андреев

Абстракт: Изпитването на електрически двигатели става чрез различни товарни устройства. Най-често като такива в практиката се използват електрически генератори, пендели и електромагнитни спирачки. Използването на последните позволява лесно и прецизно определяне на съпротивителния момент. Съществуват спирачки с различни конструкции и със спирачни дискове с различна проводимост. Цел на настоящата разработка е изследване на електромагнитна вихровотокова спирачка, чийто спирачен диск е изработен от алуминий, с прикрепен към него феромагнитен диск, поставен от страната на двигателя.

Ключови думи: асинхронен двигател, електромагнитна спирачка, спирачен диск

Abstract: Testing of electric motors is performed with a variety of loading devices. In practice, electric generators and eddy currents electromagnetic brakes are most often used. Their usage allows for easy and precise determination of torque. Brakes with different construction and braking discs with different conductivity exist. The purpose of this work is to study an electromagnetic eddy currents brake with a braking disc made of aluminum and a ferromagnetic disc attached to it on the side of the motor.

Keywords: induction motor, braking disc, electromagnetic brake

I. ВЪВЕДЕНИЕ

Изпитването на електрически двигатели се извършва с различни товарни устройства. Един от често срещаните варианти за това е използването на електромагнитна спирачка [1,2,3]. Съществуват спирачки с различни конструкции и със спирачни дискове с различна проводимост. Цел на настоящата разработка е изследване на електромагнитна вихровотокова спирачка, със спирачен диск изработен от алуминий, с прикрепен към него феромагнитен диск, поставен от страната на двигателя.

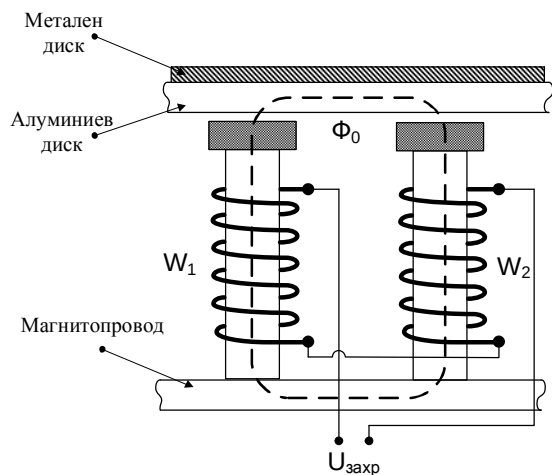
II. АНАЛИЗ

Обект на настоящото изследване е електромагнитна вихровотокова спирачка, използвана за товарно устройство на трифазен асинхронен двигател (АД), с параметри: $P_n=1,1\text{kW}$, $220/380\text{V}$, Δ/Y , $5,1/2,9\text{A}$, $\cos\varphi=0,75$, 1400 min^{-1} . Вихровотоковата спирачка се състои от 16 бобини, монтирани на феромагнитен диск с диаметър $\phi=245\text{mm}$.

Бобините са две, по две свързани последователно (фиг.1), така че магнитното им поле да се затваря през спирачния диск, монтиран на вала на двигателя. Въздушната междина между полюсите на бобините и спирачния диск е $2,0\text{mm}$, и е избрана от гледна точка на минимално магнитно съпротивление, и достатъчна хлабина от механична гледна точка. От гледна точка на тегло на диска е най-добре той да е изработен от алуминий още повече, че алуминият притежава добра електропроводимост. Алуминият, обаче е парамагнетик, което означава, че има слаби магнитни свойства и за увеличаване на магнитния поток през него е необходимо да бъде монтиран допълнителен магнитопровод.

При въртене на диска в постоянното магнитно поле, създадено от бобините на електромагнитната спирачка, в него се индукират електродвижещи напрежения, които прокарват вихрови токове. От взаимодействието на тези вихрови токове с магнитното поле на спирачката се създават противоположни

на посоката на въртене сили, които от своя страна създават съпротивителен (спирачен) момент. Този момент е толкова по-голям, колкото по-голям е магнитният поток в спирачния диск. С цел увеличаването на този магнитен поток, на гърба на алуминиевия диск, от страна на двигателя, е монтиран феромагнитен диск, в който освен, че се създава спирачен момент изпълнява ролята и на магнитопровод.

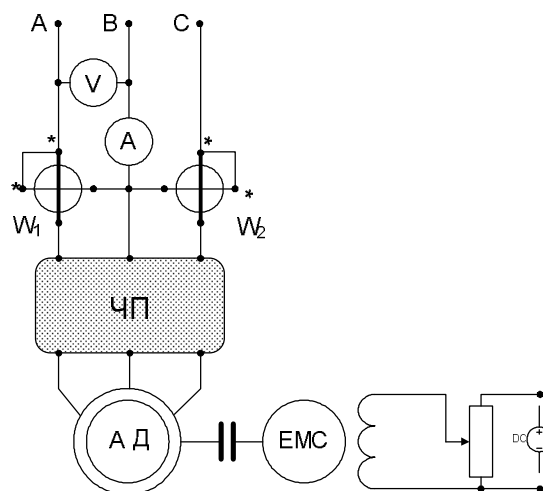


Фиг. 1. Разрез на изследваната електромагнитна спирачка.

Необходимо е експериментално да се намери оптималната дебелина (d) на допълнителния феромагнитен диск. От една страна съпротивителният момент, създаван от спирачката, да е максимален и от друга - дискът да е максимално тънък, за да е максимално лек.

За целта са проведени експериментални изследвания за снемане на работните характеристики на двигателя, при различни честоти на въртене на ротора. Изследванията са проведени при различни дебелини на допълнителния феромагнитен диск, като максималният спирачен момент се ограничава от една страна от мощността на двигателя, а от друга от максимално допустимия ток през бобините на спирачката. Експериментите са проведени за три различни дебелини на феромагнитния диск (0,5, 1,0 и 2mm), като резултатите за пет различни честоти на захранващото напрежение на двигателя са представени в графичен вид.

На фиг. 2 е показана електрическата схема на свързване на асинхронен двигател с честотно управление и електромагнитна спирачка [4].



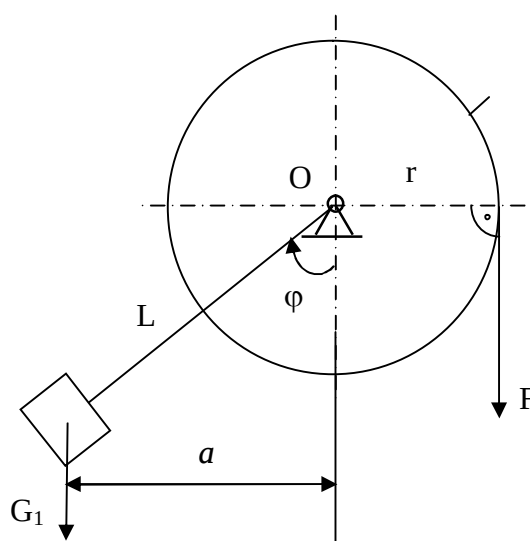
Фиг. 2. Електрическа схема на свързване на асинхронен двигател с честотно управление и електромагнитна спирачка.

Съпротивителният момент на спирачката се пресмята по зависимостта:

$$M = F \cdot r, \text{ N.m} \quad (1)$$

където: $F = m \cdot g$ е силата, създадена от контролната тежест, N;

m – масата на контролната тежест, свободно висяща по периферията на диска (фиг.3), кг; $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ – земно ускорение; r – радиус на спирачния диск, m.



Фиг. 3. Сили въздействащи върху електромагнитната спирачка.

От механична гледна точка условието за равновесие на тази система е:

$$\sum M_{O_i} = 0 ; G_1 \cdot a - F \cdot r = 0 \quad (2)$$

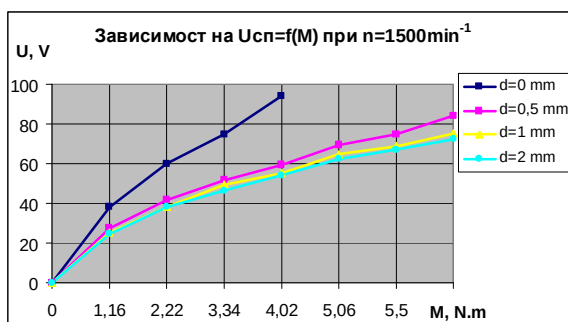
$$\text{или } G_1 \cdot L \cdot \sin \varphi - F \cdot r = 0 \quad (3)$$

Спирачният момент може да се определи и аналитично, ако се ползва зависимостта

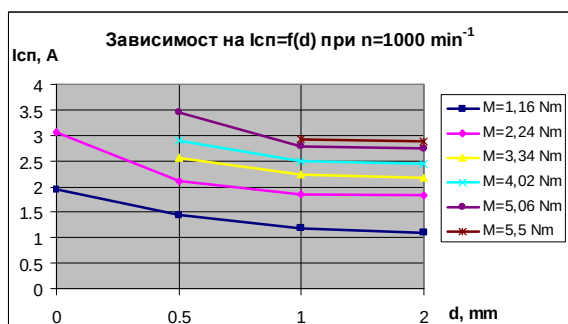
$$M = G_1 \cdot L \cdot \sin \varphi \quad (4)$$

Резултатите от проведените изследвания за напрежението на спирачката ($U_{сп}$), за различни моменти на двигателя и различни дебелини (d) на феромагнитния диск са представени на фиг. 4, 5, 6 и 7.

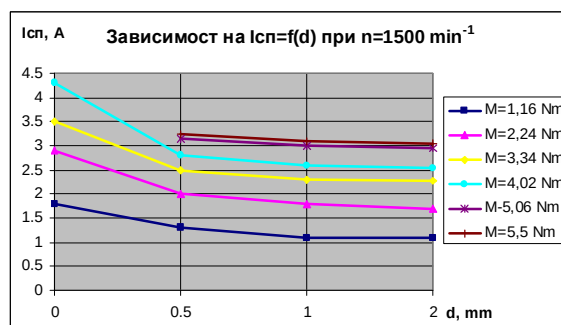
Зависимостите за големините на тока през бобините на спирачката (I), получени при регулиране честотата на въртене на изпитвания образец с честотен преобразувател и $M = \text{const}$, са показани на фиг. 8, 9, и 10.



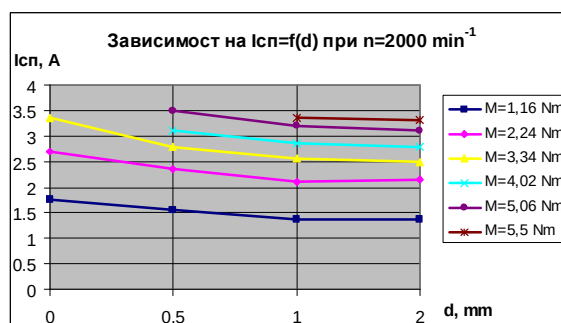
Фиг. 4. Зависимост на напрежението на спирачката от момента на двигателя.



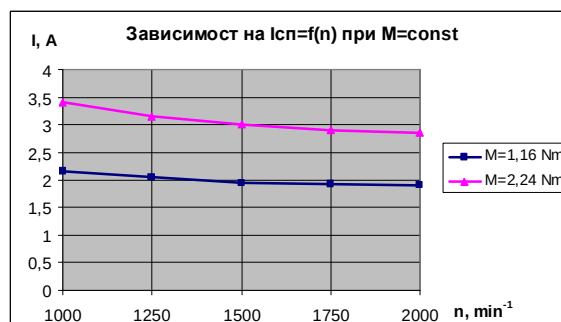
Фиг. 5. Зависимост на тока на спирачката от дебелината на феромагнитния диск при скорост $n=1000 \text{ min}^{-1}$.



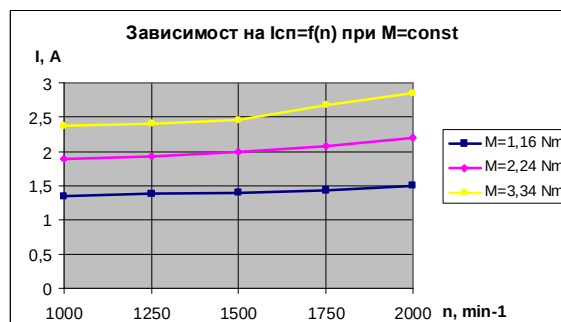
Фиг. 6. Зависимост на тока на спирачката от дебелината на феромагнитния диск при скорост $n=1500 \text{ min}^{-1}$.



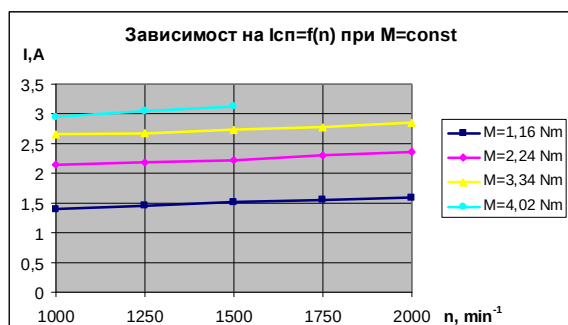
Фиг. 7. Зависимост на тока на спирачката от дебелината на феромагнитния диск при скорост $n=2000 \text{ min}^{-1}$.



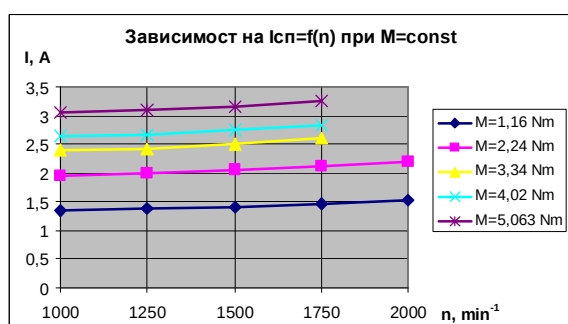
Фиг. 8. Зависимост на тока на спирачката от честотата на въртене на АД без допълнителен феромагнитен диск.



Фиг. 9. Зависимост на тока на спирачката от честотата на въртене на АД с допълнителен феромагнитен диск $d=0,5 \text{ mm}$.



Фиг. 9. Зависимост на тока на спирачката от честотата на въртене на АД за спирачка с дебелина на феромагнитния диск $d=1\text{mm}$.



Фиг. 10. Зависимост на тока на спирачката от честотата на въртене на АД за спирачка с дебелина на феромагнитния диск $d=2\text{mm}$.

III. ИЗВОДИ

1. При липса на допълнителен феромагнитен диск, спирачният момент, създаван от електромагнитната спирачка, не е достатъчен да натовари асинхронния двигател с номинален спирачен момент, без да претовари топлинно намотките на спирачката.

2. С увеличаване на дебелината на допълнителния феромагнитен диск, токът през намотките на спирачката намалява.

3. При един и същ ток през намотките на спирачката съпротивителният момент нараства с нарастване на дебелината на феромагнитния диск.

4. При нарастване на честотата на въртене на асинхронния двигател, токът през бобините на спирачката нараства при един и същ съпротивителен момент.

5. От гледна точка на минимален ток през намотките на спирачката и минимална дебелина на феромагнитния диск, оптимална, за изследваната конструкция, се оказва дебелина на феромагнитния диск от 1mm . По-нататъшното увеличаване на дебелината на феромагнитния диск незначително намалява токът през бобините на спирачката и незначително увеличава спирачния момент.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1]. Маринов М., Чиков Вл., Василев Р., Добрев Ив. „Проблеми при пускане на трифазен асинхронен двигател с кафежен ротор”, Сборник доклади на Международна научно-техническа конференция "Електроенергетика 2010", 14-16 Октомври 2010, стр. 432-438.
- [2]. Апрахамиян Б., Апрахамиян М. „Изследване на нагряването и допустимото натоварване на асинхронни двигатели при честотното управление”, Научни трудове на ВВМУ „Н. И. Вапцаров”, бр.28/2007г., ISSN 1312-0867, стр. 72÷75.
- [3]. Вольдек А., „Електрически машини”, Энергия, 3-изд., 1978г.
- [4]. Кръстева А., Гунев И., Станев Ст. „Изследване на система честотен регулатор – трифазен асинхронен двигател”, Научни трудове на русенския Университет - 2010, том 49, серия 10, стр. 106-109

ЗА КОНТАКТИ:

1. Марин Маринов, Технически Университет – Варна, 9010, България, „Студентска 1”, ЕФ, катедра ТИЕ, e-mail: m_s_marinov@abv.bg
2. Емил Барудов, Технически Университет – Варна, 9010, България, „Студентска 1”, ЕФ, катедра ТИЕ, e-mail: ugl@gyuvetch.bg
3. Андрей Андреев, Технически Университет – Варна, 9010, България, „Студентска 1”, ЕФ, катедра ЕЕ, e-mail: ander@abv.bg

Рецензент:

доц. д-р инж. Бохос Апрахамиян

ИЗСЛЕДВАНЕ КОМУТАЦИОННИТЕ ВЪЗМОЖНОСТИ НА РЕЛЕЙНО-КОНТАКТНИ АПАРАТИ, РАБОТЕЩИ С АВТОНОМНИ ЗАХРАНВАЩИ ИЗТОЧНИЦИ

RESEARCH OF THE SWITCHING CAPABILITIES OF THE RELAY-CONTACT APPARATUS WORKING IN AUTONOMOUS POWER SOURCES

Борислав Димитров

Христофор Тахрилов

Резюме: В много инсталации, захранвани от автономни източници, се използва релейно управление на съоръжения, изпълнено с електромагнитни контактори и релета. Същите работят чрез оперативни схеми, имащи различни характеристики. Предлаганата тема засяга устойчивостта на релейните схеми, захранени от автономно работещи възобновяеми източници. Обект на изследване е релейна оперативна схема за управление и контрол на съоръжения, съставена от променливотокови контактори. Проблемът е, че вследствие пусковия ток на контакторите в определени случаи може да се получи моментно нерегламентирано изключване на апарат. Целта на работата е да се представят изследванията на няколко решения за преодоляването му.

Ключови думи: автономни захранващи източници, релейна оперативна схема, променливотокови контактори.

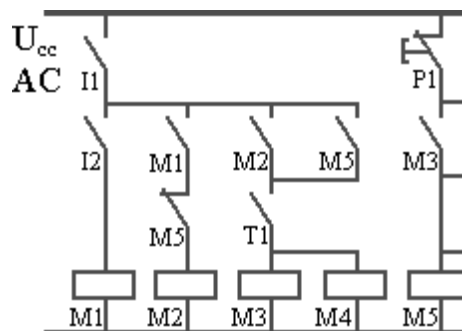
Abstract: In many installations, supplied by autonomous power sources have relay control facilities, filled with electromagnetic contactors and relays. They work by operating circuits having different characteristics. The proposed theme concerns the stability of relay circuits supplied by an independent working sources. Object of study is an operational relay control circuit and control facilities, consisting of AC contactors. The problem is that as a result of the starting current of contactors may in certain cases to obtain unauthorized instantaneous switch off of apparatus. There are several proposed solutions to overcome it.

Keywords: autonomous power sources, AC contactors, relay circuits.

I. ВЪВЕДЕНИЕ

В практиката често се налага релейните схеми за управление и защита, изпълнени чрез контактни апарати, да се резервират чрез автономен захранващ източник. Същият представлява най-често акумулатор и инвертор, работещи на принципа на непрекъсваемите захранвания UPS [2]. Подобно резервиране се налага в редица случаи: управление на отговорни съоръжения, автономно захранване от възобновяеми източници, дизелови агрегати и т.н.

Цел на работата е анализ и оценка на комплекса: променливотокови апарати (контактори и релета), работещи съвместно с резервен захранващ източник (фиг.1). За целта се изследват характерните особености при комутацията на електромагнитните системи, като се разглеждат възможните проблеми в момента на включването им.



Фиг.1. Примерна част от релейна схема, изпълнена с АС контактори (M1÷M5).

II. АНАЛИЗ

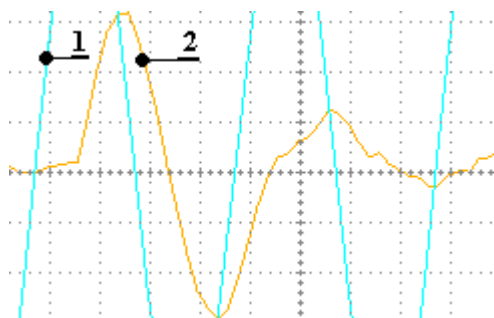
Анализът е насочен към следните проблеми:

- Управляващият пусков ток, протичащ през бобината на контактните АС електромагнитни апарати, е многократно по-голям от установения номинален ток [1]. Примерна осцилограма е показана на фиг.(2). Това може да причини претоварване на инвертора и

сработване на защита, водеща до изключване на захранването.

- Пусковият ток на мощен АС контактор води до понижаване на напрежението на неидеален захранващ източник. При това апаратът не сработва или сработва след многократно вибриране на котвата. Пример за неуспешно включване на АС контактор А16 [5, 7] е показан на фиг.3.

- Понижаването на напрежението води до временно или пълно изключване на други апарати. Най-често това са по-малки контактори и релета, при които се появява вибриране на котвата, респективно на контактната система. Въпреки, че след това те могат да останат във включено състояние, вибрацията на помощните оперативни контакти може да доведе до разпадане на цялата релейна схема.

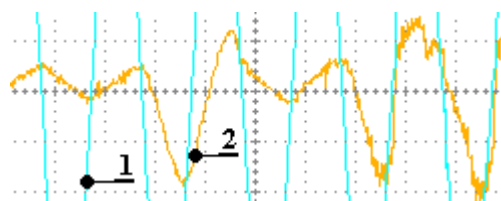


Фиг.2. Включване на АС контактор.
1 – напрежение; 2 – ток.

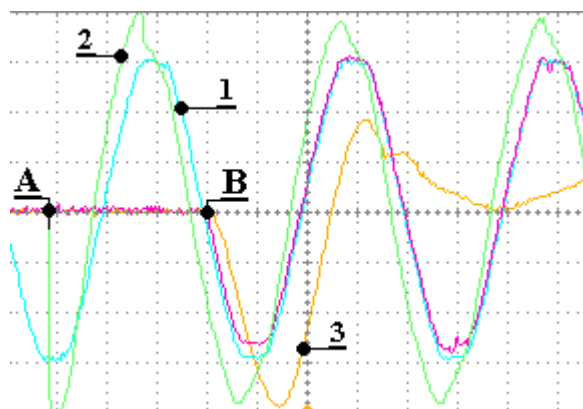
Описаните проблеми са наблюдавани в практиката и могат да се определят като недопустими аварийни режими. Един от подходите за преодоляването им е инсталиране на по-мощна захранваща система. Това решение има частичен характер, поради което са необходими допълнителни мероприятия.

На фиг.4 е показана осцилограма на управление на контактор чрез включване в нулата на тока: т.А – момент на подаване на управляващото напрежение (2); т.В – момент на включване, при който протича управляващия ток (3); 1 – захранващо синусоидално напрежение. Включването в нулата на синусоидата се постига чрез използване на специализирани електронни апарати. С това проблемът не се решава,

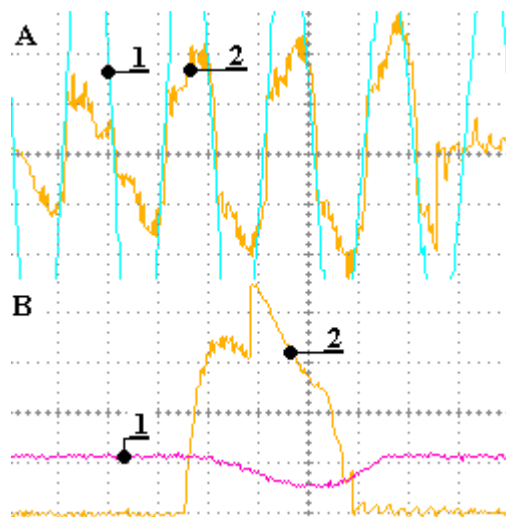
тъй като характерът на управляващия ток остава същия.



Фиг.3. Включване на АС контактор при спад на захранващото напрежение (1).
2 – ток през бобината на контактора.



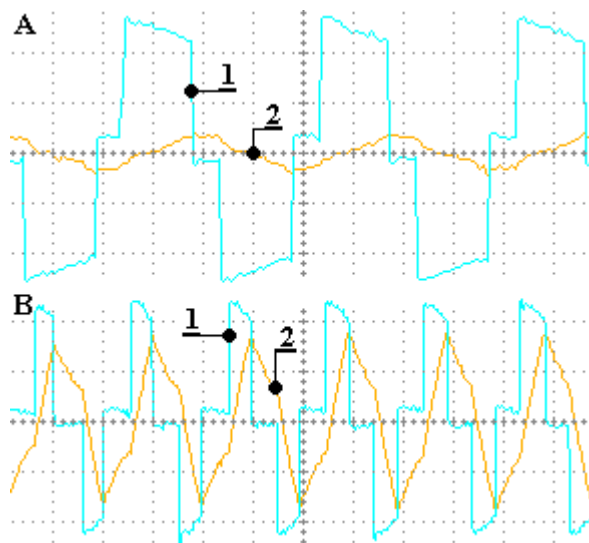
Фиг.4. Процес на включване на АС контактор в нулата на тока.
1, 2 – захранващо и управляващо напрежение; 3 – управляващ ток.



Фиг.5. Процес на включване на контактор с електронен блок: А – управляван с променливо напрежение; В – управляван с постоянно напрежение; 1 – напрежение; 2 – управляващ ток.

Употребата на контактори с електронен управляващ блок [5,6,7] води до допълнителни проблеми при захранване от автономен източник. Въпреки, че този тип апарати имат редица предимства: възможност за управление с АС и DC

напрежение, нечувствителност към външни смущения, не създават пренапрежения в управляващите вериги, повишено бързодействие и др., в случая са неприложими поради специфичния характер на тяхното управление. На фиг.5 е показан процес на включване на контактор с електронен блок, управляван с променливо (А) и постоянно (В) напрежение. Експериментите са проведени с контактори от тип AF50 [5]. Както се вижда от осцилограмите, управляващият ток (2) в първия случай е многократно по-голям от номиналния и остава в това състояние в продължение на няколко периода на синусоидата (1). При управление с постоянно напрежение, пусковият ток (2) предизвиква пад на напрежението (1). В този случай конкретната стойност на тока в процеса на включване на контактора е $6 \div 8A$, при номинална стойност $0,3 \div 0,5A$. Подобни пикови стойности могат да доведат до сработване на електронната защита от късо съединение на инвертора.

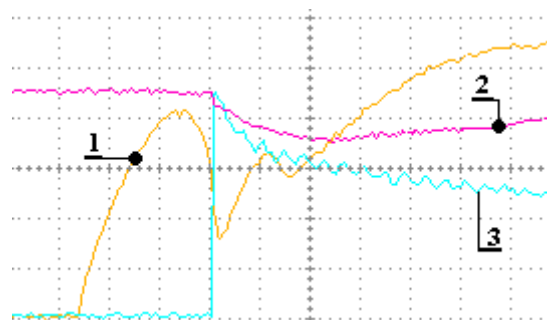


Фиг.6. Захранване на релейна схема чрез преобразувател с правоъгълна форма на изходното напрежение – 1; 2 – управляващ ток. А – установен режим при включен контактор; В – не номинален режим при понижено напрежение.

При някои автономни захранвания се използва инвертор с правоъгълна форма на изходното напрежение, което налага съответен анализ. На фиг.6А е показано изходното напрежение (1) и консумирания

ток (2) при установен режим на захранване на релейната схема от фиг.1. Включването на мощен променливотоков контактор води до повишаване на тока и спад на напрежението, показани на фиг.6.В. В този случай контакторът вибрира и не остава във включено състояние. Процесът продължава до сработване на защитата на инвертора или дефектиране на контактора.

Изложените проблеми налагат да се изследва възможността за използване предимно на постояннотокови апарати в релейните схеми с автономно захранване. Характерно за тях е, че пусковият ток не превишава номиналния, както е известно от литературата и е показано на осцилограмата от фиг.7.



Фиг.7. Управление на контактор с постоянно напрежение.

1, 2- управлящи ток и напрежение през бобината, 3 – комутиран ток през контактната система.

В случай, че е възможно цялата релейна схема да се захранва с постоянно напрежение, инверторът се заменя с DC-DC преобразувател [3,4]. Ако конкретните изисквания налагат използване на променливо оперативно напрежение, могат да се приложат отделни DC контактори, захранени чрез отделни AC-DC преобразуватели със съответните характеристики. С тази цел са разработени импулсни преобразуватели, базирани на продуктова гама на Power Integrations [8]. Тяхното експериментално тестване е извършено чрез DC апарати тип [5, 6, 7]:

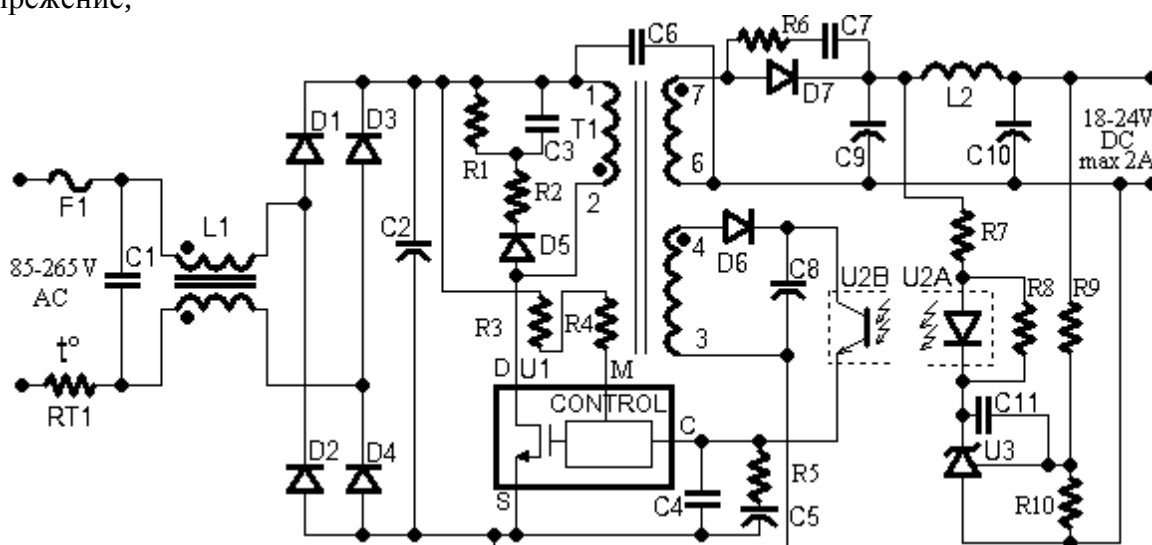
- Контактори AL16, AL26, захранвани с напрежение от 24V;
- Контактори тип TAL26, работещи с разширен диапазон на управляващо напрежение $17 \div 32V$;

- Релета със захранващо напрежение 24V.

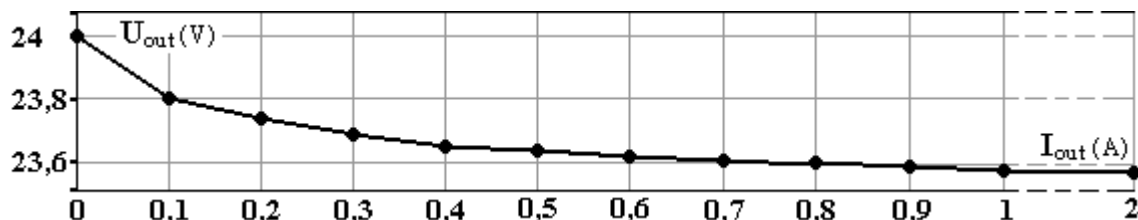
Основните изисквания към AC-DC преобразувателите, предназначени за захранване на DC апарати с посочените характеристики, могат да се формулират по следния начин [3,4]:

- Широк диапазон на входното променливо напрежение, осигуряващ стабилна работа на товара;
- Твърда външна характеристика, определяща малък пад на постоянното напрежение;

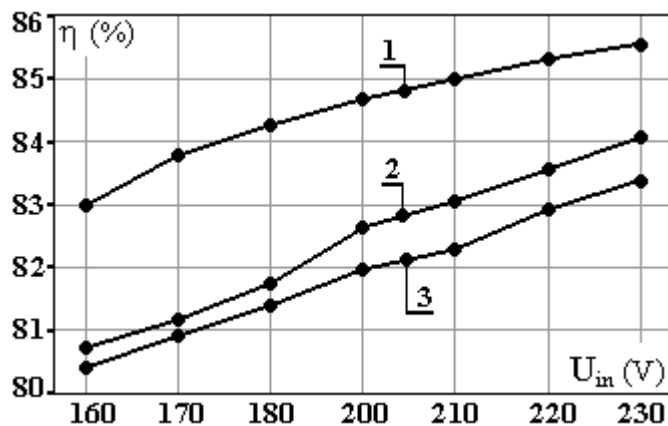
- Малки загуби при номинален товар – респективно голям коефициент на полезно действие;
- Малка собствена консумация при работа без товар;
- Малки габарити, позволяващи непосредствен монтаж към апаратите в релейното табло.



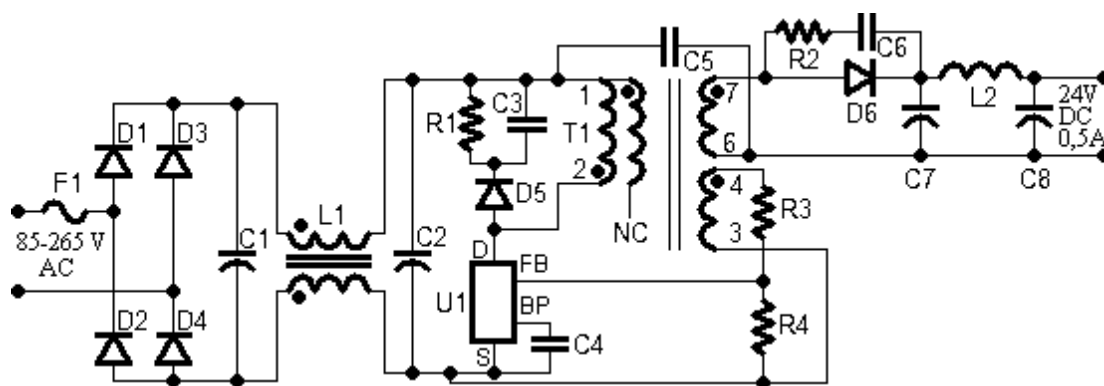
Фиг.8. AC-DC преобразувател, базиран на TOP258PN от фамилия TOPSwitch.



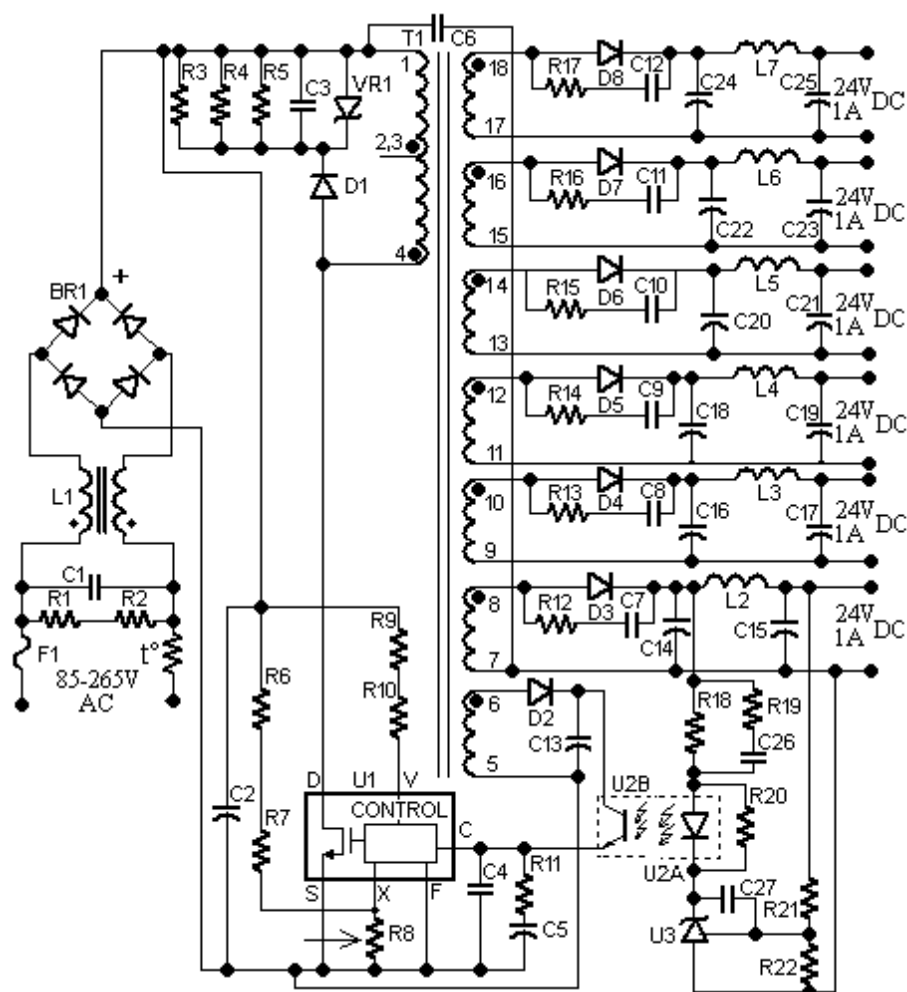
Фиг.9. Изходна х-ка на преобразувателя от фиг.8 при захранване на DC контактор.



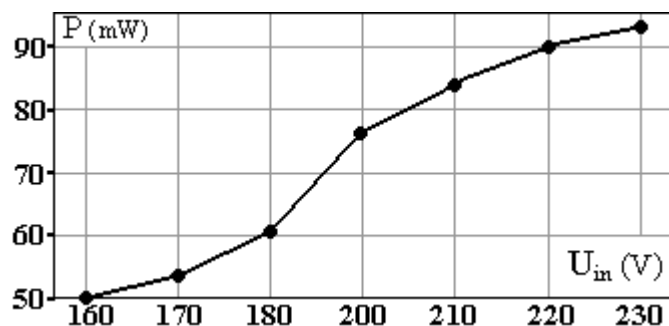
Фиг.10. Функционална зависимост между входното напрежение $U_{in} (V)$ и коефициента на полезно действие $\eta (\%)$ при различни изходни напрежения $U_{out} (V)$:
1 – $U_{out}=18V$; 2 – $U_{out}=22V$; 3 – $U_{out}=24V$;



Фиг.11. AC-DC преобразувател, базиран на LNK623PG от фамилия LinkSwitch-CV.



Фиг.12. AC-DC преобразувател, предназначен за управление на 6 отделни апарата.

Фиг.13. Консумирана мощност P(mW) на захранващите блокове при липса на товар, в зависимост от входното напрежение U_{in}(V).

Разработените преобразуватели са базирани на фамилии TOPSwitch, LinkSwitch, PeakSwitch и TinySwitch [8], съчетаващи силовата и управляващата схема в общ корпус. Посочените схемни решения са оразмерени с помощта на специализиран софтуер PLEExpert [8], като целта на изследването е да се определи тяхното приложение в разглежданата проблематика.

Фиг.8 показва преобразувател, изпълнен чрез TOPSwitch, предназначен за захранване на DC контактори с консумиран ток до 2А. Външната му характеристика е показана на фиг.9, а коефициентът на полезно действие ($\eta\%$) в зависимост от входното напрежение на фиг.10.

На фиг.11. е представен преобразувател, базиран на фамилия LinkSwitch и предназначен за захранване на DC релета.

При необходимост от управление на няколко отделни апарата намира приложение решението, показано на фиг.12. При него се използва самостоятелно захранване на всеки контактор, чрез отделна вторична намотка на трансформатора. Консумираната мощност при работа без товар е показана на фиг.13.

III. ИЗВОДИ

Разгледаните проблеми са от съществено значение при захранване на релейните схеми с автономни източници, тъй като водят до ненормални и аварийни режими на работа (фиг.3, фиг.6). Те са породени от характерния режим на работа на АС апаратите (фиг.2), като са по-значителни при по-мощните контактори и тези, захранвани с електронен блок (фиг.5). Използването на управляващи схеми за включване на апарата в нулата на тока (фиг.4) не води до решаване на проблема, понеже не предотвратява претоварването на инвертора по ток.

Подмяната на АС с DC контактори води до значително облекчаване на автономната захранващата система, тъй като пусковият ток на вторите не превишава номиналния (фиг.7).

Предложените схемни решения са приложими за управление на DC електромагнитни апарати, като отговарят на посочените по-горе изисквания. Използваните фамилии TOPSwitch, LinkSwitch, PeakSwitch и TinySwitch [8] могат да се приложат за разглежданото приложение. Чрез тях се реализират компактни и високо ефективни захранващи блокове, оразмеряването на които се извършва чрез програма PLEExpert. Практическото им приложение дава възможност за подмяна на отделни апарати в съществуващо релейно оборудване, като с това не се налага цялостна му преработка.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1]. Александров А., **Електрически апарати**. София, Херон Прес, 2002.
- [2]. Анчев М., М. Минчев, **Системи за непрекъсваемо електрическо захранване**. София, Авангард Прима 2008.
- [3]. Браун Марти. **Токозахранващи устройства**. София, Техника 2005.
- [4]. Erickson R, Maksimovic D, **Fundamentals of Power Electronics**. New York, Kluwer Academic Publishers, 2004.
- [5]. Каталог на АBB. **Електроапаратура за управление и сигнализация**. 2010
- [6]. Каталог на АBB. **Contactors and contactor relays with ring tongue terminals, DC Operated**. ABB press 2010.
- [7]. <http://www.abb.com/>
- [8]. <http://www.powerint.com/>

За контакти:

инж. д-р. Борислав Христов Димитров, главен асистент в катедра “Електротехника и електротехнологии” при ЕФ на ТУ-Варна, кабинет 832Е, тел. 052/383540.
email: bdimitrov@processmodeling.org
инж. д-р Христофор Пеков Тахрилов, доцент в катедра “Електротехника и електротехнологии” при ЕФ на ТУ-Варна, кабинет 836Е, тел. 052/383323.
email: h.tahrilov@gmail.com

Рецензент: доц.д-р.инж. Гочо Карагъзов

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЕЛЕКТРОМАГНИТНА СИСТЕМА НА ТОВАРОПОДЕМЕН ЕЛЕКТРОМАГНИТ, РАБОТЕЩ С ПОСТОЯННИ МАГНИТИ

A STUDY OF A PERMANENT ELECTROMAGNETIC LIFTING SYSTEM

Борислав Димитров

Христофор Тахрилов

Резюме: Товароподемните електромагнити представляват изпълнителни механизми, използвани за преместване на метални детайли. В статията се разглежда възможността за използване на неодимови магнити (NdFeB) в конструкцията на електромагнитната система, което има за цел да понижи консумацията на електрическа енергия. При това чрез използване на постоянни магнити се повишава енергийната ефективността на съоръжението. Изследванията са направени чрез модел, реализиран посредством метод на крайните елементи, резултатите от който са сравнени с експериментални данни, получени от експериментален образец на товароподемния електромагнит.

Ключови думи: товароподемнен електромагнит, неодимови магнити, NdFeB.

Abstract: Lifting electromagnets are actuators employed for lifting and transferring steel objects. The article examines the possibility to use neodymium magnets (NdFeB) in the electromagnetic system construction, which aims at reducing energy consumption. Moreover, using permanent magnets increases the system efficiency. The investigations were conducted through a model based on the finite element method, and the results were compared with the experimental data obtained from an experimental model of the lifting electromagnet.

Keywords: lifting electromagnets, permanent magnet, NdFeB.

I. ВЪВЕДЕНИЕ

Товароподемните електромагнити [8,9], изпълнени чрез постоянно-токова електромагнитна система, се използват за повдигане и преместване на метални товари. Тяхната консумация на електроенергия зависи от габарита и развиваната сила, респективно от масата на повдигания товар. Целта на предложената разработка е да се изследва възможността за използване на електромагнит, работещ съвместно с постоянни NdFeB (неодимови) магнити. Необходимата сила се получава като сума от тази на двете системи, което позволява да се понижи консумираната електроенергия. Заедно с това, изискването е товарът да се освободи при изключване на захранването на електромагнита. Изследванията са направени чрез симулационна процедура, реализирана с помощта на специализиран софтуер [6,7], работещ с метод на крайните елементи (МКЕ) и експеримент, чрез изработен експериментален образец. Масо-габаритните и електрическите

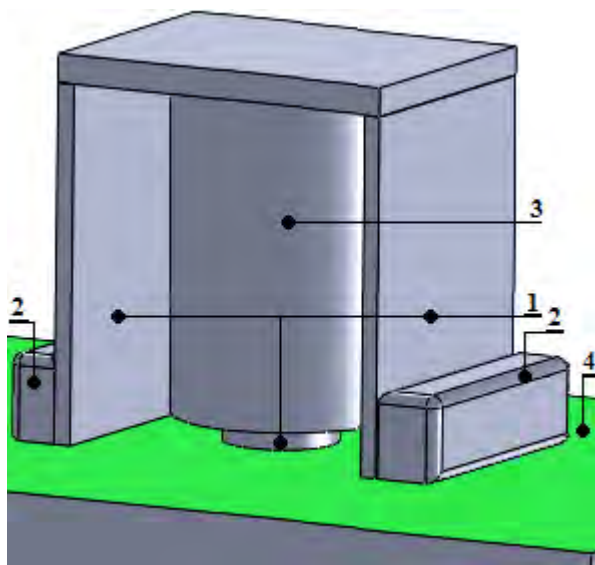
параметри на системата са оразмерени съгласно фундаменталната теория [1,3,4], след което се пристъпва към нейното моделиране [2,3,5,6,7], с цел анализ на разпределението на електромагнитните и топлинни полета.

II. АНАЛИЗ

Геометричният модел на товароподемния електромагнит е показан на фиг.1. Експерименталните изследвания са извършени с образци с геометрични размери, вариращи в определен диапазон. Според посочените означения на фиг.1:

- 1 – магнитопровод (височина/ ширина/ дебелина): 70x60x4÷95x75 X5 mm; диаметър на ядрото: 30mm.
- 2 – постоянни NdFeB магнити, закрепени неподвижно от двете страни на електромагнитната система, с размери - 15x10x60÷25x25x75mm
- 3 – бобина - външен диаметър 65÷75 mm; височина - 55÷90mm; номинално напрежение - 20÷80V DC;
- 4 – товар - стоманен монолитен блок или палет с насипен товар.

Експериментите са проведени с тегло в диапазона 15÷50kg, повдигането на което се осигурява равномерно от електромагнита и постоянните магнити.



Фиг.1. Геометричен модел на изследвания товароподобен електромагнит.

1 – магнитопровод; 2 – постоянни NdFeB магнити; 3 – бобина; 4 – товар.

Реализираната симулация чрез МКЕ изисква съставяне на мултифизична изчислителна процедура чрез следните три задачи [6,7]:

- Електромагнитна задача (*AC Power Electromagnetics*) – въвеждане на параметрите на електромагнитната система.
- Магнитостатична задача (*Magnetostatics, No Current*) – въвеждане на параметрите на постоянните магнити.
- Термична задача (*General Heat Transfer*) – дава разпределението на температурата в цялата система.

В електромагнитна задача се въвеждат магнитните и електрическите параметри на средата и протичащият през бобината ток. Магнитните параметри се определят чрез условия:

- $$\begin{aligned} B = \mu_0 \mu_r H; \\ (j\omega\sigma - \omega^2 \varepsilon_0 \varepsilon_r) A + \nabla \times \\ \times (\mu_0^{-1} \mu_r^{-1} \nabla \times A) - \\ - \sigma \cdot v \times (\nabla \times A) = (\sigma \Delta V / L + J_z^e) e_z, \end{aligned} \quad (1)$$

- $$\begin{aligned} B = \mu_0 H + \mu_0 M; \\ (j\omega\sigma - \omega^2 \varepsilon_0 \varepsilon_r) A + \nabla \times \\ \times (\mu_0^{-1} \nabla \times A - M) - \\ - \sigma \cdot v \times (\nabla \times A) = (\sigma \Delta V / L + J_z^e) e_z, \end{aligned} \quad (2)$$

- $$\begin{aligned} B = \mu_0 \mu_r H + B_r \\ (j\omega\sigma - \omega^2 \varepsilon_0 \varepsilon_r) A + \nabla \times \\ \times (\mu_0^{-1} \mu_r^{-1} (\nabla \times A - B_r)) - \\ - \sigma \cdot v \times (\nabla \times A) = (\sigma \Delta V / L + J_z^e) e_z, \end{aligned} \quad (3)$$

където: $A = A_z e_z$; v [m/s] – скорост; M [A/m] – намагнитване; B_r [T] – остатъчна индукция; L [m] – характеричен размер – дължина; σ [S/m] – електрическа проводимост; ΔV [V] – потенциална разлика; J_z^e [A/m²] – плътност на тока.

Електрическите параметри се формулират чрез условия:

- $D = \varepsilon_0 \varepsilon_r \cdot E$: използва уравнение (1).
- $D = \varepsilon_0 \cdot E + P$:

$$\begin{aligned} (j\omega\sigma - \omega^2 \varepsilon_0) A_z + \nabla \times \\ \times (\mu_0^{-1} \mu_r^{-1} (\nabla \times A_z - B_r)) - \\ - \sigma \cdot v \times (\nabla \times A_z) = \sigma \Delta V / L + J_z^e + j\omega P_z \end{aligned} \quad (4)$$

- $D = \varepsilon_0 \varepsilon_r \cdot E + D_r$:
- $$\begin{aligned} (j\omega\sigma - \omega^2 \varepsilon_0 \varepsilon_r) A_z + \nabla \times \\ \times (\mu_0^{-1} \mu_r^{-1} (\nabla \times A_z - B_r)) - \\ - \sigma \cdot v \times (\nabla \times A_z) = \sigma \Delta V / L + J_z^e + j\omega D_{rz} \end{aligned} \quad (5)$$

където: ε_r – относителна диелектрична проникваемост; P_z [C/m²] – поляризация; A_z [Wb/m] – плътност на потока.

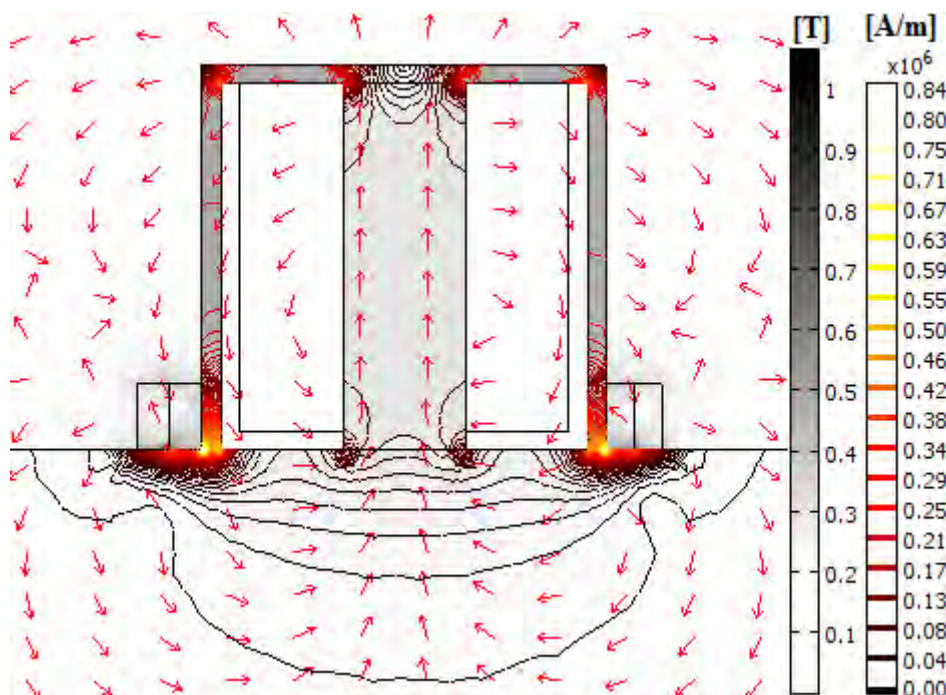
Необходимите гранични условия на електромагнитната задача са:

- Магнитна изолация (*Magnetic insulation*), определена за крайните граници на модела:

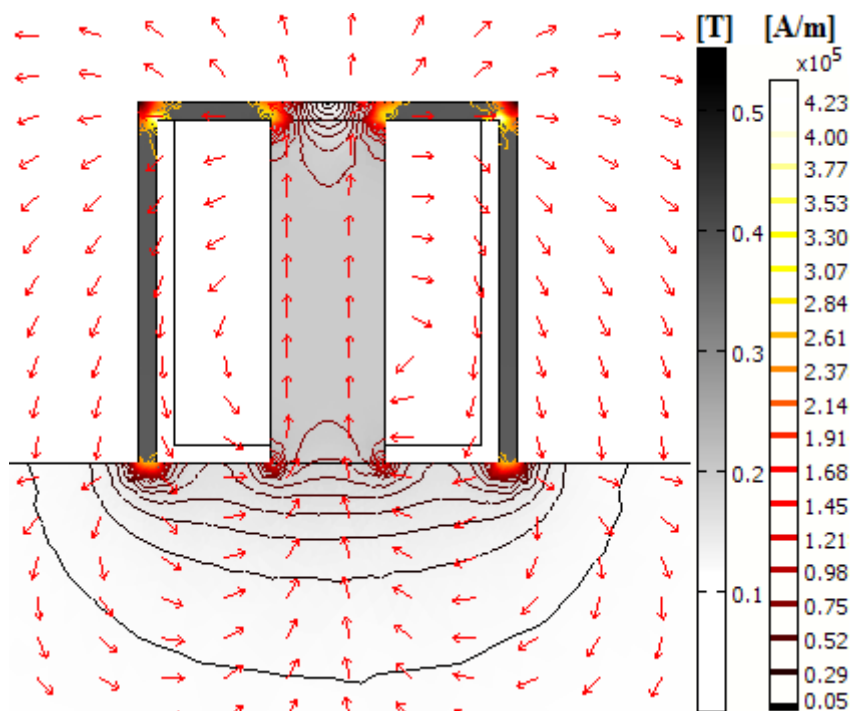
$$A_z = 0 \quad (6)$$

- За всички вътрешни граници се използва условие непрекъснатост (*Continuity*):

$$n \times (H_1 - H_2) = 0 \quad (7)$$



Фиг.2. Резултат от изчислителната процедура чрез МКЕ, показващ разпределението на индукцията [Т] и напрегнатостта на полето [А/м] в магнитопровода, постоянните магнити и товара.

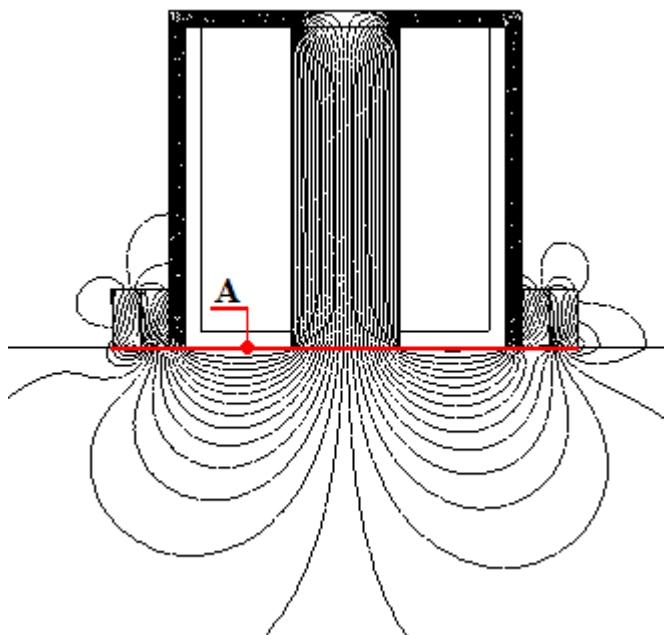


Фиг.3. Симулация на модела без използване на NdFeB магнити.

За съставяне на магнитостатичната задача е необходимо предварително да се определи индукцията на постоянните магнити. В конкретния случай се работи с няколко размера неодимови магнити, което позволява експериментите да се проведат с товари с различна маса. Индукцията им варира в границите

0,4÷0,7Т. Средата се инициализира чрез условие $B = \mu_0 H + \mu_0 M$, като уравнение (2) придобива вид:

$$\nabla \times (\mu_0^{-1} \nabla \times A - M) - \sigma \nabla \times (\nabla \times A) = (\sigma \Delta V / L + J_z^e) e_z \quad (8)$$



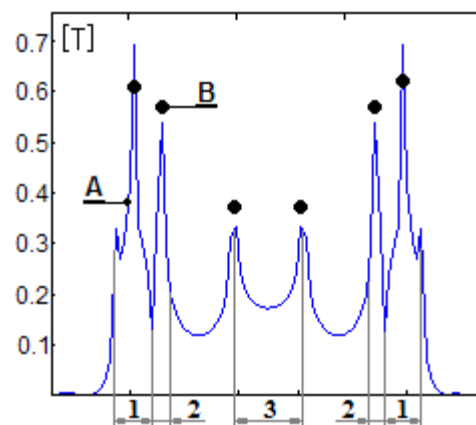
Фиг.4 Разпределение и форма на потока през системата и потока на разсейване.
А – въздушна междина между електромагнитната система, магнитите и товара

Граничните условия са без промяна от посочените по-горе уравнения (6), (7).

Резултатът от описаните две задачи е показан на фиг.2 – индукция и напрегнатост на полето. С цел сравнение е предложен модел без постоянни магнити (фиг.3), от който се виждат по-ниски стойности при същите условия. Във този случай, за да се получи товароподемна система с характеристиките на тази от фиг.2, е необходимо да се увеличи тока през бобината, което води до повишаване на температурата ѝ и по-голям разход на електроенергия.

На фиг.4 е показан потокът през системата и разсеяният поток, дължащ се на наличие на въздушни междини между отделните компоненти. На същата фигура е посочена права А, по която се извършва сравнителен анализ симулация-експеримент, предложен на фиг.5. Същата показва стойността на индукцията от изчислителната процедура (графика А), получена срещу постоянните магнити (1), бедрата (2) и ядрото (3) на електромагнитната система. С точки (В) е означена индукцията от измерване с тесламетър. Получената разлика се получава в резултат на въздушната междина, получена при разположение на измервателната сонда, която поради

случайния си характер не се отчита в съставения модел.



Фиг.5. Сравнение между индукцията, получена от симулация (А) и експеримент (В), отчетени по права А от фиг.4:
1 – постоянни магнити; 2,3 – бедра и ядро на електромагнитната система

Термичната задача е третият модул от мултифизичната симулация, като чрез нея се получава разпределението на температурата в системата електромагнит-постоянни магнити-товар и околното пространство. Параметрите на средата се определят чрез [6]:

$$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} + \nabla(-k \nabla T) = Q + q_s T, \quad (9)$$

където: k – топлопроводност [$W/(m.K)$]; ρ – плътност [kg/m^3]; C_p – топлинен капацитет [$J/(kg.K)$]; q_s – плътност на топлинния поток [$W/(m^3.K)$]; Q – мощност на топлинния източник [W/m^3];

Източник на топлинните загуби при изследваната DC електромагнитна система се явява бобината. Тяхната стойност не се задава като константа, а се определя от изчислителната мултифизична процедура.

Граничните условия се определят в следната последователност:

- Изолация (Insulation) – крайни граници на модела:

$$-n \cdot (-k \nabla T) = 0 \quad (10)$$

- Топлинен поток между системата и околната среда. Използва се лъчист топлообмен повърхност – околна среда и естествена конвекция :

$$\begin{aligned} -n_u \cdot (-k_u \nabla T_u) - n_d \cdot (-k_d \nabla T_d) = \\ = q_0 + h(T_{inf} - T) + \varepsilon \sigma (T_{amb}^4 - T^4) \end{aligned} \quad (11)$$

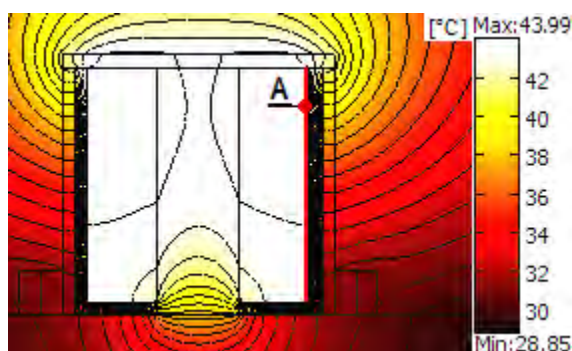
където: h – топлопроводност [$W/(m^2.K)$]; q_0 – топлинен поток [W/m^2]; T_{inf} – начална температура [K]; ε – коефициент на чернота; T_{amb} – температура на околната среда [K];

- При определяне на граничните условия на лъчист топлообмен между две повърхности (бобина-магнитопровод, магнитопровод-товар и др.), последното уравнение придобива следния вид:

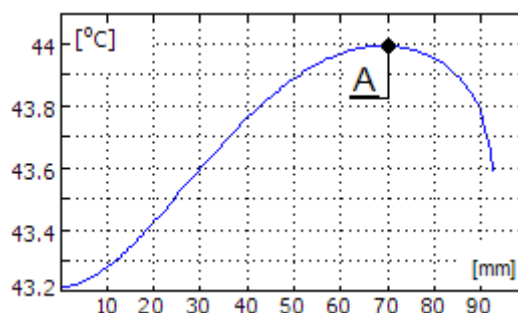
$$\begin{aligned} -n_u \cdot (-k_u \nabla T_u) - n_d \cdot (-k_d \nabla T_d) = \\ = q_0 + h(T_{inf} - T) + \varepsilon (G - \sigma T^4); \quad (12) \\ (1 - \varepsilon)G = J_0 - \varepsilon \sigma T^4 \end{aligned}$$

Полученото температурно поле е показано на фиг.6. За съпоставка на симулационните и експерименталните данни е използвана т.А, показваща максималната температура на повърхността на бобината (фиг.7). В същата точка са направени експерименталните измервания, показани на фиг.8. Графики 1 и 2 показват температурата на товароподемна система,

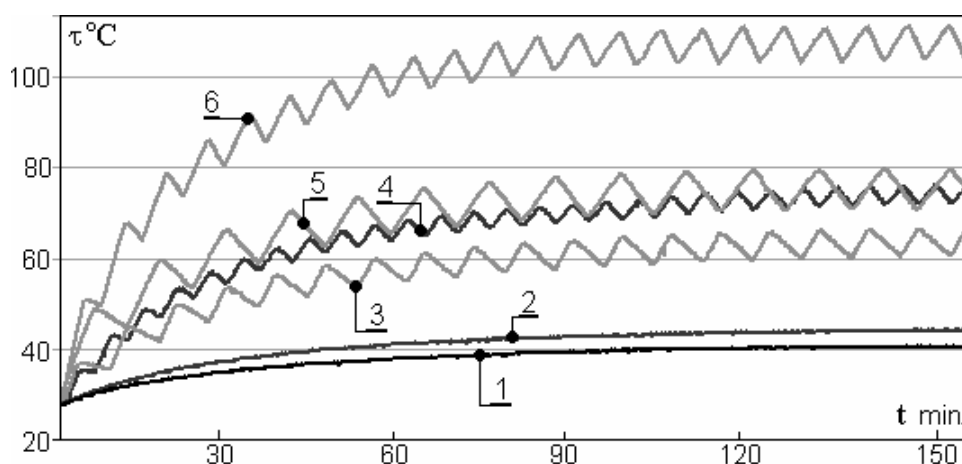
изпълнена с постоянни магнити и непрекъснат режим на работа, предназначена за повдигане на 30-40kg стоманен блок. Грешката се получава в диапазона $\varepsilon = 4 \div 6\%$. При това 15kg (20kg) се повдигат от електромагнита, захранен с напрежение 20V – графика 1 (30V – графика 2). Останалите 15kg (20kg) се осигуряват от магнитите, при което се гарантира сигурното освобождаване на товара след изключване на захранването. На фиг.8 са показани и графики на изменение на температурата на същата електромагнитна система, работеща без постоянни магнити. В този случай необходимото захранващо напрежение за получаване на същата подемна сила достига 60-70V. Експериментът показва, че системата не може да работи в непрекъснат режим, поради прегряване на намотката. Графики 3÷6 представляват запис на температурата при различна продължителност на времената работа/пауза, както следва: 3 – 2min/4min; 4 – 2min/2min; 5 – 4min/4min; 6 – 3min/2min.



Фиг.6. Температурно поле в установен режим. А – точка на максимална температура на повърхността на бобината,



Фиг.7. Разпределение на температурата по повърхността на бобината. А – точка на максимална температура (фиг.6).



Фиг.8. Експериментално изследване на товароподобен електромагнит.

1, 2 – електромагнитна система с постоянни NdFeB магнити; 3÷6 електромагнитна система без постоянни магнити, работеща при различни режими на работа и пауза.

III. ИЗВОДИ

Съпоставката между конструкциите на товароподобен електромагнит, работещ със и без постоянни магнити показва, че първият определя по-добри енергийни параметри, разходът на електроенергия е по-малък и позволява продължителна работа. Последното условие за същата товароподобност се постига от самостоятелен електромагнит чрез преоразмеряването му, което значително увеличава масогабаритните показатели.

Проведеният анализ чрез използване на симулационна изчислителна процедура, реализирана чрез МКЕ, дава възможност да се определят индукциите в системата, напрегнатостта на магнитното поле и разпределението на температурното поле. Мултифизичният модел е изграден чрез три базисни задачи, описани с посочените уравнения [6,7]. Входните му параметри са определени чрез предварителен разчет на системата [1,3,4]. Симулацията дава задоволителна точност при сравняването на резултатите с експериментални данни, което налага извода, че използваният подход на работа може да се използва в процеса на проектиране на устройства от изследвания вид.

Моделирането на системата предоставя допълнителна възможност за анализ при работа с няколко системи, повдигащи общ товар. При това е необходимо да се разгледа взаимното разположение на електромагнитите и

постоянните магнити, с цел получаване на оптимални характеристики спрямо зададени критерии.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1]. Александров А. **Електрически апарати**. София, Херон Прес, 2002.
- [2]. Александров А. **Компютърно проектиране на електрически апарати**. Авангард Прима, София 2004
- [3]. Буль О. **Методы расчета магнитных систем Электрических аппаратов**. Магнитные цепи, поля и программа FEMM. Москва 2005.
- [4]. Гордон. А, А. Сливинская. **Электромагниты постоянного тока**. Государственное Энергетическое издательство, Москва 1960.
- [5]. Ячев. И, И. Маринова. **Числени методи и моделиране на вериги и полета**. ТУ-София 2007.
- [6]. **COMSOL AC/DC Module User's Guide**, Документация към програма Comsol Multiphysics 4.0, 2010.
- [7]. <http://www.comsol.com/>
- [8]. <http://www.liftmagnets.net/>
- [9]. <http://lifting-magnets-china.com/>

За контакти:

инж. д-р. Борислав Христов Димитров, главен асистент в катедра "Електротехника и електротехнологии" при ЕФ на ТУ-Варна, кабинет 832Е, тел. 052/383540.

email: bdimitrov@processmodeling.org

инж.д-р Христофор Пеков Тахрилов, доцент в катедра "Електротехника и електротехнологии" при ЕФ на ТУ-Варна, кабинет 836Е, тел. 052/383323.

email: h.tahrilov@gmail.com

Рецензент: доц. д-р. инж. Гочо Карагъзов

ИЗСЛЕДВАНЕ НА КОЕФИЦИЕНТА НА ПОЛЕЗНО ДЕЙСТВИЕ НА ИНДУКЦИОНЕН КОТЛОН

RESEARCH OF THE ENERGY EFFICIENCY COEFFICIENT OF AN INDUCTION - HEATING PLATE

Янита Славова

Резюме: Предложен е подход за оценяване на коефициента на полезно действие на битови термични електроуреди – индукционен котлон за приготвяне на храна. Той е базиран на теоретични постановки на битови и промишлени електросъоръжения с подобни режими на работа и експлоатация. Оценено е влиянието на някои експлоатационни фактори върху коефициента на полезно действие на индукционен котлон. Получени са интересни, от практическа гледна точка, резултати, които позволяват разработването на математични модели за бъдеща оптимизация.

Ключови думи: енергийна ефективност, индукционен котлон, коефициент на полезно действие.

Abstract: This study presents an approach for evaluation of the efficiency of thermal household appliances: an induction heating plate, in particular. It is based on theoretical formulations for domestic and industrial electrical appliances and devices with a similar mode of operation. The impact of some operative factors on the efficiency of an induction heating plate has been evaluated. The obtained results present interest from a practical viewpoint and allow development of mathematical models for further optimization.

Keywords: energy efficiency, induction heating plate, efficiency coefficient.

I. ВЪВЕДЕНИЕ

През последните години се утвърждават тенденции за разработване на икономически, екологично чисти, с максимален коефициент на полезно действие, с възможност за вграждане в произволен интериор и съвременен дизайн, електроуреди. Въпреки, че внасят голямо удобство в домакинството, битовите електроуреди са и основните консуматори на електроенергия. Икономията на електроенергия е проблем не само на отделния потребител, но и световен, обуславян от една страна от голямото потребление, а от друга страна - от криза в производството. За това въпросът за разработване и внедряване в практиката на икономични съоръжения е международен приоритет.

Във всяко домакинство се среща уред за приготвяне на храна – електрически печки или електрически котлони. През последните години се забелязва ръст в производството на битови електроуреди, като тенденцията е към

вграждане на тези съоръжения. До сега най - актуални на пазара бяха стъклокерамичните плотове за приготвяне на храна, но сега тотален хит на пазара са индукционните котлони и плотове, ето защо въпросите за тяхното усъвършенстване, разнообразие и икономичност стават все по – актуални.

II. АНАЛИЗ

Основен критерий за определяне на енергийната ефективност на електротермичните уреди за бита е техният коефициент на полезно действие. В тази връзка целта на настоящата статия е да се изследва КПД на индукционен котлон.

В стандартите не е указан начинът на изчисление на η за индукционен котлон [1, 2]. Като се отчита, че той спада към групата на електрическите нагревателни плочи, в изследването се приема, че КПД може да се определи по следната зависимост:

$$\eta = \frac{G \cdot C_p \cdot T}{E \cdot K} \cdot 100 = 20,5 \cdot \frac{G}{E} \cdot 100, \% \quad (1)$$

където:

K- корекционен коефициент $J \cdot W^{-1} \cdot h^{-1}$,

G – маса на стандартен алуминиев блок, kg,

C_p – специфична топлемост на алуминиевия блок (C_p = 922 J.kg⁻¹.K⁻¹),

T – повишаване на температурата – 80 K,

E – консумирана енергия, Wh.

Базирайки се на начина на провеждане на експерименталното определяне на КПД на електрическа плоча [2], провеждаме и експериментално изследванията за индукционния котлон (ИК). Отчитайки особеността на индукционните котлони, а именно, че те работят със специални съдове от подходящ материал например направени от стомана, емайлирани или сплав на стоманата. Съдовете, които са направени от мед или нейна сплав, с алуминиеви дъна или стъклени не са подходящи за използване при индукционните котлони. Трябва също да се има предвид, че диаметърът на нагревателната зона съответства на диаметъра на съда поставен върху индукционния котлон. Според стандарта [2] за определяне на КПД на електрическа плоча стандартният алуминиев блок може да се замени със загряване на определено количество вода. Изпитването се провежда като върху нагревателната повърхност е поставен съд, предварително напълнен със студена вода. За провеждане на изпитването се нагрява определено количество вода, което трябва да съответства на стойностите, посочени в стандарта (таблица 1).

Табл. 1. Стандартни размери за диаметрите на нагревателните зони и съответстващото им количество течност

Номинален диаметър [mm]	Количество вода [dm ³]
145	0,7
180	1,0
220	1,5

Определеният КПД може да се приеме като условен (УКПД), т.к. се

провежда съгласно методиката на БДС, но не отговаря на стандартните изисквания.

С цел определяне на коефициента на полезно действие са проведени експериментални изследвания на индукционен котлон модел -ALASKA IC 1800 със следните технически данни:

- номинално напрежение: 220 - 240 V;
- честота - 50Hz;
- инсталирана мощност - 1800W.

С този уред могат да се използват със специален тип съдове, които трябва да са с диаметри от 120 mm до 260 mm. Експериментите са проведени със съдове с най – често използвани диаметри - ø145 mm, ø180 mm и ø220 mm – табл. 1 [2].

Данните за стойностите на УКПД на индукционен котлон за номиналната му мощност -1800 W, при стандартни диаметри и стандартно количество нагрявана течност (табл.1) са показани в табл. 2.

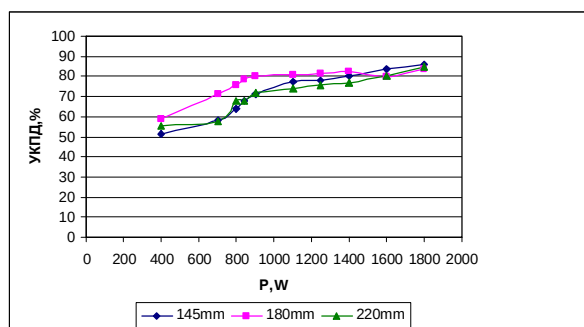
Табл. 2. УКПД на индукционен котлон за номиналната му мощност

Диаметър на нагряваната зона	Време за нагряване	Консумирана енергия	УКПД
mm	min	Wh	%
145	3	76	85,8
180	4	111	83,7
220	6	165	84,6

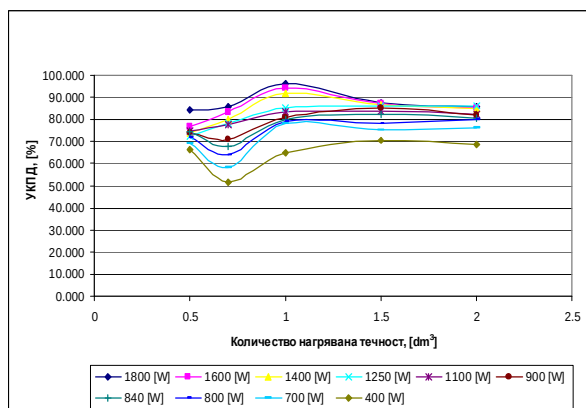
Резултатите от експерименталните изследвания, за нагревателни зони ø145 mm, ø180 mm и ø220 mm за всички мощности, при съответното стандартно количество нагрявана течност са показани на фиг. 1.

Експериментално е оценено и влиянието на количеството нагрявана течност. За целта освен със стандартното количество течност, което е 0,7 dm³ за ЕНП ø145 mm, 1,0 dm³ за ø180 mm и 1,5 dm³ за ø220 mm [2], са проведени и експерименти с 0,5 dm³, 1,0 dm³, 1,5 dm³ и 2,0 dm³ вода за нагревателна зона ø145

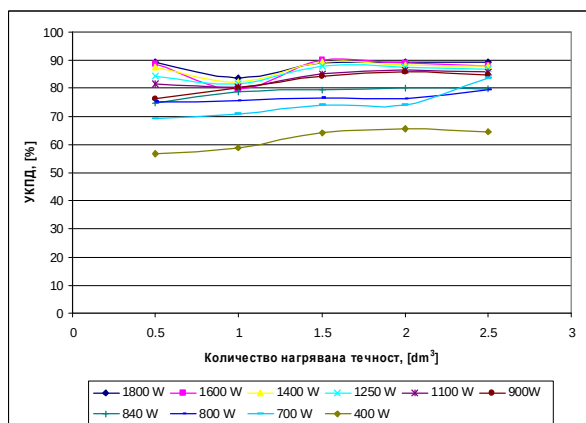
mm, както и с $0,5 \text{ dm}^3$, $1,5 \text{ dm}^3$, $2,0 \text{ dm}^3$ и $2,5 \text{ dm}^3$ – за нагревателна зона $\varnothing 180 \text{ mm}$.



Фиг. 1. Зависимост на УКПД от мощността за нагревателни зони $\varnothing 145 \text{ mm}$, $\varnothing 180 \text{ mm}$ и $\varnothing 220 \text{ mm}$.

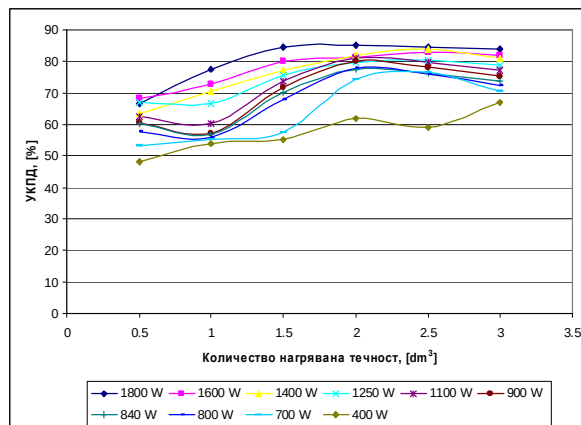


Фиг. 2. Зависимост на условия КПД от количеството нагрявана течност за нагревателна зона $\varnothing 145 \text{ mm}$.



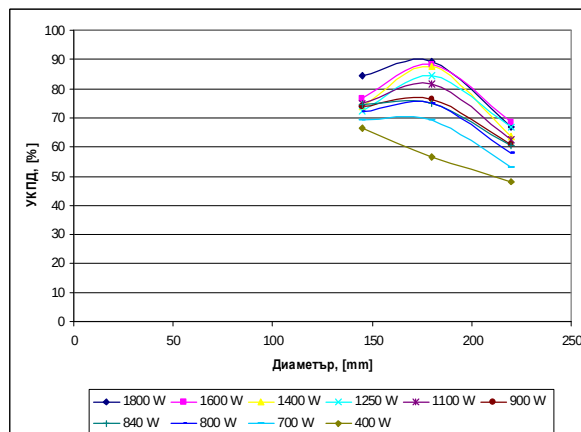
Фиг. 3. Зависимост на условия КПД от количеството нагрявана течност за нагревателна зона $\varnothing 180 \text{ mm}$.

За нагревателна зона $\varnothing 220 \text{ mm}$ са проведени допълнителни експериментални изследвания с количество нагрявана течност $0,5 \text{ dm}^3$, $1,0 \text{ dm}^3$, $2,0 \text{ dm}^3$, $2,5 \text{ dm}^3$ и $3,0 \text{ dm}^3$. За всички експерименти са определени условни КПД. Получените резултати са представени графично на фиг. 2 за нагревателна зона $\varnothing 145 \text{ mm}$, фиг. 3 за нагревателна зона $\varnothing 180 \text{ mm}$, а за нагревателна зона $\varnothing 220 \text{ mm}$ на фиг. 4.

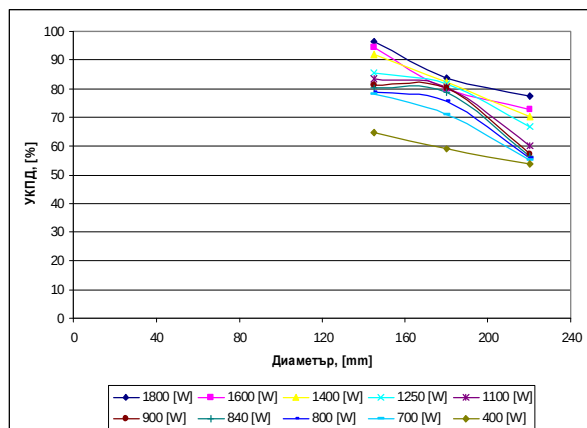


Фиг. 4. Зависимост на условия КПД от количеството нагрявана течност за нагревателна зона $\varnothing 220 \text{ mm}$.

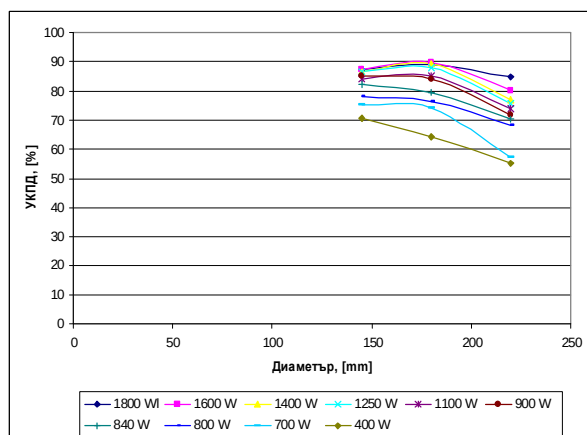
От така направените експерименти може да се направи оценка за влиянието на диаметъра на нагряваната зона (респ. на диаметъра на използвания съд) върху условия КПД на индукционен котлон, като получените резултати за всички мощности са представени на фиг.5, 6, 7 и 8.



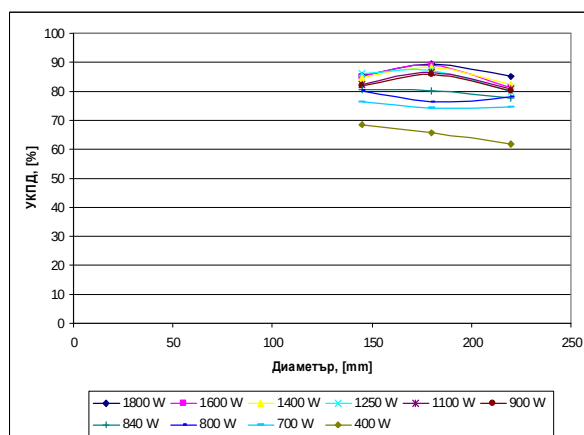
Фиг. 5. Зависимост на условия КПД от диаметъра (на съда) за нагревателна зона, при количество нагрявана течност $0,5 \text{ dm}^3$.



Фиг. 6. Зависимост на условия КПАД от диаметра (на съда) за нагревателна зона, при количество нагривана течност $1,0 \text{ dm}^3$.



Фиг. 7. Зависимост на условия КПАД от диаметра (на съда) за нагревателна зона, при количество нагривана течност $1,5 \text{ dm}^3$.



Фиг. 8. Зависимост на условия КПАД от диаметра (на съда) за нагревателна зона, при количество нагривана течност $2,0 \text{ dm}^3$.

Получените експериментални резултати могат да дадат само една сравнителна оценка, но не и реална представа, за въздействието на комплекса от фактори върху КПД на индукционен котлон. Предварителното им анализиране показва, че тяхното практическо изследване е затруднено, тъй като много трудно може да се осигури едновременното им въздействие. Експериментално може да се оцени коефициентът на полезно действие при различни действащи фактори, но не може да се отчете кое въздействие е най-силно и какъв е неговият характер.

III. ИЗВОДИ

От проведените експериментални изследвания могат да се направят следните изводи:

1. Най-високият КПД се получава при нагревателна зона с диаметър $\varnothing 145 \text{ mm}$ – 85,81%. За нагревателни зони с $\varnothing 220 \text{ mm}$ и $\varnothing 180 \text{ mm}$ е съответно - 84,66% и 83,7%, като всичките са за мощност 1800 W – при стандартно количество течност.

2. С увеличаване на количеството нагривана течност при нагревателна зона $\varnothing 145 \text{ mm}$, условият КПД се увеличава средно с 4 % за 1800 W, при 1250 W – с 7,2 %, а при 840 W – с 12 %. При нагревателна зона с диаметър $\varnothing 180 \text{ mm}$, условият КПД се увеличава средно с 5,7 % за 1800 W, 1250 W и 400 W. За $\varnothing 220 \text{ mm}$, условият КПД се увеличава средно с 1 % за 1800 W, при 1250 W – с 4 %, при 840 W – с 7 %, а при 400 W – с 6 %.

3. С намаляване на количеството нагривана течност (от стандартното) при нагревателна зона $\varnothing 145 \text{ mm}$, условият КПД намалява средно с 1 % за 1800 W, а при 1250 W – с 5,5 %. При нагревателна зона с диаметър $\varnothing 220 \text{ mm}$, условият КПД се намалява с 12 %.

4. С увеличаване на диаметра на съда за нагревателна зона $\varnothing 145 \text{ mm}$ с 24 %, условият КПД намалява с 12,5 %, а с намаляване на диаметра на съда с 29 % при зона $\varnothing 220 \text{ mm}$ – се увеличава 6,2 % (за количество нагривана течност $1,0 \text{ dm}^3$ и 1800 W).

5.Оптималният режим на работа – (максималния УКПД) за индукционен котлон ALASKA IC 1800 C е 96,3 % при диаметър на нагревателната зона (диаметър на съда) $\varnothing 145\text{mm}$, с мощност 1800 W и количество нагрявана вода 1,0 dm³.

В заключение от получените експериментални резултати следва, че УКПД на индукционен котлон е най - висок в сравнение с останалите плочи (чугунени, ситалови). Това се дължи на факта, че топлината се генерира директно в нагрявания съд, а не се предава чрез топлопроводност. Получените резултати биха могли да послужат за по-нататъшно моделиране на влиянието на експлоатационните и конструктивните фактори върху ефективността на индукционния котлон и оптимизиране на техническите характеристики при неговата експлоатация.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. БДС 63/1-90, Уреди електрически битови – общи електрически изисквания за безопасност и методи на изпитване.
[2]. БДС 1732-85, Печки готварски и котлони електрически битови.

За контакти:

инж. Янита Славова, главен асистент в Катедра "Електротехника и електротехнологии" при ЕФ на -Варна, ул. Студентска № 1, 835Е,
e-mail: slavova_yanita@tu-varna.bg;
slaw_jan@abv.bg

Рецензент:

доц. д-р инж. Марин С. Маринов - ТУ-Варна

ЕЛЕКТРОЛИЗЕРИ ЗА ПРОИЗВОДСТВО НА ОКСИВОДОРОД. ВЛИЯНИЕ НА ЦИРКУЛАЦИЯТА НА ЕЛЕКТРОЛИТА И РАЗСТОЯНИЕТО МЕЖДУ ЕЛЕКТРОДИТЕ ВЪРХУ ЕФЕКТИВНОСТТА

ELECTROLYTIC CELLS FOR OXIHYDROGEN PRODUCTIONS. EFFECTS OF CIRCULATION OF THE ELECTROLYTE AND THE ELECTRODE GAP ON THE EFFECTIVENESS.

Росен Василев, Ивайло Неделчев

Резюме: В доклада са описани някои от основните конструкции електролизери, и са представени изследванията на тяхната ефективност в зависимост от скоростта на потока на електролита, циркулиращ принудително в тях; а също така са представени зависимостите на ефективността от големината на работния ток при наличие на принудителна циркулация и без такава.

Ключови думи: електролизер, ефективност, циркулация.

Abstract: The report describes some of the main electrolytic cell constructions, and presented research on their effectiveness depending on the speed of flow of electrolyte circulating forced into them, and also presents the dependencies of the effectiveness of the size of the working current in the presence of circulation and without such.

Key words: circulation, effectiveness, electrolytic cell.

I. ВЪВЕДЕНИЕ

Известно е, че с помощта на електролизери може да бъде разделена молекулата на водата на съставните водород и кислород в газообразно молекулно състояние.

При добавяне на силен електролит напр. NaOH или KOH, в разтвора протича електролитна дисоциация и се образуват два типа катиони – водородни H^+ и натриеви или калиеви (Na^+, K^+) и хидроксилни аниони (OH^-). При зареждане на електролизерите с такъв електролит и прилагане на постоянно напрежение към изводите на посочените по-долу конструкции, в тях протича електролиза (движение на получените йони в разтвора) и се осъществява процес на разделяне на водната молекула. Съгласно реда на относителната активност на елементите, на катода протича следната реакция:

първична реакция: $H^+ + e^- \rightarrow H$

вторична реакция: $H + H \rightarrow H_2$

На анода протича процес:

първична реакция:

$4OH^- - 4e^- \rightarrow 4OH$

вторична реакция:

$4OH \rightarrow 2H_2O + O_2$

За да протече тази реакция е необходимо напрежение $U > 1,23V$.

Съществуват различни типове конструкции на електролизери, които осъществяват този процес без да разделят кислорода и водорода и по този начин на изхода им се получава сместа от тези два газа, наречена оксигенород или браунгаз (по името на известния български изобретател Илия Вълков – Юл Браун). Важен параметър на всички електролизери е тяхната ефективност, която представлява отношението на обема произведен оксигенород към енергията, употребена за отделянето му. Най-често тази ефективност се бележи с MMW (от първите букви на мерните единици използвани в дефинирането ѝ), тъй като обемът е представен в милилитри (ml), а енергията във ватминути (Wmin).

$$MMW(ml / W \min) = \frac{V(ml)}{E(W \min)}$$

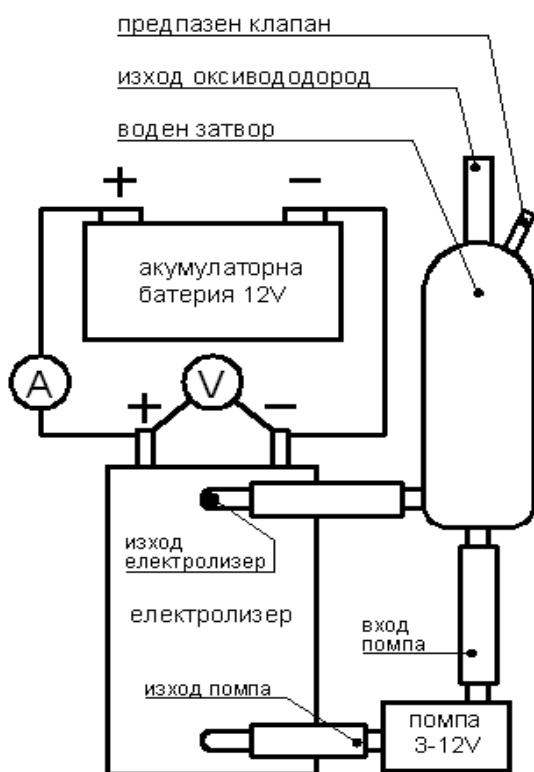
В достъпната литература не са публикувани данни за влиянието на параметрите на циркулацията върху ефективността на процесите.

Целта на разработката е да се представят изследванията на някои от основните конструкции електролизери, при наличие или липса на принудителна

циркуляция — зависимость на ефективността от скоростта на потока на електролита, и големината на работния ток.

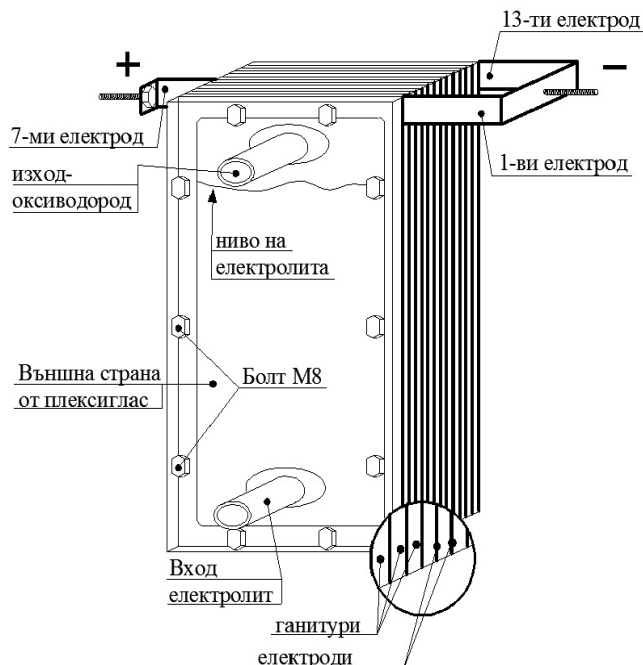
II. ИЗЛОЖЕНИЕ

Един от проблемите при производството на оксиген е, че поради повърхностното напрежение, по плочите се захващат малки мехурчета, които се отделят по-трудно на повърхността на електролита. Това довежда до трайно намаляване на общата ефективна площ на използваните електроди, тъй като съприкосновението им с разтвора намалява за сметка на мехурчетата газ, а от там се забавя процеса на електролизата. Едно от решенията на този проблем е прилагането на принудителна циркулация на електролита в обема на работните клетки на електролизера. За осъществяването на тази циркулация при изследваните конструкции на електролизери, е използвана помпа работеща с постоянно напрежение от 3 до 12V и дебит съответно от 1,7 л/мин. до 6 л/мин. На фиг.1 е посочена общата схема за производство на оксиген.

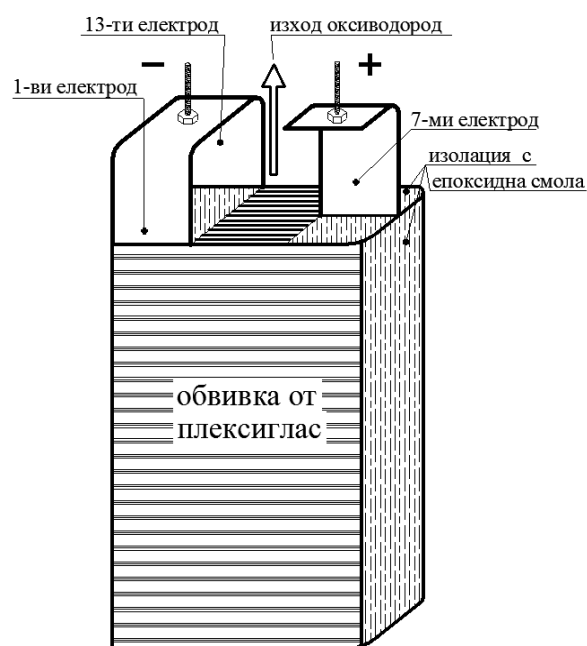


Фиг.1 Обща схема за производство на
оксиген с помпа.

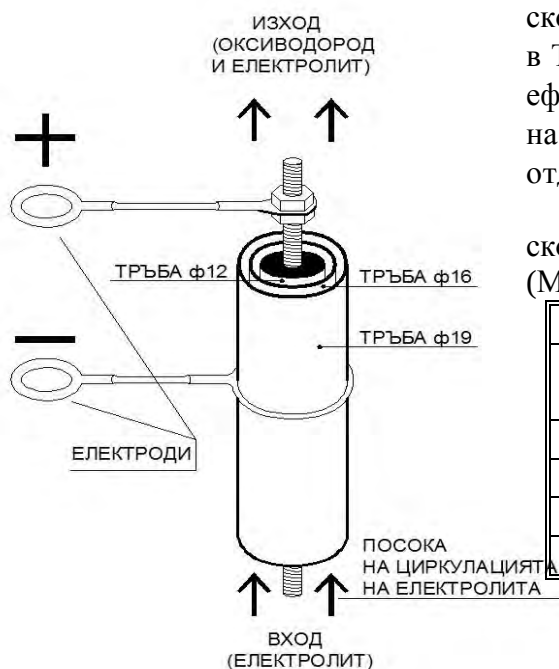
Циркулационната помпа осъществява различни скорости на флуида в електролизера, в зависимост от типа на конструкцията и регулирането ѝ. На фиг.2, 3 и 4 са показани изследваните видове електролизери.



Фиг.2 Электролизер с 13 ламели (3 електрода и 10 неутрали) и уплътнителни гарнитури между тях т.нар. „сух електролизер” (конструкция А).



Фиг.3 Подредба на ламелите (13бр.) и разположението на изводите на електролизер с потопяем пакет, изолирани ламели в метален казан (конструкция Б).



Фиг.4 Конструкция с тръби 12мм, 16мм. и 19мм. (конструкция В).

Всички типове конструкции са изработени с ламели или тръби от хромниколова стомана тип 316L. За измерването на тока са използвани амперклещи тип MS-3302, а на напрежението волтметър тип UNI-T M890D. Измерването на произведения оксигенород е направено с помощта на конструиран за целта дебитомер. Дебитът се регулира чрез изменение на напрежението на задвижващия двигател. В таблица 1 са дадени скоростите на флуида в тръба с вътрешен диаметър 8мм за трите конструкции А, Б и В при три режима на задвижването.

Табл.1. Скорости на флуида.

U_n (V)	I_n (A)	V_n m/s	V_A m/s	V_B m/s	V_V m/s
3,3	0,6	0,575	0,046	0,001	0,379
5	1,5	0,96	0,077	0,002	0,634
12	5	1,99	0,159	0,004	1,31

Изчислението на скоростта на флуида става с формулата:

$$v_{II} = \frac{V}{t \cdot S},$$
 където: V/t е дебитът на помпата, а S – напречното сечение на потока в различните конструкции.

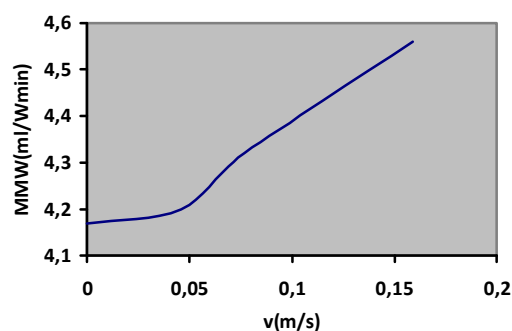
Данните за ефективността на електролизера от фиг.2 при промяна на

скоростта на потока в него са представени в Табл.2 и на Диаграма 1. Нарастването на ефективността с увеличаване на скоростта на флуида, се обяснява с по-лесното отделяне на газовете от електродите.

Табл.2. Конструкция А. Влияние на скоростта на потока върху ефективността (MMW).

I_n (A)	U_n (V)	I (A)	U (V)	V/t ml/min	MMW ml/Wmin
0	0	3,55	12,6	168	4,17
0,6	3,3	3,28	12,5	172	4,20
1,5	5	3,35	12,5	181	4,32
5	12	3,55	12,6	203	4,56

Диаграма 1



Интерес представлява влиянието на циркулацията на електролита при различни работни токове. При по-малки токове помпата, създаваща значителна скорост на електролита в клетките способства за повишаване на скоростта на електролизата с около 10-12%. Докато с нарастването на работния ток по-бурно протичащите процеси на отделяне на оксигенород намаляват влиянието на принудителната циркулация върху ефективността на електролизера. Видно е, че при работен ток около 12А, няма значение дали ще има принудителна циркулация или не, тъй като ефективността (MMW) си остава почти непроменена (Табл.3, Диагр.2).

Друг параметър на конструкцията, който оказва значително влияние върху ефективността е разстоянието между ламелите – $D(mm)$. Изследвани бяха три вида конструкции от тип А, които имат отстояние между ламелите 1мм., 3мм. и 5мм. Данните от тези опити са

представени в Табл.4 и Диаграма 3. При малко разстояние между ламелите, отделянето на оксигенорода е затруднено поради повърхностното напрежение на течността и тук значително влияние за по-добра ефективност има високата скорост на принудителната циркулация на електролита. С нарастване на разстоянието между ламелите не е необходима голяма скорост на флуида и нуждата от помпа почти отпада. Същевременно увеличаването на разстоянието $D(\text{mm})$ увеличава омическите загуби в електролита поради увеличеното електрическо съпротивление в клетките на електролизера, което води до намаляване на ефективността. С това се обясняват и участъците на насищане на Диаграма 3.

Табл.3. Конструкция А. Стойности на ефективността (MMW) за различни работни токове при наличие на циркулация или без нея.

I_n (A)	U_n (V)	I (A)	U (V)	V/t ml/min	mmw ml/Wmin
0	0	3,55	12,6	168	4,17
5	12	3,55	12,6	203	4,56
0	0	10,5	12,4	538	4,14
5	12	12	12,4	625	4,2
0	0	16,2	12,3	790	3,96
5	12	17,4	12,3	850	3,97

Диаграма 2

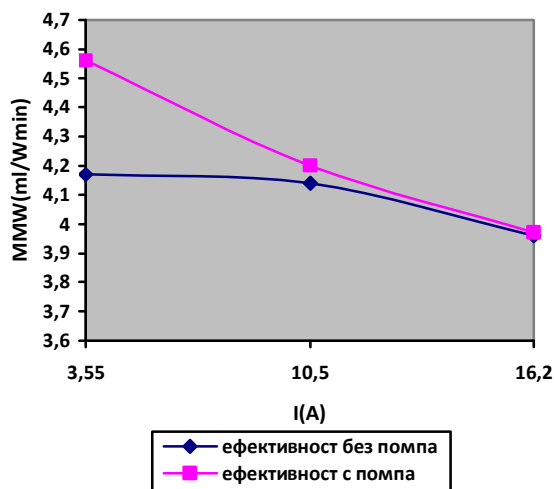


Табл.4 Конструкция А. Зависимост на ефективността (MMW) от разстоянието (D) между ламелите.

I_n (A)	U_n (V)	I (A)	U (V)	V/t ml/min	MMW ml/Wmin
0	0	3,55	12,6	168	4,17
5	12	3,55	12,6	203	4,56
0	0	3,35	12,8	194	4,53
5	12	3,5	12,8	210	4,69
0	0	3,1	13,2	191	4,67
5	12	3,7	12,9	225	4,72

По-надолу са представени данни и за други конструкции, при които са добавени помпи за принудителна циркулация на флуида в тях.

Диаграма 3

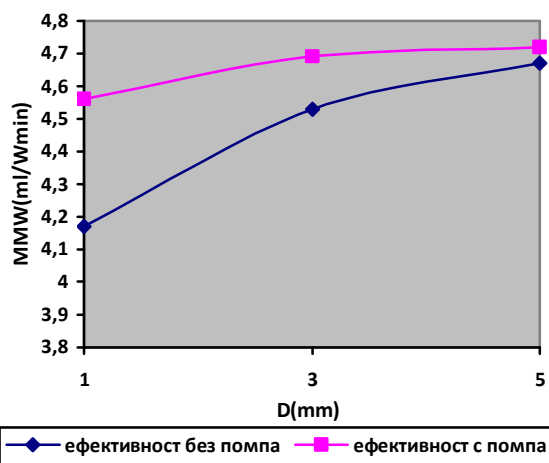


Табл.5. Конструкция Б. Стойности на ефективността (MMW) при наличие на помпа захранена с 12V и без нея.

I_n (A)	U_n (V)	I (A)	U (V)	V/t ml/min	MMW ml/Wmin
0	0	16,5	14,1	901	3,86
5	12	16,5	14,15	920	3,96

Табл.6. Конструкция В. Стойности на ефективността (MMW) при наличие на помпа захранена с 12V и без нея.

ЕЛЕКТРОЛИЗЕР ФИГ.3					
I_n (A)	U_n (V)	I (A)	U (V)	V/t ml/min	MMW ml/Wmin
0	0	15,7	6	344	3,65
5	12	21	6	438	3,47

В първия случай ефективността почти не се променя, тъй като потокът в електролизера има сравнително малка скорост поради голямото му напречно сечение (Табл.1). Във втория случай (конструкция В), скоростта е значителна и това довежда до бързото отвеждане на оксигенодородата от тръбите. Наблюдава се силно увеличаване на тока (до 50%), което в комбинация със сравнително високото напрежение (6V), довежда до намаляване на ефективността.

III. ИЗВОДИ

1. При конструкция А (фиг.2), принудителната циркулация има положителен ефект при малки работни токове или близко разположени електроди.
2. За всяка конструкция съществува оптимален работен ток и разстояние между електродите, определени от загубите в електролита, при които се получава максимум на отношението производителност – вложена енергия. Тези оптимални стойности се менят при промяна на скоростта на електролита чрез помпа.
3. За електролизери с тръби е важен правилният подбор на работното напрежение, тъй като добавянето на помпа в системата довежда до значителна промяна на тока.
4. В случая с три тръби (две клетки), оптималното напрежение при наличие на циркулация би било около 3-3,5V.

5. Използването на помпа за принудителна циркулация в системите за производство на оксигенодород, ускорява значително процеса на производство на газ, но не винаги довежда до по-добра ефективност.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1]. Patrick J. Kelly “A practical guide to “Free Energy” devices”
- [2]. Лазаров Д. Неорганична химия, Университетско издателство “Св.Климент Охридски”, София, 1993
- [3]. Велинов Г. „Разтвори на електролити“, София, 2001
- [4]. <http://en.wikipedia.org/wiki/Electrolysis>

За контакти:

инж. Росен Василев, доцент д-р в Катедра
 ”Теоретична и Измервателна Електротехника”
 при ЕФ на ТУ-Варна , ул. Студентска № 1, 310AE
 e-mail: rsnvasilev@abv.bg
 инж. Ивайло Неделчев, гл.асистент в
 Катедра”Теоретична и Измервателна
 Електротехника” при ЕФ на
 ТУ-Варна , ул. Студентска № 1, 310AE
 e-mail: iynedelchev@abv.bg

Рецензент: доц. д-р. инж. Христофор Тахрилов -
 ТУ-Варна

АДАПТИВЕН СТАБИЛИЗАТОР В КОНТУРА ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА СКОРОСТТА ПРИ ВЕКТОРНО УПРАВЛЕНИЕ НА АСИНХРОНЕН ДВИГАТЕЛ

ADAPTIVE STABILIZER IN SPEED LOOP CONTROL OF INDUCTION MOTOR VECTOR CONTROL

Николай Джагаров, Димитър Димитров, Живко Гроздев, Милен Бонев

Резюме: Предложен е нов адаптивен стабилизатор за векторно управление на асинхронен двигател. С помощта на математически модел е показана ефективността на работа на адаптивното управление, подобряващо бързодействието и точността на регулиране.

Ключови думи: адаптивно векторно управление на асинхронен двигател, астатичен скаларен модален стабилизатор

Abstract A new adaptive stabilizer for vector control of induction motor is proposed. Using a mathematical model has shown the effectiveness of adaptive control, improving the fast response and accuracy of regulation.

Keywords: Adaptive vector control of induction motor, astatic scalar modal stabilizer

I. ВЪВЕДЕНИЕ

Съвременните методи за управление на асинхронни задвижвания са на основата на широчинно-импулсна модулация на захранващия двигателя инвертор. Особено развитие и широко използване получи векторното управление, което осигурява много добри статични и динамични характеристики. Съвременната силова и цифрова електроника позволяват реализирането на различни методи за векторно управление.

При големи изисквания към точността и бързодействието на управление на скоростта на асинхронните задвижвания се използва векторно управление, наричано също така и управление, ориентирано по полето, или управление, ориентирано по потока или непряко управление на момента. При това управление се използва каскадно (последователно) управление, като външният контур управлява скоростта, изходният сигнал на който се подава на вътрешния контур за управление на момента (тока). При това, съставката d представя компонента на потока, а съставката q представя компонента на момента, предизвикани от статорния ток. Тези две разделени съставки (понеже векторите им са перпендикулярни – осите d и q са перпендикулярни) могат да се

управляват независимо (при съвпадение на i_d с вектора на роторния поток и при изпреварване на i_q - i_d на 90°), използвайки отделни контролери. Изходите на тези контролери се преобразуват обратно към фазна координатна система a,b,c . След което изходният сигнал на външния контур управлява съответните образци за превключване на широчинно-импулсната модулация (ШИМ), които се подават на вентилите на преобразователя (инвертора).

Конвенционалните пропорционално-интегрални (ПИ) контролери се проектират с помощта на класическата теория на управлението и са подходящи за управление на линейни обекти с известни модели. Обаче, задвижванията са нелинейни обекти и моделите им са с променливи параметри, в доста от случаите те са неизвестни. За преодоляване на тези проблеми се използват различни нелинейни методи за управление [1-4].

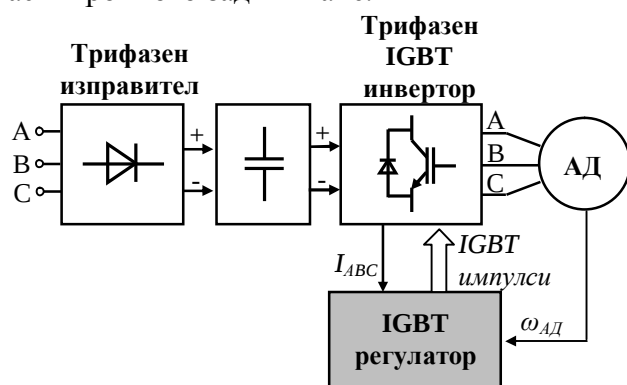
В [5] е предложен метод за управление на асинхронен двигател на основата на адаптивна променлива структура на контролера. Математическият модел на контролера с адаптивна променлива структура е на базата на генетичен алгоритъм. В [6] е изследвана фъзи процедура за настройка

на логически контролер за непряко ориентирано по полето управление на скоростта на асинхронен двигател на базата на разпита логика. В [7] е предложена хибридна система за управление, съчетаваща конвенционалните методи за управление с разпита логика и невронни мрежи.

В статията е предложен скаларен модален адаптивен стабилизатор, включен в контура за управление на скоростта при векторно управление на асинхронен двигател. Адаптивният стабилизатор е включен след ПИ-регулатора на скорост, като неговият изходен сигнал се подава на входа на регулатора на ток.

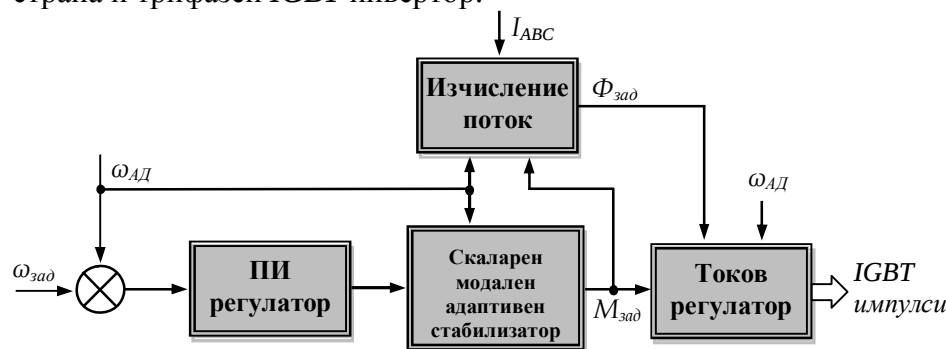
II. СХЕМА НА ИЗСЛЕДВАНОТО ЗАДВИЖВАНЕ

На фиг.1 е показана блок-схемата на асинхронното задвижване.



Фиг.1. Схема на изследваната система

Асинхронният двигател се захранва от честотен преобразувател със звено за постоянен ток, състоящ се от неуправляем трифазен изправител, спирачно съпротивление на постояннотоковата страна и трифазен IGBT инвертор.



Фиг.2. Блок схема на IGBT регулатора

Регулаторът на инвертора има два контура за управление: на скорост и на поток.

III. МАТЕМАТИЧЕСКИ МОДЕЛ

Математическият модел на асинхронния двигател се записва по следния начин:

$$\begin{aligned} u_{sd} &= r_s \cdot i_{sd} + \frac{d\psi_{sd}}{dt} - \omega_s \psi_{sq}; \\ u_{sq} &= r_s \cdot i_{sq} + \frac{d\psi_{sq}}{dt} + \omega_s \psi_{sd}; \\ u_{rd} &= r_r \cdot i_{rd} + \frac{d\psi_{rd}}{dt} - (\omega_s - \omega_r) \psi_{rq}; \\ u_{rq} &= r_r \cdot i_{rq} + \frac{d\psi_{rq}}{dt} + (\omega_s - \omega_r) \psi_{rd}; \\ \frac{d\omega_m}{dt} &= \frac{1}{2H} (M_e - M_m - F \cdot \omega_m); \\ \frac{d\theta_m}{dt} &= \omega_m; \end{aligned} \quad (1)$$

където:

$$\begin{aligned} M_e &= 1,5p(\psi_{sd} \cdot i_{sq} - \psi_{sq} \cdot i_{sd}) - \\ &\text{електромагнитен въртящ момент на двигателя;} \\ \psi_{sd} &= l_s \cdot i_{sd} + l_m \cdot i_{rd}; \\ \psi_{sq} &= l_s \cdot i_{sq} + l_m \cdot i_{rq}; \\ \psi_{rd} &= l_r \cdot i_{rd} + l_m \cdot i_{sd}; \\ \psi_{rq} &= l_r \cdot i_{rq} + l_m \cdot i_{sq}; \\ l_s &= l_{sl} + l_m; \\ l_r &= l_{rl} + l_m; \end{aligned} \quad (2)$$

параметрите и променливите с индекс s се отнасят за статорната намотка, а с индекс r - за роторната намотка; ω_s , ω_r - електрически скорости, съответно на полето на статора и ротора; ω_m - ъглова механична скорост на ротора; $\omega_r = p \cdot \omega_m$; p - брой на чифтовете полюси; H - сумарна механична времеконстанта на ротора и механичния товар;

F - сумарен коефициент на триене на ротора и товара.

Използван е модел на преобразователя на честота от инструментариума на SimPowerSystem на Matlab.

IV. АЛГОРИТЪМ ЗА АДАПТИВНО УПРАВЛЕНИЕ

Основната функция на адаптивното управление е непрекъснато идентифициране на управляемия обект в реално време чрез линеен модел от нисък ред и формиране на управляващ сигнал. В изследваното задвижване се използва стандартен *ПИИ*-регулатор и скаларен модален адаптивен стабилизатор. На входовете на стабилизатора се подават дискретни извадки от изхода на *ПИИ*-регулатора на скоростта на въртене на асинхронния двигател. Скаларният модален адаптивен стабилизатор идентифицира в реално време управляемия обект и на базата на оценените параметри и променливи на модела формира управляващ сигнал, който е пропорционален на момента на двигателя (фиг.2). Изчисленият сигнал след това се подава на токов регулатор, който управлява ШИМ на *IGBT* инвертора.

Наблюдаваната система може да бъде представена чрез следния линеен минимален модел в пространството на състоянието [8]:

$$x(k+1) = A \cdot x(k) + b \cdot v(k) \quad (3)$$

$$y(k) = c^T \cdot x(k) \quad (4)$$

$$v(k) = u(k) + z(k) \quad x(0) = x_0, \quad k=0,1,2,\dots;$$

където: $x(k)$ - неизвестният вектор на променливите на състоянието; $x(0)$ - неизвестният начален вектор на състоянието; $u(k)$ - входно въздействие; $z(k)$ представлява ограничена входна последователност, използвана за идентификация.

На уравненията (3) и (4) съответства следната предавателна функция:

$$W(z) = \frac{Y(z)}{V(z)} = \frac{h_1 z^{n-1} + h_2 z^{n-2} + \dots + h_n z + h_{n+1}}{z^n - a_1 z^{n-1} - \dots - a_n z - a_{n+1}} \quad (5)$$

A , b и c са неизвестните матрица и вектори на модела, които имат следния вид:

$$A = \begin{bmatrix} 0 & \vdots & I_{n-1} \\ \dots & \dots & \dots \\ & a^T & \end{bmatrix}, \quad a^T = [a_1, a_2, \dots, a_n];$$

$$b^T = [0, 0, \dots, 1]; \quad (6)$$

Входно-изходните масиви се формират в матрици и вектори, които имат следния вид

$$Y_1^T = [y(0), y(1), \dots, y(n-1)];$$

$$Y_2^T = [y(n), y(n+1), \dots, y(2n-1)];$$

$$V_1^T = [v(0), v(1), \dots, v(n-1)]$$

$$Y_{12} = \begin{bmatrix} y(0) & y(1) & \dots & y(n-1) \\ y(1) & y(2) & \dots & y(n) \\ y(2) & y(3) & \dots & y(n+1) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ y(n-1) & y(n) & \dots & y(2n-2) \end{bmatrix}$$

Оценката на вектора $\hat{a}$ се изчислява чрез следния израз:

$$Y_{12} \cdot \hat{a} = Y_2 - V_1 \quad (7)$$

Оценката на началния вектор на състоянието $\hat{x}(0)$ се изчислява чрез оптималния оценител от следния вид:

$$\hat{x}(0) = Y_1 \quad (8)$$

Текущият вектор на състоянието се оценява чрез пълния ОСА наблюдател:

$$\hat{x}(k+1) = \hat{F} \cdot \hat{x}(k) + b \cdot v(k) + g \cdot y(k) \quad (9)$$

$$\hat{x}(0) = \hat{x}_0; \quad k=0, 1, 2, \dots,$$

където:

$$\hat{F} = \hat{A} - g \cdot c^T \quad (10)$$

$$g^T = [g_1, g_2, \dots, g_n] \quad (11)$$

Решаването на формулирания алгоритъм се осъществява само, ако матрицата Y_{12} не е особена:

$$\det Y_{12} \neq 0 \quad (10)$$

Стабилизиращият сигнал $M_{\text{зад}}$ се изчислява с помощта на астатичен скаларен модален стабилизатор с мащабиращ коефициент k_0 от следния вид [8]:

$$k(k) = [k_1(k), k_2(k), \dots, k_n(k)] \quad (11)$$

$$\hat{\mathbf{A}}_z = \hat{\mathbf{A}} - \hat{\mathbf{b}}(k-1) \cdot \mathbf{k}(k) \quad (12)$$

$$\mathbf{k}_0(k) = \left[\mathbf{c}^T (\mathbf{I}_n - \hat{\mathbf{A}}_z)^{-1} \cdot \hat{\mathbf{b}}(k-1) \right]^{-1} \quad (13)$$

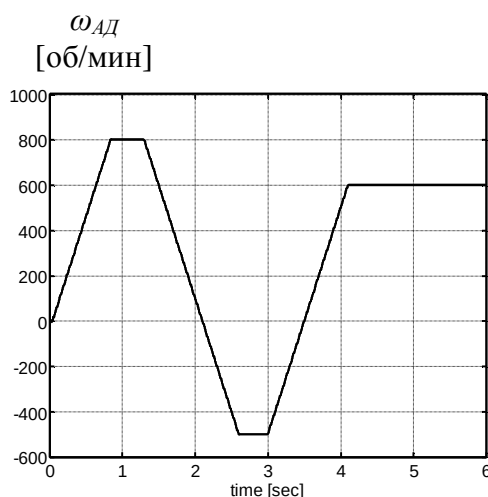
$$M_{\text{зад}}(k) = k_0(k) \cdot y_{\text{ref}} + \mathbf{k}(k) \cdot \hat{\mathbf{x}}(k-1) \quad (14)$$

където: y_{ref} е желаният сигнал, зададен от оператора

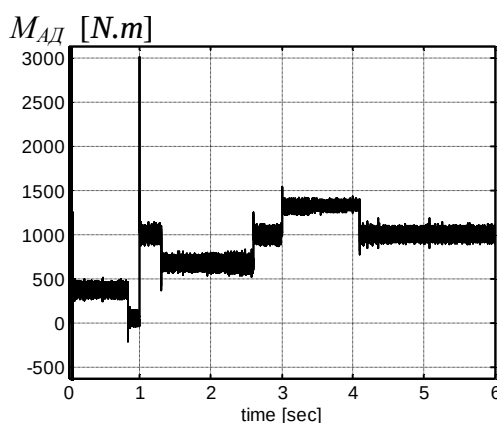
V. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ РЕЗУЛТАТИ

С помощта на създадения математически модел на изследваното задвижване и предложеното адаптивно управление е разработен компютърен модел в *Matlab* среда. За доказване на ефективната работа на адаптивното управление са изследвани редица преходни процеси – изменение на заданието за скорост, изменение на

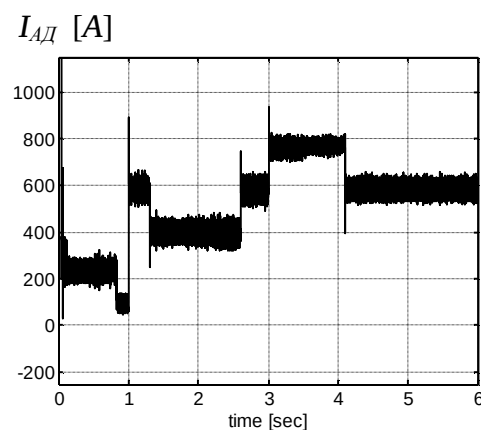
съпротивителния момент на вала на двигателя, като част от получените експериментални резултати са показани по-долу. На фиг.3÷фиг.8 са показани променливите на състоянието на двигателя



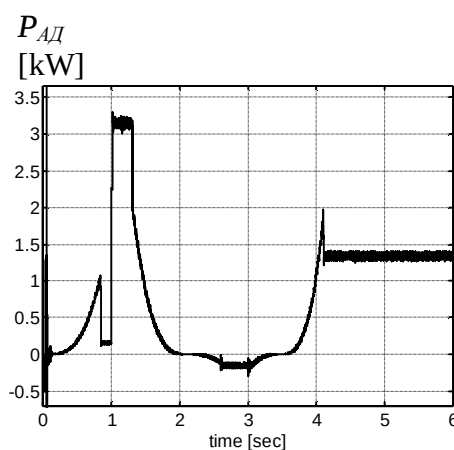
Фиг.3. Изменение на скоростта на двигателя заедно със зададената скорост



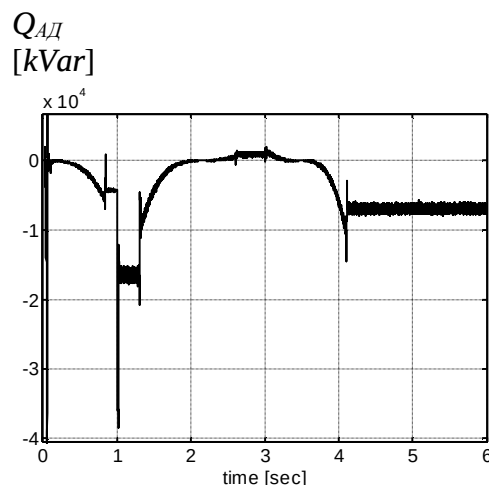
Фиг.4. Изменение на електромагнитния момент на двигателя



Фиг.5. Изменение на тока на двигателя

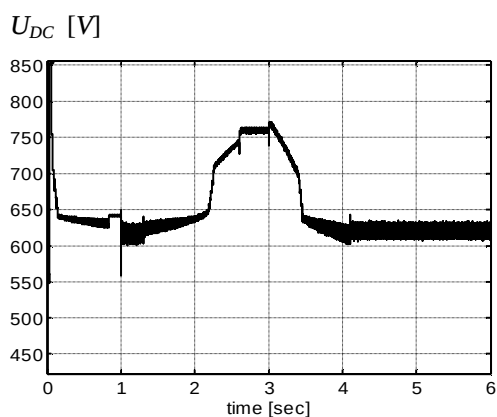


Фиг.6. Изменение на активната мощност на двигателя

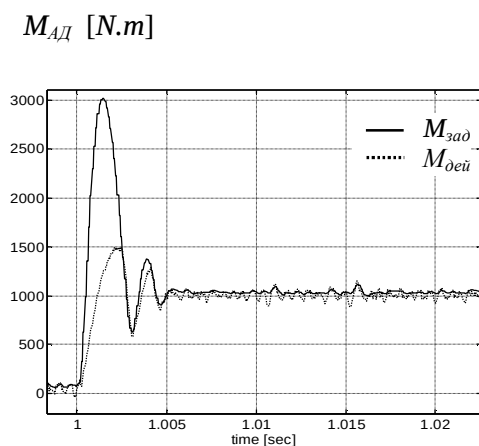


Фиг.7. Изменение на активната мощност на двигателя

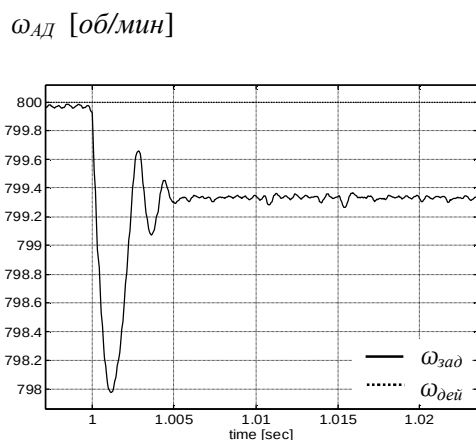
и на задвижването при изменение на скоростта при зададен постоянен момент на вала на двигателя. На фиг.9 и фиг.10 е показана извадка от преходен режим при



Фиг.8. Напрежение на постоянно-токовата страна



Фиг.9. Изменение на задания и действителния електромагнитен момент на двигателя



Фиг.10. Изменение на скоростта на двигателя

увеличаване на натоварването на двигателя при постоянна зададена скорост.

VI. ИЗВОДИ

Предложен е адаптивен регулатор на скорост на асинхронен двигател с векторно управление. Във външния контур за векторно управление на скорост, последователно с ПИ-регулатор е включен скаларен модален адаптивен стабилизатор. С помощта на създадения математически модел са изследвани режимите на работа на асинхронно задвижване с предложени адаптивен регулатор. Получените резултати показват предимствата на предложеното управление – увеличаване на бързодействието и точността на регулиране.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Nandam P. K., Sen, P. C. A Comparative Study of Luenberger Observer and Adaptive Observer-Based Variable Structure Speed Control System Using Self-Controlled Synchronous Motor, IEEE Transactions on Industrial Electronics 37 (1990), 127–132.
- [2] Utkin, V. I. Sliding Mode Control Design Principles and Applications to Electric Drives, IEEE Transactions on Industrial Electronics 40 (1993), 23–36.
- [3] Ravitharan N. G., Vilathgamuwa D. M., Duggal, B. R.: Fuzzy Variable Structure Control of Induction Motors with Sag Ride-Through Capability, 4th IEEE Power Electronics and Drives Systems, Vol.1, pp. 235–240, 22–25 Oct. 2001.
- [4] Zhang J., Barton T. H.: Optimal Sliding Mode Control of Asynchronous Machine Speed with State Feedback, in Conf. Rec. IEEE IAS Annual Meeting, pp. 328–336, 1988.
- [5] El-Kholy E. E. High Performance Induction Motor Drive Based on Adaptive Variable Structure Control, Journal of Electrical Engineering, Vol.56, No.3-4, 2005, pp.64–70.
- [6] Mokrani L., Kouzi K. Influence of Fuzzy Adapted Scaling Factors on the Performance of a Fuzzy Logic Controller Based on an Indirect Vector Control for Induction Motor Drive, Journal of Electrical Engineering, Vol.55, No.7-8, 2004, pp.188-194.
- [7] Denai M.A., Attia S.A., Fuzzy and Neural Control of an Induction Motor., Int. J. Appl. Math. Comput. Sci., 2002, Vol.12, No.2, pp.221–233.
- [8]. Н. Николов, Изследване на алгоритми за синтез на модални адаптивни регулатори на състоянието, Докторска дисертация, Факултет по изчислителна техника и автоматизация, ТУ-Варна, 2008.

За контакти:

проф. д.т.н. инж. Николай Джагаров, катедра "Електроснабдяване и електрообзавеждане" ТУ-Варна, ул. Студентска № 1, e-mail: jagarov@ieee.bg

Рецензент: доц. д-р. инж. Петър Василев - ТУ-Варна

ПРИБЛИЗИТЕЛНИ МЕТОДИ ЗА АНАЛИЗ НА КРЪГОВО ПОЛЯРИЗИРАНИ МИКРОЛЕНТОВИ АНТЕНИ С ПРОЦЕПНО ВЪЗБУЖДАНЕ

APPROXIMATE METHODS FOR ANALYSIS OF CIRCULARLY POLARIZED APERTURE COUPLED MICROSTRIP ANTENNAS

Г. С. Киров, Д. П. Михайлова

G. S. Kirov, D. P. Mihaylova

Резюме: В статията е извършен анализ на кръгово поляризирана микролентова антена с резонансно процепно възбуждане. Използвани са два приблизителни метода за анализ: метод на предавателната линия и резонаторен метод. Получените резултати по двата приблизителни метода са сравнени с резултатите, намерени чрез метода на пълновълновия анализ. Установено е, че за кръгово поляризираната микролентова антена с резонансно процепно възбуждане, методът на предавателната линия осигурява по-точни резултати, отколкото резонаторния метод.

Ключови думи: кръгова поляризация, метод на предавателната линия, микролентова антена, процепно възбуждане, резонаторен метод.

Abstract: An analysis of a circularly polarized aperture coupled microstrip antenna with resonant slots is carried out in the paper. Two approximate methods for an analysis are used: a transmission line model and a cavity model. The obtained results by the both approximate methods are compared with the results found by means of the full-wave analysis method. It is found that for the circularly polarized aperture coupled microstrip antenna with resonant slots the transmission line model assures more accurate results than the cavity model.

Keywords: aperture coupling, cavity model, circular polarization, microstrip antenna, transmission line model.

I. INTRODUCTION

The most accurate method for an analysis of microstrip antennas is the method of full wave analysis. Unfortunately, this method requires more CPU time, especially for aperture coupled microstrip antennas. On the other hand the price of the computer hardware dramatically decreases the last years while the prices of the commercial software packages for an analysis of microstrip antennas remain still relatively high. For this reason the interest to the approximate methods for an analysis of microstrip antennas does not wane. Among the plurality of approximate methods for an analysis of microstrip antennas two basic methods are widely used. The first one is based on the presentation of the microstrip antenna as a transmission line and is known as a transmission line model (TLM). The second one presents the microstrip antenna as a resonant cavity and is called a cavity model (CM).

II. TRANSMISSION LINE MODEL

Fig. 1 shows the analyzed circularly polarized microstrip antenna with a resonant cross slot. The antenna dimensions are listed in Table 1.

Table 1. Dimensions of the antenna

Dimension	Value
Antenna length a , mm	53
Antenna width a , mm	53
Patch length L_p , mm	6.1
Patch width W_p , mm	4.956
Aperture 1 length L_{a1} , mm	4.94
Aperture 1 width W_{a1} , mm	0.494
Aperture 2 length L_{a2} , mm	4.66
Aperture 2 width W_{a2} , mm	0.466
Stub length L_s , mm	1.2
Microstrip feed line width W_f , mm	0.845
Patch thickness t_p , mm	0.035
Patch substrate thickness h_p , mm	1.575
Ground plane thickness t_g , mm	0.0175
Feed substrate thickness h_f , mm	0.635
Feed line thickness t_f , mm	0.0175

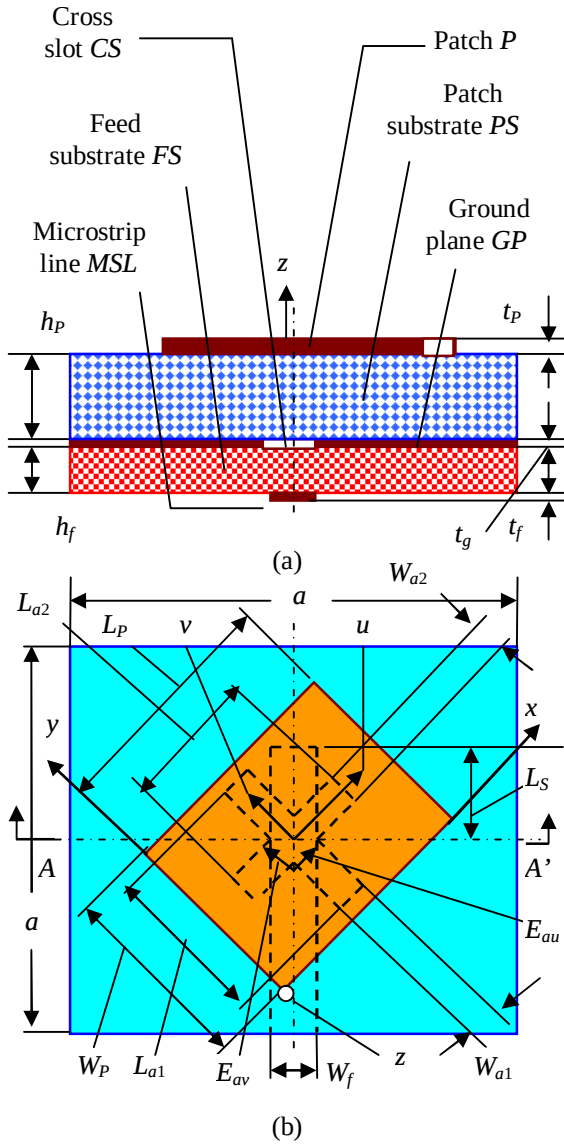


Fig. 1. Geometry of the circularly polarized aperture coupled microstrip antenna: (a) cross section, (b) front view

The antenna consists of the following elements: patch P , patch substrate PS (Taconic TLX-7: $\epsilon_{rp} = 2.60$, $\tan\delta_p = 0.0019$, $h_p = 1.575$ mm, $t_p = 0.035$ mm), ground plane GP , cross slot CS etched in the ground plane, feed substrate FS (Taconic RF-60A: $\epsilon_{rf} = 6.15$, $\tan\delta_f = 0.0028$, $h_f = 0.635$ mm, $t_f = t_g = 0.0175$ mm), and microstrip feed line MSL . Five dimensions of the antenna (L_p , W_p , L_{a1} , L_{a2} , and L_s) are optimized by computer simulation using the software package CST Microwave Studio 5. The dimensions W_{a1} and W_{a2} are defined by the following relation

$$W_{ai} = 0.1L_{ai}, i = 1, 2 \quad (1)$$

In the equivalent circuit of the antenna participate the effective values of the antenna dimensions and parameters. They are defined using the transmission line theory and are shown in Table 2.

Table 2. Physical and effective dimensions and parameters of the antenna

Value Dimension/Parameter	Phys. value	Effect. value
Patch length L_p/L_{peff} , mm	6.1	7.561
Patch width W_p/W_{peff} , mm	4.956	6.741
Feed line width W_f/W_{feff} , mm	0.845	0.882
Stub length L_s/L_{seff} , mm	1.2	1.417
Dielectric constant $\epsilon_{rp}/\epsilon_{rpeff}$	2.6	2.176
Dielectric constant $\epsilon_{rf}/\epsilon_{rfeff}$	6.15	6.139

Fig. 2 shows the equivalent circuit of the antenna based on the TLM method [1]. There are two differences in this study in comparison with [1]: in order to increase the frequency bandwidth of the antenna an unsymmetrical and resonant cross slot is used here.

The axial ratio of the antenna is given by [2]

$$AR = \sqrt{\frac{1 + A_e^2 + [1 + A_e^4 + 2A_e^2 \cos(2\phi_e)]^{1/2}}{1 + A_e^2 - [1 + A_e^4 + 2A_e^2 \cos(2\phi_e)]^{1/2}}}, \quad (2)$$

where the amplitude error A_e and phase error Φ_e are given by

$$A_e = |V_5|/|V_2| \quad (3)$$

$$\Phi_e = \arg(V_5) - \arg(V_2) \quad (4)$$

In (3) and (4) V_2 and V_5 are voltages of the two radiating edges.

III. CAVITY MODEL

Fig. 3 shows the equivalent circuit of the antenna based on CM method [3]. In the construction analyzed here participates an unsymmetrical resonant cross slot. It is assumed in the analysis that the electric field distribution in each of the both orthogonal apertures is in the form of a single piece-wise sinusoidal mode [4]. The electric field in the

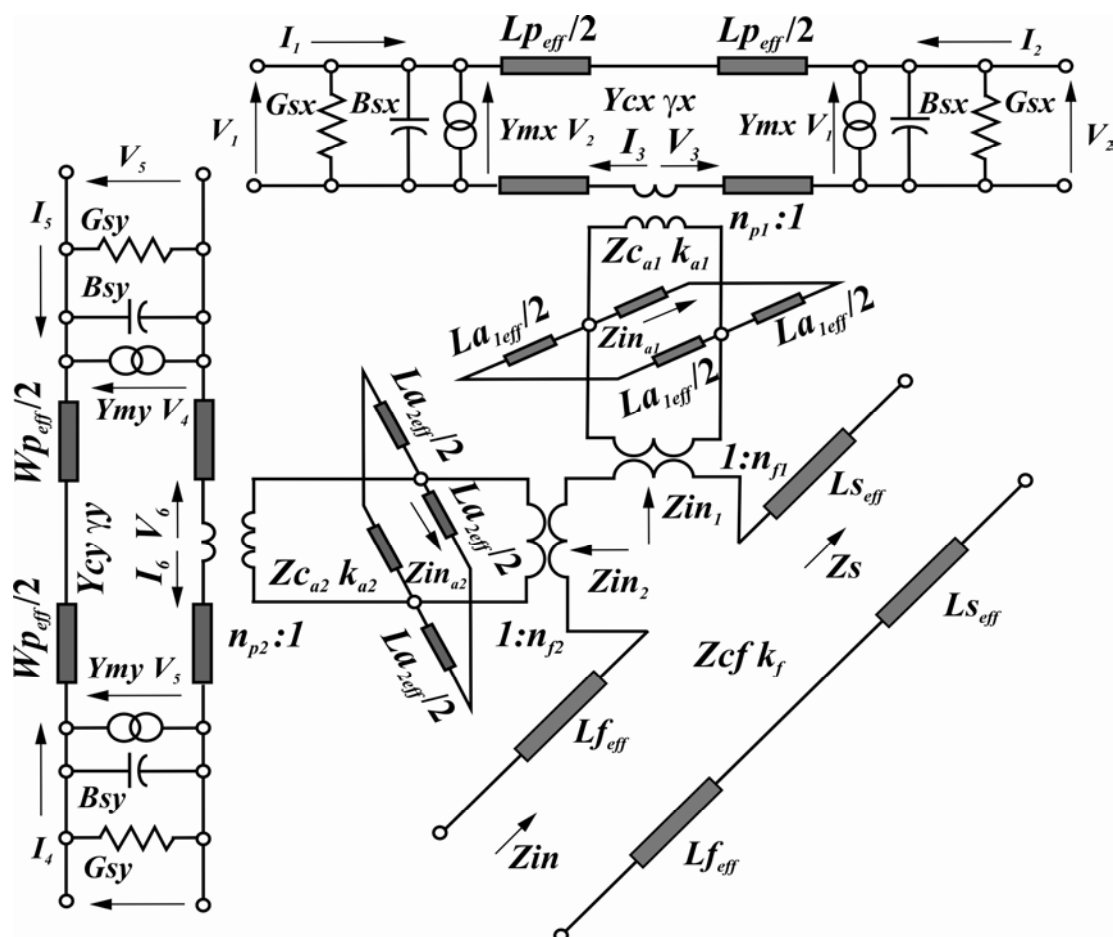


Fig. 2. Transmission line model equivalent circuit

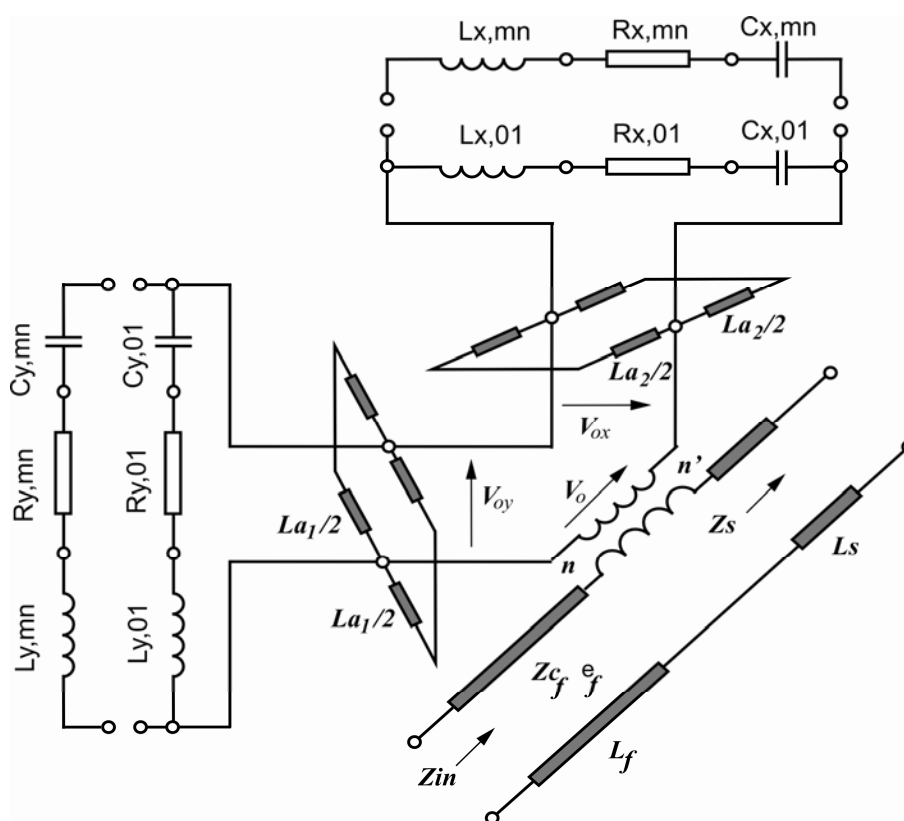


Fig. 3. Cavity model equivalent circuit

aperture parallel to the y axis has only an x -directed component parallel to the resonant dimension of the patch L_p , while the electric field in the aperture parallel to the x axis has only a y component parallel to the non-resonant dimension of the patch W_p . It is assumed also [2] that the tangential magnetic field at the cavity side walls is zero to a good approximation, while the magnetic currents in each of the both apertures just above the ground plane are not zero. Finally, the axial ratio is defined by the same expression (2) as in the previous section.

IV. SIMULATION RESULTS

Fig. 4 shows the simulation results for the axial ratio of the analyzed antenna obtained by three methods: a FWA method (solid line), a TLM method (dashed line) and a CM method (dotted line). The antenna is

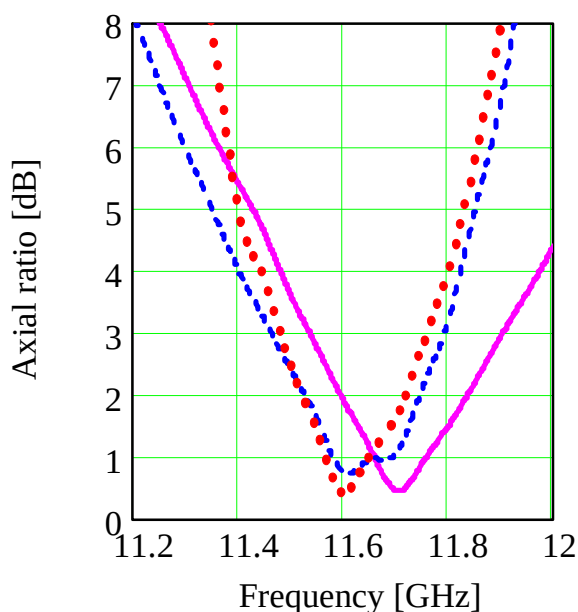


Fig. 4. Axial ratio versus frequency: FWA method – solid line, TLM method – dashed line, and CM method – dotted line

investigated in the frequency bandwidth from 11.2 GHz to 12 GHz. The central frequency f_0 , the fractional frequency bandwidth bw , and the relative errors $|\Delta f_0|$ and $|\Delta bw|$ compared to FWA method are shown in Table 3. It is seen from the table that the both approximate

Table 3. Electrical parameters of the investigated antenna| obtained by FWA, TLM, and CM methods

Method Parameter	FWA	TLM	CM
Min. freq. f_1 , GHz	11.54	11.46	11.48
Max. freq. f_2 , GHz	11.90	11.79	11.76
Central freq. f_0 , GHz	11.72	11.625	11.62
Centr.fr.error $ \Delta f_0 $, %	-	0.81	0.86
Bandwidth BW , GHz	0.36	0.33	0.28
Frac. band. bw , %	3.07	2.84	2.41
Band. error $ \Delta bw $, %	-	7.5	21.5

methods give a very accurate result for the central frequency while for the frequency bandwidth the TLM method gives more accurate result in comparison with the CM method.

V. CONCLUSION

It is found by this study that for the circularly polarized aperture coupled microstrip antenna with an unsymmetrical resonant cross slot the transmission line model gives more accurate results for the axial ratio than the cavity model.

REFERENCES:

- [1]. B. Al-Jibouri, T. Vlasits, E. Korolkiewicz, S. Scott and A. Sambell. Transmission-Line Modelling of the Cross-Aperture-Coupled Circular Polarized Microstrip Antenna. IEE Proc. – Microw. Antennas Propag., Vol. 147, No. 2, April 2000, pp. 82-86.
- [2]. C. A. Balanis. Antenna Theory: Analysis and Design. 3rd Edition, Wiley & Sons, 2005.
- [3]. B. Al-Jibouri, H. Evans, E. Korolkiewicz, E. G. Lim, A. Sambell and T. Vlasits. Cavity Model of Circularly Polarized Cross-Aperture-Coupled Microstrip Antenna. IEE Proc. – Microw. Antennas Propag., Vol. 148, No. 3, June 2001, pp. 147-152.
- [4]. P. L. Sullivan, and D. H. Schaubert. Analysis of an Aperture Coupling Microstrip Antenna. IEEE Trans. Antennas Propag., Vol. 34, No. 7, July 1986, pp. 977-984.

Contact information:

Dr. G. S. Kirov, assoc. professor, Dept. of Communication Engineering and Technology (CET), FE, TU-Varna, Studentska Str. 1, 506 E.

e-mail: gkirov@abv.bg

M. Sc. Eng. D. P. Mihaylova, Ph. D. student, Dept. of CET, FE, TU-Varna, Studentska Str. 1, 514E.

e-mail: de_c@abv.bg

Рецензент: доц. д-р инж. Росен Георгиев – ТУ-Варна

НЯКОИ ИЗСЛЕДВАНИЯ НА АНТЕННИ РЕШЕТКИ ОТ МИКРОЛЕНТОВИ АНТЕНИ С ОБРАТНО ИЗЛЪЧВАНЕ С ПРОЦЕПНО ВЪЗБУЖДАНЕ

SOME STUDIES OF APERTURE COUPLED MICROSTRIP SHORT BACKFIRE ANTENNA ARRAYS

Г. С. Киров, Г. Ц. Червенков, Я. Д. Калчев
G. S. Kirov, G. T. Chervenkov and Y. D. Kalchev

Резюме: В статията са описани симулационни изследвания на антенни решетки от микролентови антени с обратно излъчване с процепно възбуждане, извършени през последните две години в Технически университет – Варна. Изследвани са три антенни решетки: 4-елементна антенна решетка, 16-елементна антенна решетка и 64-елементна антенна решетка. Извършено е сравнение на получените резултати от изследванията. Установено е, че ефективността на излъчване на антенните решетки от микролентови антени с обратно излъчване с процепно възбуждане намалява силно, когато броят на елементите превишава няколко десетки. Антенните решетки от микролентови антени с обратно излъчване с процепно възбуждане с умерен брой на елементите притежават високи електрически и механични характеристики и могат да намерят разнообразни приложения в съвременните комуникации.

Ключови думи: антенна решетка, антенна решетка от микролентови къси антени с обратно излъчване с процепно възбуждане, къса антена с обратно излъчване, микролентова къса антена с обратно излъчване с процепно възбуждане.

Abstract: Simulation studies of aperture coupled microstrip short backfire antenna arrays carried out during the last two years in the Technical University of Varna are described in the paper. Three antenna arrays are studied: 4-element antenna array, 16-element antenna array, and 64-element antenna array. The obtained results of the studies are compared. It is found that the radiation efficiency of aperture coupled microstrip short backfire antenna arrays strongly decreases when the number of elements surpasses some decades. The aperture coupled microstrip short backfire antenna arrays with moderate number of elements possess high electrical and mechanical characteristics and may find various applications in the contemporary communications.

Keywords: antenna array, aperture coupled microstrip short backfire antenna, aperture coupled microstrip short backfire antenna array, short backfire antenna

I. INTRODUCTION

The short backfire antenna is proposed in 1960s [1], [2]. The typical short backfire antenna is fed by a dipole or crossed dipole and has circular reflectors. The diameter of the big reflector of the antenna is $2\lambda_0$ and the antenna length is $0.5\lambda_0$, where λ_0 is the central wavelength of the antenna bandwidth. The antenna has a gain between 13 dBi and 15 dBi, and its frequency bandwidth is approximately 6-7 % [3].

The further increase of the gain may be achieved by use of arrays of short backfire antennas. The reduction of the antenna dimensions is achieved by means of microstrip technology of the antenna constructions. The first microstrip short backfire antenna and an antenna array of

microstrip short backfire antennas are proposed in [4] and [5]. The basic element of the microstrip antenna array from [4] and [5] has a coaxial feed and for this reason it is not suitable for antenna array applications. In this study three aperture coupled microstrip short backfire antenna arrays are designed and investigated by simulation. As a basic antenna element of the arrays an aperture coupled microstrip short backfire antenna is chosen. This microstrip antenna construction allows independent optimization of the feed and radiating parts of the antenna due to the metal ground plane placed between them. In addition a printed rim is used which is suitable for microstrip antennas.

II. DESCRIPTION OF THE

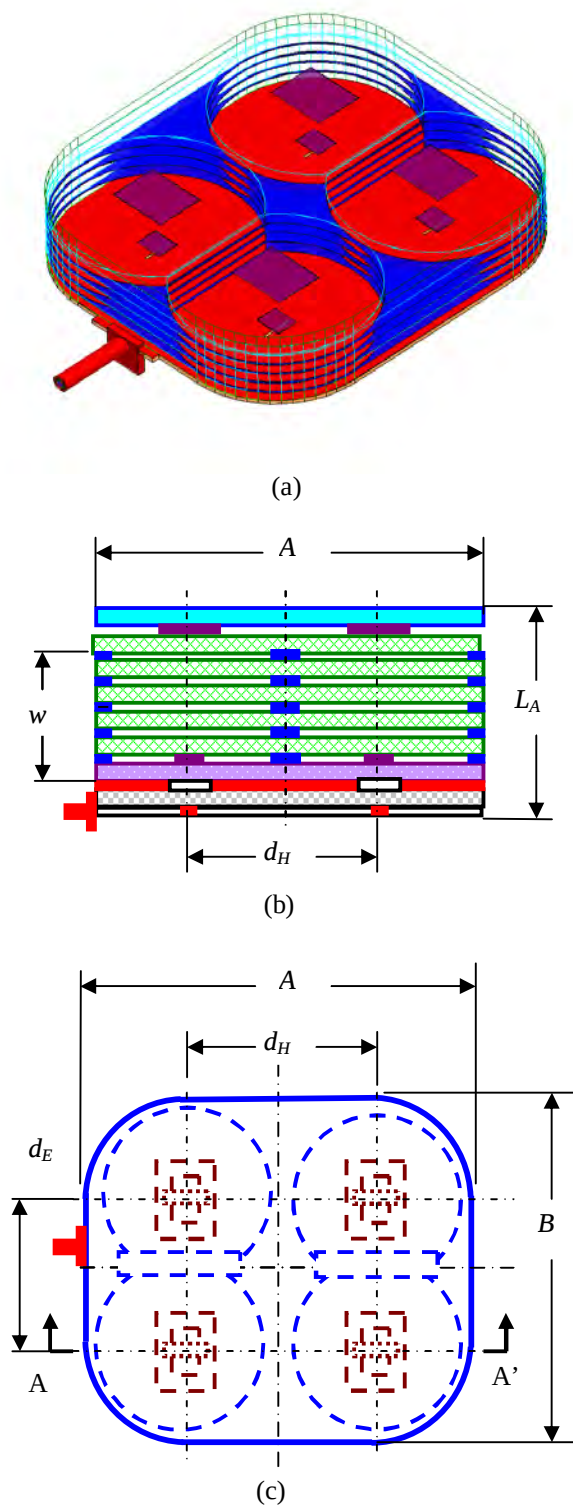
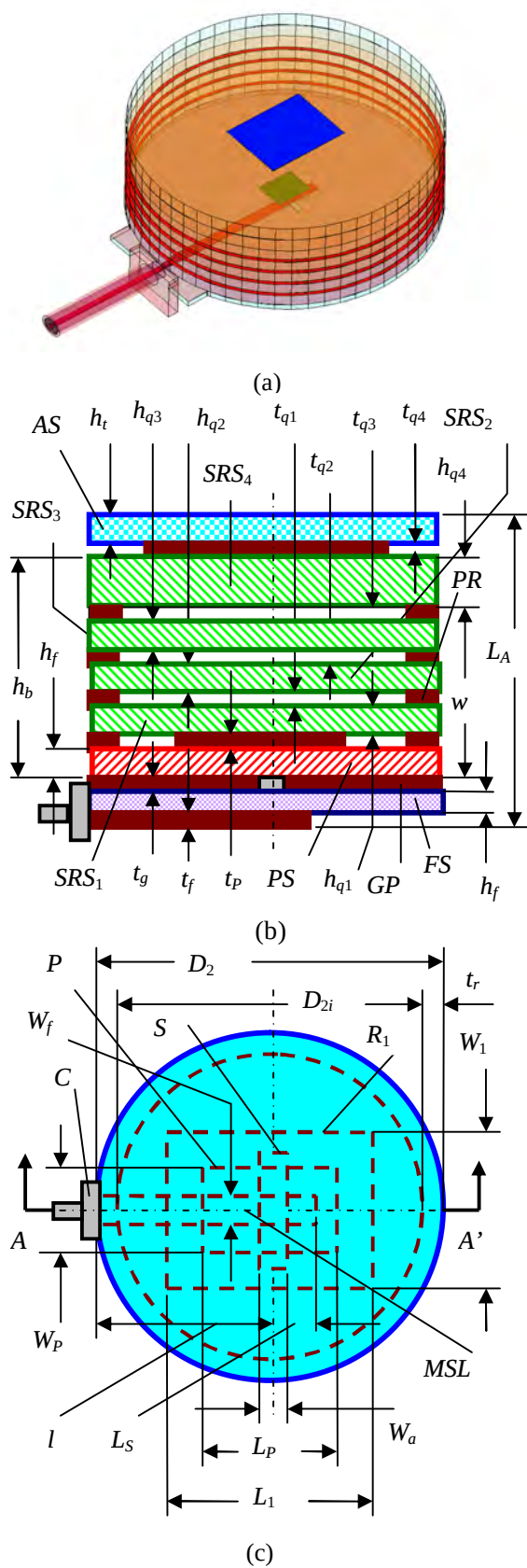


Fig. 1. Geometry of an antenna A1:
(a) general view, (b) cross section,
(c) front view

Fig. 2. Geometry of an antenna A2:
(a) general view, (b) cross section,
(c) front view

INVESTIGATED ANTENNAS

Fig. 1 shows the geometry of the aperture coupled microstrip short backfire antenna – the single antenna called here A1. The antenna dimensions and their denotations are listed in Table 1. The antenna consists of the

Table 1. Dimensions of the investigated antennas

Antenna Dimension, mm	A1	A2	A3	A4
Number of el. n	1	4	16	64
Big refl. diam. D_2	25.6	25.6	25.6	25.6
Big refl. thick. t_q	0.018	0.018	0.018	0.018
Ant. length L_A	11.59	11.63	11.63	11.63
Sm. refl. length L_1	7.0	7.8	7.8	7.8
Sm. refl. width W_1	5.688	6.338	6.338	6.338
Sm. refl. thick. t_t	0.035	0.035	0.035	0.035
Rim width w	6.15	7.765	7.765	7.765
Rim thickness w_r	0.3	0.3	0.3	0.3
Patch length L_p	3.2	3.6	3.6	3.6
Patch width W_p	2.6	2.925	2.925	2.925
Patch thickness t_p	0.035	0.035	0.035	0.035
Slot length L_a	4.6	3.9	3.9	3.9
Slot width W_a	0.46	0.39	0.39	0.39
Feed line length l	12.5	-	-	-
Stub length L_s	2.9	1.8	1.8	1.8
MS line width W_f	0.98	0.98	0.98	0.98
MS line thick. t_f	0.018	0.018	0.018	0.018
BF cav. length h_b	9.31	9.345	9.345	9.345
Ad. substr. thick. h_t	1.58	1.58	1.58	1.58
SRS thickness h_q	8.005	8.040	8.040	8.040
PS thickness h_p	1.27	1.27	1.27	1.27
FS thickness h_f	0.635	0.635	0.635	0.635
Interel. spacing d_H	-	25.5	25.5	25.5
Interel. spacing d_E	-	19.6	19.6	19.6
Antenna length A	-	51.1	102.1	204.1
Antenna width B	-	45.2	84.4	162.8

following elements: small reflector R_1 , big reflector (ground plane) GP , patch P , printed rim PR , slot (aperture) S , central strip conductor of the feed microstrip line MSL , connector C , and four substrates: additional substrate AS (Taconic TLX-7: $\epsilon_{rt} = 2.6$, $\tan\delta_t = 0.0019$), small reflector substrate SRS – four layers (Arlon AD 410: $\epsilon_{rq} = 4.1$, $\tan\delta_q = 0.0030$), patch substrate PS (Arlon AD 600: $\epsilon_{rp} = 6.15$, $\tan\delta_p = 0.0030$), feed substrate FS (Arlon AD 600: $\epsilon_{rf} = 6.15$, $\tan\delta_f = 0.0030$).

Fig. 2 shows the geometry of the 4-element aperture coupled microstrip short backfire antenna array (A2) and its dimensions are listed in Table 1. In this



Fig. 3. General view of an antenna A3

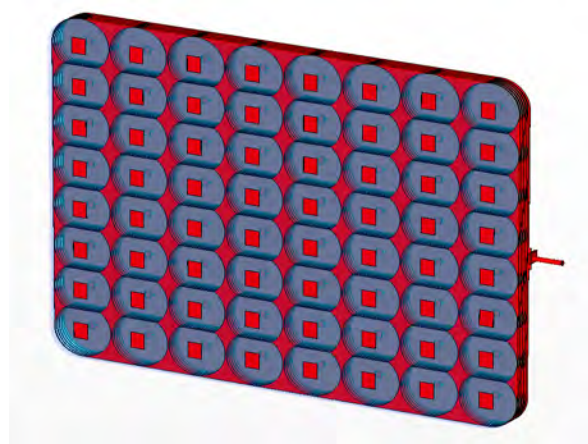


Fig. 4. General view of an antenna A4

construction, in comparison with an antenna A1, the small reflector substrate $SRS4$ is divided into two parts. In addition in the microstrip feed line are inserted three T-junctions, non shown in the figure.

Fig. 3 and Fig. 4 show the general view of the 16-element aperture coupled microstrip short backfire antenna array (A3) and 64-element aperture coupled microstrip short backfire antenna array (A4), respectively. In the microstrip feed line of the antenna A3 participate fifteen T-junctions while the feed line of the antenna A4 contains sixty-three microstrip T-junctions. The dimensions of the last two antennas are also shown in Table 1.

III. DESIGN AND SIMULATION OPTIMIZATION OF THE INVESTIGATED ANTENNAS

The approximate design of the single antenna A1 is carried out according to the recommendations of [6] reducing all

dimensions approximately $n = \sqrt{\varepsilon_r}$ times, where ε_r is the relative dielectric constant of the corresponding substrate and n is its indice of refraction. The dimensions of the antenna are optimized by a computer simulation using the software CST Microwave Studio 2008. Five antenna dimensions are chosen as independent parameters in the optimization as follows: 1). Patch length L_P ; 2). Slot length L_a ; 3). Small reflector length L_1 ; 4). Stub length L_S ; 5). Rim width w . Finally, the last obtained results are verified and compared with second software (HFSS v 11.1). In Table 1 are shown the optimized dimensions of all investigated antennas.

The optimization of the antenna array A2 consists of change of the both interelement spacings d_E and d_H , and suitable choice of the dimensions of the T-junction impedance matching transformers.

The optimization of the antenna arrays A3 and A4 is simpler concerning only the dimensions of the T-junction impedance matching transformers.

IV. SIMULATION RESULTS

Fig. 5 – Fig. 9 show the simulation results of the antennas A1 – A3 versus frequency in the frequency band 11.4 – 13.8 GHz.

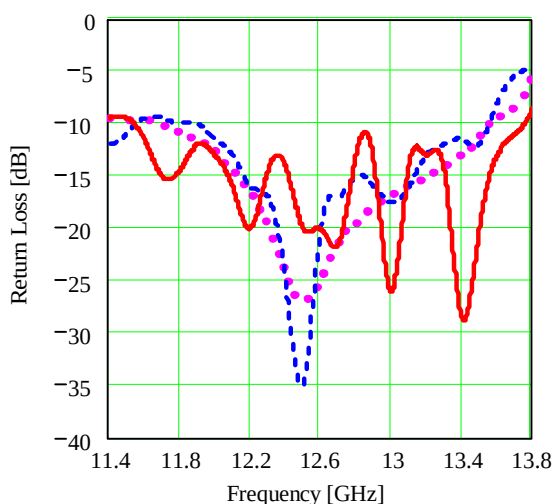


Fig. 5. Return loss of the antennas A1 – A3: antenna A1 – dot line; antenna A2 – dash line, and antenna A3 – solid line

The return loss (the module of the reflection coefficient S_{11}), the directivity D , the gain G , the back radiation level BRL , and the

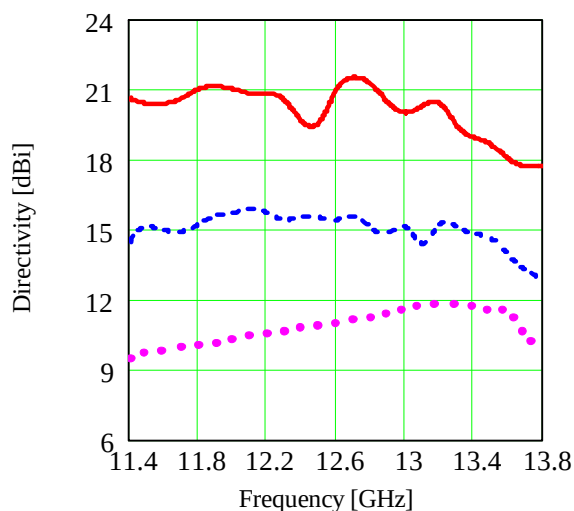


Fig. 6. Directivity of the antennas A1 – A3: antenna A1 – dot line; antenna A2 – dash line, and antenna A3 – solid line

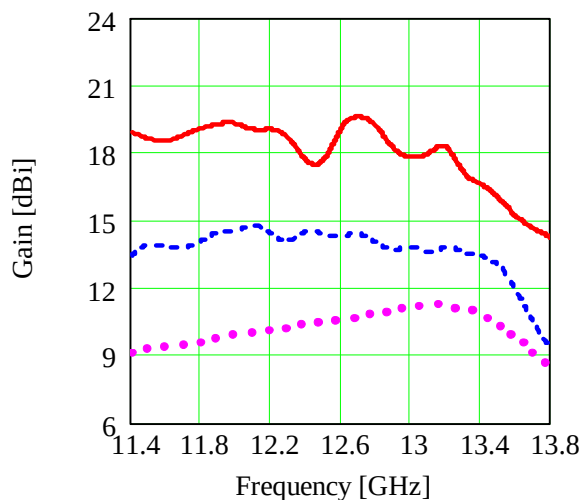


Fig. 7. Gain of the antennas A1 – A3: antenna A1 – dot line; antenna A2 – dash line, and antenna A3 – solid line

radiation efficiency η_{eff} are shown in the Fig. 5, Fig. 6, Fig. 7, Fig. 8, and Fig. 9, respectively. The basic electrical parameters of the four investigated antennas A1 – A4, obtained by simulation, are summarized in Table 2. It is seen from the table that the radiation efficiency of an antenna A4 (with 64 elements) strongly decreases in comparison with other investigated antennas.

V. CONCLUSION

It is found by these studies that the radiation efficiency of the aperture coupled microstrip short backfire antenna arrays strongly decreases when the number of

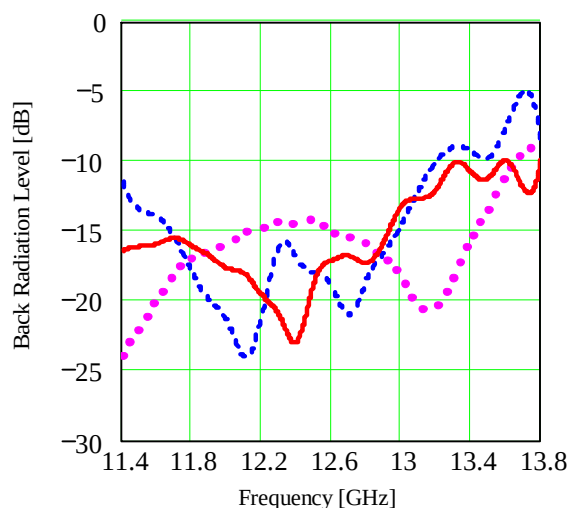


Fig. 8. Back radiation level of the antennas
A1 – A3: antenna A1 – dot line;
antenna A2 – dash line, and antenna
A3 – solid line

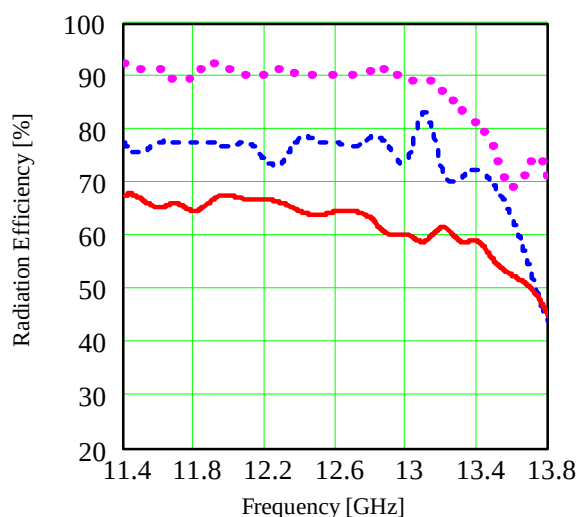


Fig. 9. Radiation efficiency of the antennas
A1 – A3: antenna A1 – dot line;
antenna A2 – dash line, and antenna
A3 – solid line

elements surpasses some decades. Because of their compact construction and high electrical and mechanical characteristics the aperture coupled microstrip short backfire antenna arrays with a moderate number of elements can be widely used in fixed and mobile communications, tracking, telemetry, and wireless local-area network systems.

Table 2. Basic electrical parameters of the investigated antennas

Antenna Parameter	A1	A2	A3	A4
Number of el. n	1	4	16	64
Min.freq. f_1 , GHz	11.7	11.85	11.55	10.85
Max.freq. f_2 , GHz	13.58	15.55	13.40	12.70
Centr.freq. f_0 , GHz	12.64	12.7	12.48	11.80
Centr.wavelength λ_0 , mm	23. 734	23. 622	24. 048	25. 424
Band. BW, GHz	1.88	1.70	1.85	1.90
Bandwidth bw , %	14.87	13.38	14.83	16.10
Max.dir. D_{max} , dBi	11.8	15.9	21.5	26.4
Min.dir. D_{min} , dBi	10	14.27	18.95	23.5
Maximum gain G_{max} , dBi	11.21	14.86	19.60	21.7
Minimum gain G_{min} , dBi	9.5	12.4	16.60	18.8
Max.eff. η_{effmax} , %	92.26	83.18	67.61	40.74
Min.eff. η_{effmin} , %	69.18	69.18	58.88	27.54
Min.BR level, dB	-20.5	-24	-22.9	-21.1
Max.BR level, dB	-11.2	-8.4	-10.2	-12.5
Rad.pat., f , GHz	12.6	12.7	12	11.8
E-plane $2\theta_{3dB_E}$, [°]	50.3	26.2	14.1	7.2
Max.XPL _E in the main lobe, dB	-44.2	-22.7	-35.3	-45
H-plane $2\theta_{3dB_H}$, [°]	46.9	23.7	11.76	6.2
Max.XPL _H in the main lobe, dB	-45.4	-28.4	-43.2	-35
Back rad. BRL, dB	-15	-21	-17.7	-17.4

REFERENCES:

- [1]. G. v. Trentini. Bündelung elektrischer wellen durch leittheiben. Z. angew. Physik, 6, No. 10, 1954, s. 462-470.
- [2]. H. W. Ehrenspeck. The Short Backfire Antenna. Proc. IEEE, Vol. 53, No. 8, Aug. 1965, pp. 1138-1140.
- [3]. A. Kumar, H. D. Hristov. Microwave Cavity Antennas. Artech House, 1989.
- [4]. C. M. Kaloi. Microstrip Backfire Antenna. US Patent No. 4 347 517, filed Jan. 26, 1981.
- [5]. C. M. Kaloi, D. Hatfield, P. Simon. Microstrip Backfire Antenna. IEEE AP-S Symp., 1981, Proceedings, pp. 343-346.
- [6]. G. S. Kirov. Design of Short Backfire Antennas. IEEE AP, Vol. 51, No. 6, Dec. 2009, pp. 110-120.

Contact information:

Dr. G. S. Kirov, assoc. professor, Dept. of Communication Engineering and Technology (CET), FE, TU-Varna, Studentska Str. 1, 506 E.
e-mail: gkirov@abv.bg
M. Sc. Eng. G. T. Chervenkov, Ph. D. student, Dept. of CET, FE, TU-Varna, Studentska Str. 1, 514E.
M. Sc. Eng. Y. D. Kalchev, Ph. D. student, Dept. of CET, FE, TU-Varna, Studentska Str. 1, 504E.

Рецензент: доц. д-р инж. Йордан Урумов – ТУ-Варна

МИКРОЛЕНТОВИ КЪСИ АНТЕНИ С ОБРАТНО ИЗЛЪЧВАНЕ С КРЪГОВА ПОЛЯРИЗАЦИЯ

CIRCULARLY POLARIZED MICROSTRIP SHORT BACKFIRE ANTENNAS

К. К. Абдула

K. K. Abdoula

Резюме: Предложен е кратък преглед на микролентовите къси антени с обратно излъчване с кръгова поляризация. Тези антени, благодарение на тяхната опростена и компактна конструкция, и високите механични, и електрически характеристики, могат да бъдат използвани като единични антени или като елементи на микролентови антенни решетки с разнообразни приложения в съвременните комуникационни системи. Описани са няколко конструкции на антени от този клас. В заключение са посочени някои възможности за изследвания в тази област.

Ключови думи: къса антена с обратно излъчване с кръгова поляризация, микролентова къса антена с обратно излъчване, микролентова къса антена с обратно излъчване с кръгова поляризация.

Abstract: A short review of the circularly polarized microstrip short backfire antennas is proposed in the article. These antennas due to their simple and compact construction and high mechanical and electrical characteristics can be used as single antennas or as elements of microstrip antenna arrays with various applications in the contemporary communication systems. Some constructions of the antennas of this class are described. In conclusion some opportunities for research in this domain are indicated.

Keywords: circularly polarized microstrip short backfire antenna, circularly polarized short backfire antenna, microstrip short backfire antenna.

I. INTRODUCTION

The reduction of the antenna dimensions is a very important problem in the field of the antennas because their radiation is proportional to their dimensions. The backfire principle is one of the methods for reduction of the longitudinal antenna dimensions. It is based on the idea of doubling the physical length of the classical endfire antenna by means of a large plane reflector placed at the open end of the endfire structure, perpendicular to its axis [1]. The short backfire antenna is the backfire antenna with minimum length, approximately a half – wavelength.

The further reduction of the antenna dimensions is associated with the use of a microstrip technology. It is the most rapidly developing field of the antennas in the last years [2]. On the other hand, the use of circular polarization improves the reliability of the communication systems, especially the mobile communications. For this reason the circularly polarized microstrip backfire antenna may be used as a high-efficiency and compact microwave antenna with various

applications in mobile satellite communications, tracking, telemetry, and wireless local-area network systems.

The main goal of this article is to do a short review on the circularly polarized microstrip short backfire antennas.

II. DESCRIPTION OF SOME REVIEWED SHORT BACKFIRE ANTENNA CONSTRUCTIONS

The first construction of a short backfire antenna with rectangular reflectors incorporated in a metal screen was described in 1954 by G. v. Trentini [3, 4]. The Trentini's antenna consisted of two plane rectangular reflectors of different dimensions, spaced approximately a half-wavelength apart and fed by a dipole placed between them, as shown in Fig. 1. The dimensions of the antenna were not optimized and the obtained results were not high. Because the backfire principle was not known at this time, this antenna construction did not receive suitable development.

The classic short backfire antenna with circular reflectors, as shown in Fig. 2 was

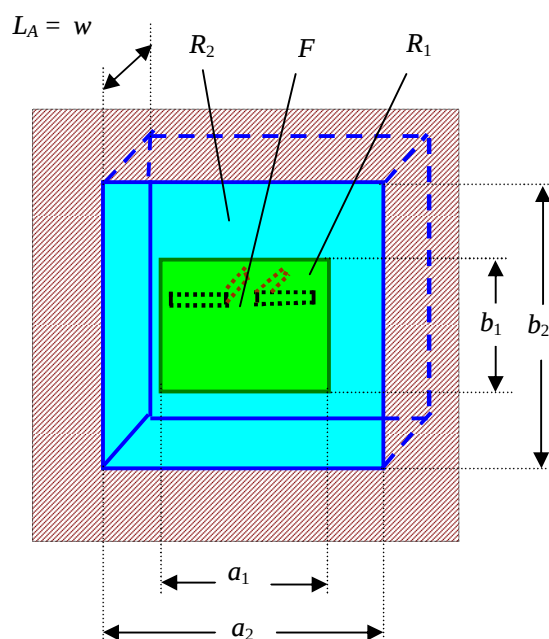


Fig. 1. The geometry of the Trentini's antenna: $a_2 = 2.98 \lambda_0$, $b_2 = 3.26 \lambda_0$, $a_1 = 1.95 \lambda_0$, $b_1 = 1.54 \lambda_0$, $L_A = w = 0.58 \lambda_0$

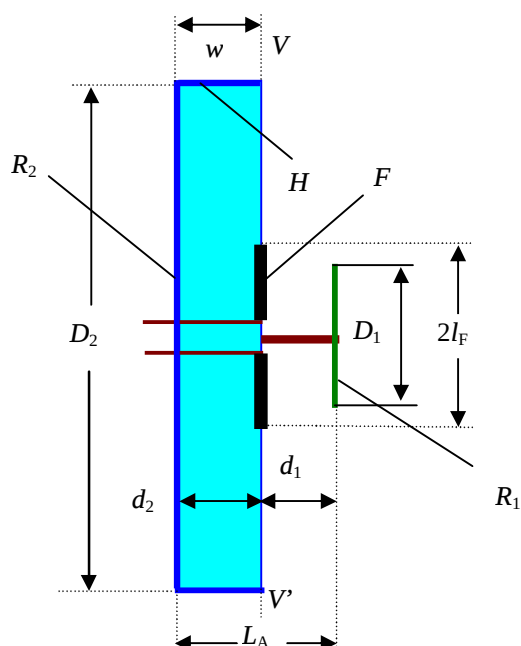


Fig. 2. The geometry of the Ehrenspeck's short backfire antenna: $D_2 = 2 \lambda_0$, $D_1 = 0.4 \lambda_0$, $L_A = 0.5 \lambda_0$, $w = 0.25 \lambda_0$

proposed by H. W. Ehrenspeck [5, 6]. It consists of two planar circular reflectors, R_1 and R_2 , with different diameters, spaced a halfwavelength apart. The antenna is fed by a dipole, crossed dipole, waveguide, or microstrip patch antenna, F , placed at the

Table 1. Dimensions of Ehrenspeck's short backfire antenna ($\lambda_0 = 10$ cm)

Antenna parameter	Dimension
Length of the antenna L_A	$0.50 \lambda_0$
Diameter of the large reflector D_2	$2.00 \lambda_0$
Diameter of the small reflector D_1	$0.40 \lambda_0$
Width of the rim w	$0.25 \lambda_0$
Distance from the dipole to the large reflector d_2	$0.25 \lambda_0$
Distance from the dipole to the small reflector d_1	$0.25 \lambda_0$

midpoint between the two reflectors. The addition of the rim, H , increases the gain by approximately 1 dB. The dimensions of the antenna are shown in Table 1, where λ_0 is the center wavelength.

It was ascertained after multiple studies that the mechanism of radiation of the short backfire antenna is characterized by multiple reflections of a feed-excited electromagnetic wave between the two planar reflectors, R_1 and R_2 . These acts as an open resonant cavity that radiates most of its energy from a virtual aperture VV' (Fig. 2) between the edges of R_1 and H , extending outside H [7]. This antenna construction is the most widely used type of short backfire antenna. Its gain varies from 13 dB to 15 dB.

The first microstrip short backfire antenna, which combined the microstrip type antenna element with a backfire cavity, was proposed in 1981 by C. M. Kaloi [8, 9]. It consists of a microstrip element (circular patch, P) in a cavity between two circular reflectors – a large reflector, R_2 , and a small reflector, R_1 , as shown in Fig. 3. The small reflector, R_1 , is supported above the patch, P , by means of a central support, SP , which is of any suitable dielectric material. The diameter of the large reflector, D_2 , varies from $1.5 \lambda_0$ to $2.0 \lambda_0$. The diameters of the small reflector, D_1 , and the patch, D_P , are equal and are approximately one-half wavelength. The other denotations in the Fig. 3 are: PS – patch substrate, GP – ground plane and C – connector. The spacing between the large and small reflectors, R_2 and R_1 , respectively, L_R ,

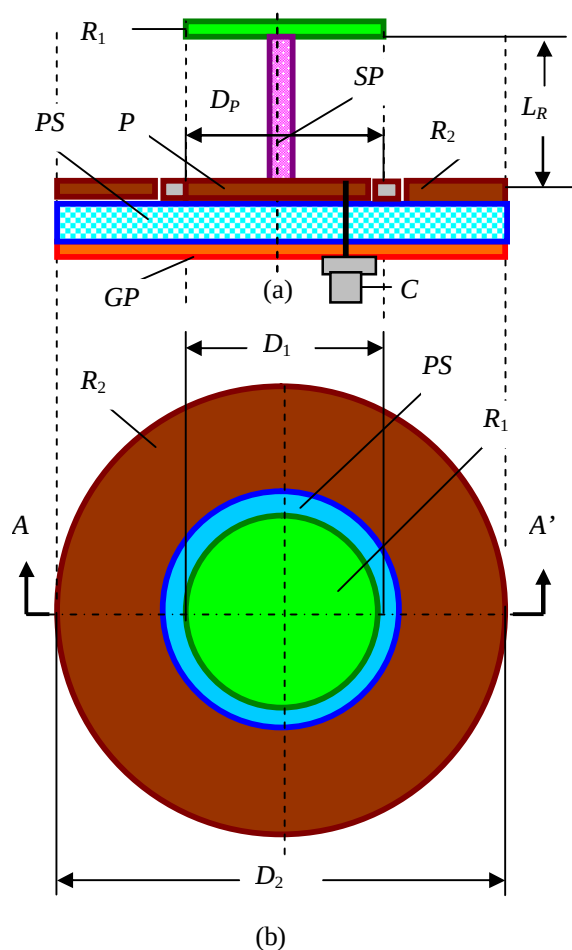


Fig. 3. The geometry of a microstrip backfire antenna with a circular coplanar patch and circular reflectors: (a) A cross-sectional view; (b) A top view

is also equal to a half wavelength. Where a dielectric is used to support the small reflector, R_1 , this spacing decreases to $\lambda_{d0}/2$, λ_{d0} is the center wavelength in the dielectric. The best results are obtained in the configuration with large reflector, R_2 , coplanar with the patch, P . The gain of the microstrip short backfire antenna where the cavity formed by the space between the two reflectors, R_1 and R_2 , is filled with an air, is shown in Table 2.

Table 2. Gain of a microstrip short backfire antenna with air cavity

Diameter D_2	$1.0 \lambda_0$	$1.5 \lambda_0$	$> 2 \lambda_0$
Gain G	7 dB	11 dB	13 dB

Fig. 4 shows the geometry of an antenna array using microstrip backfire antennas

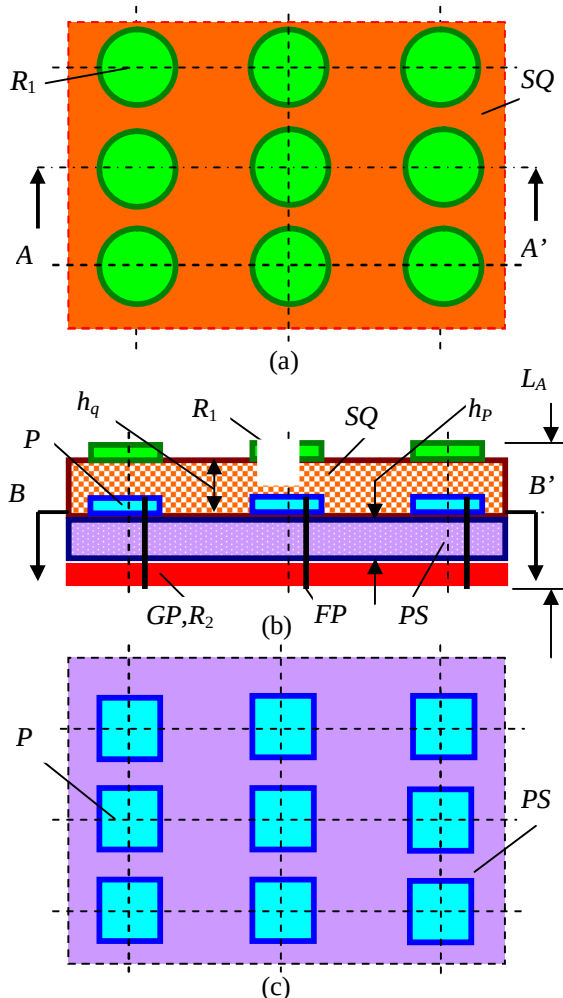


Fig. 4. The geometry of an antenna array of microstrip backfire antennas (a) A partial top view; (b) A cross-sectional view taken along section line A-A' of Fig. 4 (a); (c) A partial view of the bottom section taken along line B-B' of Fig. 4 (b)

cavity filled with a dielectric material. In this configuration the patches are printed and etched on a patch substrate, PS , as shown in Fig. 4 (c) along with the ground plane, GP , or large reflector, R_2 , and the small reflector, R_1 , are printed and etched on a small reflector substrate, SQ , as shown in Fig. 4 (a) and 4 (b). The two substrates, PS and SQ are then laminated together, as shown in Fig. 4 (b), to form the final array. In this case the longitudinal dimension of the antenna array decreases but its gain also diminishes. As a disadvantage of a single microstrip short backfire antenna one may indicate the high

cross-polarization level of its radiation pattern due to the circular shape of the patch, P , and

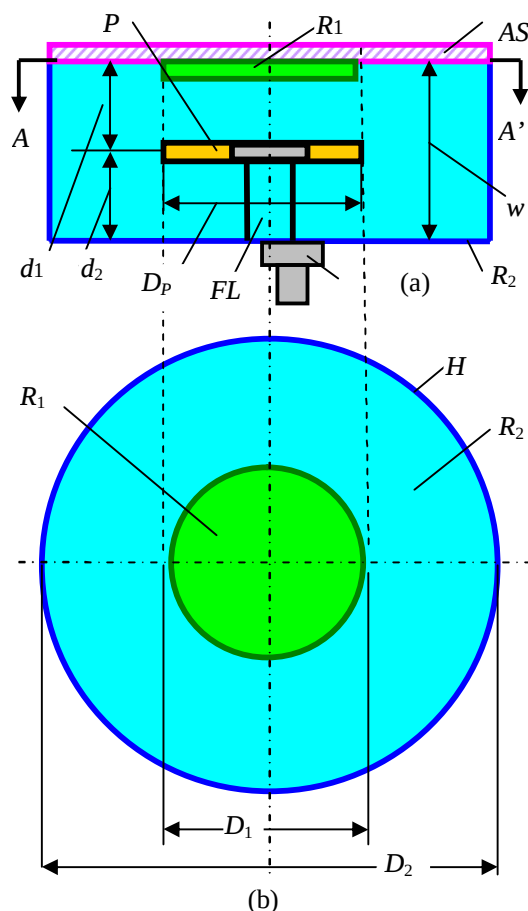


Fig. 5. The geometry of a circularly polarized short backfire antenna excited by an unbalance-fed cross aperture: (a) A side view; (b) A top view taken along line A-A' of Fig. 5 (a)

the both reflectors, R_1 and R_2 . On the other hand the antenna array of microstrip short backfire antennas produces a lower gain due to the asymmetry in shapes of the patches, P , and small reflectors, R_1 . The both microstrip short backfire antenna configurations, the single antenna and the antenna array, are intended for linear polarization.

Fig. 5 shows the geometry of a circularly polarized short backfire antenna excited by an unbalance-fed cross aperture. The antenna consists of two plane circular reflectors – large reflector, R_2 , and a small reflector, R_1 , a circular rim, H , a feed line, FL , a slotted patch, P , on which is etched a cross aperture, and a SMA connector C . The small reflector, R_1 , is printed on an additional substrate, AS ,

placed on the rim, H . The antenna is designed at the frequency band 5.7-5.9 GHz. It has a good performance (a gain equal to 14.3 dB, for example), but low mechanical characteristics.

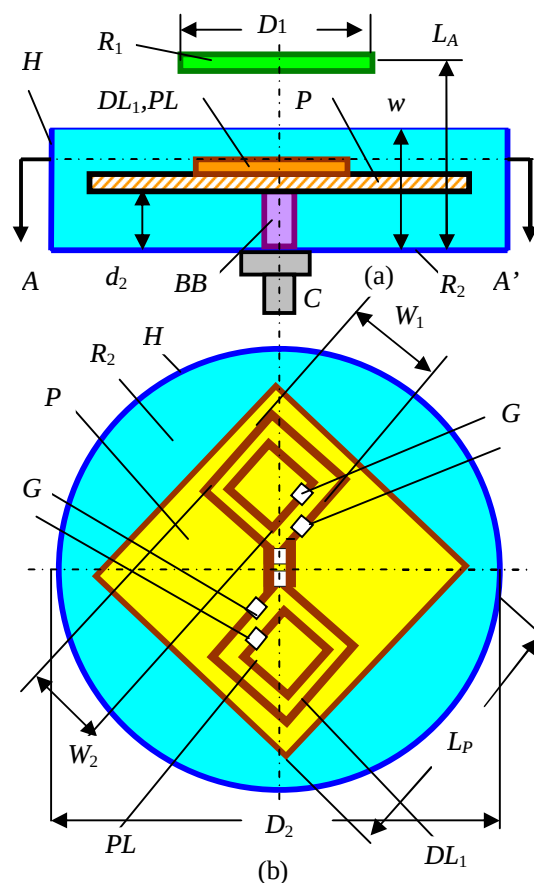


Fig. 6. The geometry of a circularly polarized short backfire antenna excited by a dual-rhombic loop: (a) A side view; (b) A top view taken along line A-A' of Fig. 6 (a)

Fig. 6 shows a circularly polarized backfire antenna similar to the above described construction. It consists of two plane circular reflectors – a large reflector, R_2 , and a small reflector, R_1 , a circular rim, H , a dual-rhombic loop, DL , which serves as an excitation element of the short backfire antenna, a broadband balun, BB , and a SMA connector, C . The square ($W_1 \times W_1$) dual-rhombic loop of the driving loop, DL_1 , is printed on a thin square ($L_P \times L_P$) patch, P . To radiate a circularly polarized wave, a pair of

small gaps, G , is introduced on the dual-rhombic loop, DL_1 . A pair of square ($W_2 \times W_2$) parasitic rhombic loops, PL , (also with small gaps), is added inside the dual-rhombic loop, DL_1 , for bandwidth enhancement. The small reflector, R_1 , is supported by a Styrofoam pole. The antenna is designed for operating at C-band (4-8 GHz) and possesses similar advantages and disadvantages as the previous construction.

III. CONCLUSION

The studies carried out in this article allow to do the following conclusions:

1. The circularly polarized microstrip backfire antenna is a perspective antenna element in contemporary communication systems.
2. Till this moment there is a little number of publications in the open literature on the circularly polarized microstrip backfire antennas.
3. There are many opportunities and challenges for theoretical and experimental studies in the field of the circularly polarized microstrip short backfire antennas.

ACKNOWLEDGEMENT

The author wishes to acknowledge his supervisor Dr. G. S. Kirov and his colleague G. T. Chervenkov, a Ph.D. student, both from the Department of Communication Engineering and Technologies, Technical University of Varna, for the help in preparing and writing of this article.

REFERENCES:

- [1]. A. Kumar, H. D. Hristov. Microwave Cavity Antennas. Artech House, 1989.
- [2]. D. M. Pozar, D. H. Schaubert (Editors). Microstrip Antennas: The Analysis and Design of Microstrip Antennas and Arrays. New York, IEEE Press, 1995.
- [3]. G. v. Trentini. Bündelung elektrischer wellen durch leitscheiben. Z. angew. Physik, 6, No. 10, 1954, s. 462-470.
- [4]. G. S. Kirov. Design of Short Backfire Antennas. IEEE Antennas & Propagation, Vol. 51, No. 6, Dec. 2009, pp. 110-120.
- [5]. H. W. Ehrenspeck. The Short Backfire Antenna. Proc. IEEE, Vol. 53, No. 8, Aug. 1965, pp. 1138-1140.
- [6]. H. W. Ehrenspeck. The Short Backfire Antenna. US Patent No. 3 438 043, April 1969.
- [7]. H. W. Ehrenspeck and J. A. Strom. The Short Backfire Antenna – A Highly Efficient Array Element.

Microwave Journal, Vol. 20, No. 5, May 1977, pp. 47-49.

- [8]. C. M. Kaloi. Microstrip Backfire Antenna. US Patent No. 4 347 517, filed Jan. 26, 1981.
- [9]. C. M. Kaloi, D. Hatfield, P. Simon. Microstrip Backfire Antenna. IEEE AP-S Symp., 1981, Proceedings, pp. 343-346.
- [10]. R. L. Li, D. C. Thompson, J. Papapolymerou, J. Laskar, and M. M. Tentzeris. A Circularly Polarized Short Backfire Antenna Excited by an Unbalance-Fed Cross Aperture. IEEE Trans. on Antennas and Propagation, Vol. 54, No. 3, March 2006, pp. 852-859.
- [11]. R. L. Li, A. Traill, J. Laskar, and M. M. Tentzeris. Bandwidth and Gain Improvement of a Circularly Polarized Dual-Rhombic Loop Antenna. IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, Vol. 5, 2006, pp. 84-87.

Contact information:

K. K. Abdoula, Ph.D. student, Department of Communication Engineering and Technologies, Faculty of electronics, Technical University of Varna, Studentska Str. 1, 514 E
e-mail: Kawa.Abdoula@itron.com

Рецензент: доц. д-р инж. Йордан Урумов – ТУ-Варна

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ПАРАМЕТРИТЕ НА VoIP ТРАФИК В ЛОКАЛНА WIRELESS МРЕЖА

INVESTIGATE PARAMETERS OF VoIP TRAFFIC IN LOCAL WIRELESS NETWORK

Тодорка Георгиева, Красен Банков

Резюме: Дискутират се основните преимущества и недостатъци на пакетния пренос на глас в една wireless мрежа. Разглеждат се основните протоколи във VoIP. Наблюдават се параметрите отговарящи за високото ниво на QoS.

Ключови думи: пакети, протоколи, сигнализация, трафик, wireless, wifi, router

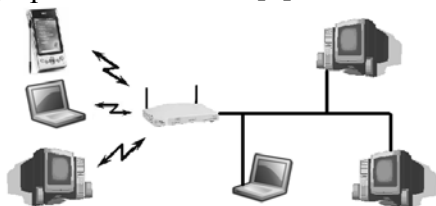
Abstract: This paper discuss advantages and disadvantages of VoIP by wireless. Information about some protocols is shown in this paper. The parameters of QoS are investigated.

Keywords: packet, signalizations, traffic, wireless, VoFi, router

I. ВЪВЕДЕНИЕ

VoIP - Voice Over Internet Protocol представлява технология, позволяваща пренос на глас, посредством използване на широколентова интернет връзка. Благодарение на тази услуга се дава възможност на крайните клиенти да осъществят градски и международни разговори на ниска цена, при големи разстояния и мултифункционалност на линията.

Инфраструктурният режим на изследваната мрежа (фиг.1.) представлява WLAN и LAN мрежа, комуникиращи една с друга, чрез Access Point [1].



Фиг. 1. Инфраструктурен режим на WLAN

Реализираният Ad-hoc (peer-to-peer) режим (фиг.2) е конфигурация от компютри, снабдени с Wireless устройства, комуникиращи директно един с друг.

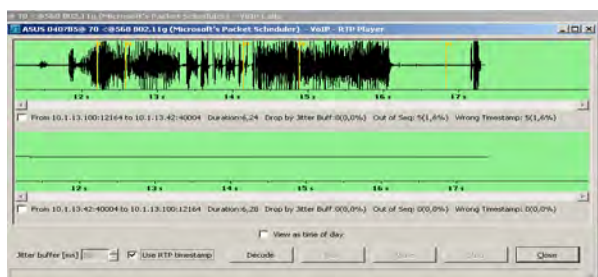


Фиг. 2. Ad-hoc (peer-to-peer, P2P) режим на WLAN

Осигуряването на качеството на обслужване QoS е най-големият проблем, който трябва да бъде решен, при реализиране на мрежата. За IP мрежите QoS се измерва със загуби на пакетите и закъснение. Протоколът TCP осигурява доставка на пакетите без грешки и в реда по който са изпратени. Това се постига с малко закъснение, което не е голям проблем при IP мрежите, ползващи Е-поща и уеб сърфиране [2].

II. АНАЛИЗ

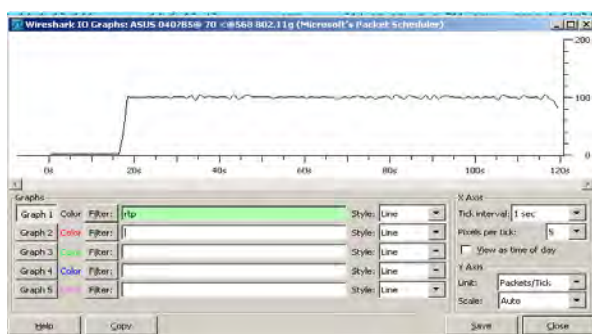
Анализът в реализираната мрежа е направен на базата на проведени VoIP разговори и проследяване на качеството на аудио сигнала [3]. Резултатите са показани на фиг.3.



Фиг.3 Спектрален анализ на изследвания глас

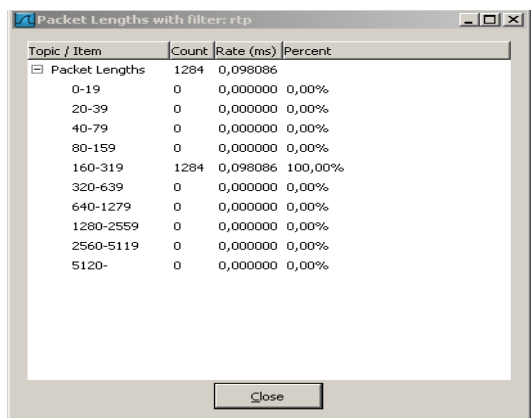
Дължината на пакетите е 160-319 байта, преброени са общо 10140, а скоростта на предаване - 0,099305ms. Предадени са 100%.

Разпределението на трафика по времето на прихващане на пакетите е показано на Фиг.4.



Фиг.4. Разпределение на трафика по времето на прихващане на пакетите, в графичен вид

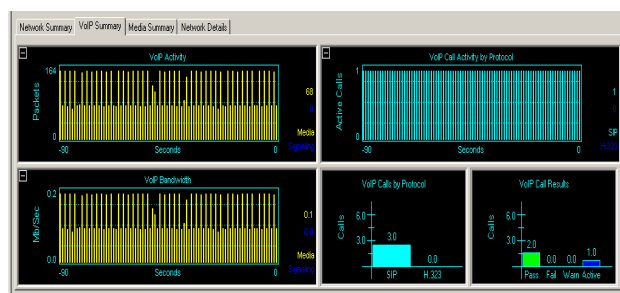
Общо прихванатите пакети са 10140, средният размер на пакета е 214,179 байта, средната скорост на предаване е 0,146Mbit/s (фиг.5).



Фиг.5. Анализирани пакети

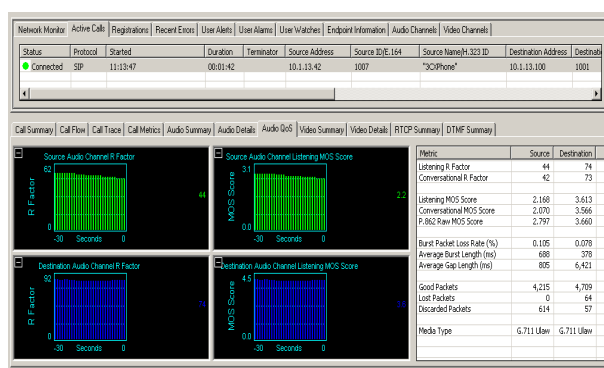
На Фиг.6 се вижда, че каналът за връзка е използван почти 100% за предаване на глас,

като при комутицията е използван кодек е G711.



Фиг.6. VoIP говор

На Фиг. 7 е направен анализ на VoIP разговори, засягащ качеството на аудио сигнала. Представен е графичен израз на отчетите за QoS в последните 30 секунди[4].



Фиг. 7. Аудио сигнал

По RTP протокол са предадени 9,595 пакета с обща големина 1,650,340 байта. Вижда се, че са обработени 100% от протоколите и няма загубени или непредадени.

Listening R Factor представлява характеристика на говорния тракт и може да бъде в границите между 0 и 120, като стандартните стойности са от 40 до 94 за тяснолентова телефония и от 50 до 110 за широколентова телефония.

MOS е споменатата в частта за VoIP, метрика за субективно измерване на качеството на звука, като стойностите са от 1 до 5.

R Factor/MOS Score са характеристики на разговорния тракт за всеки индивидуален медиен поток. Оценяват се чрез модели, включващи променливи във времето характеристики,

като последователността от загубени пакети, отхвърлени пакети поради голям джитер и др (фиг.8).



Фиг.8 Качество на говора

Стойностите на джитера са около 1ms което е много под нормата. Закъснение на пакетите почти не се наблюдава, няма загуби (фиг.9).



Фиг. 9. Мониторинг на мрежата

Предаваните по мрежата пакети са само от VoIP- 99,7%. На фигурата се вижда, че използваният кодек е G711, моментната скорост на предаване е 0,09Mb/sec, използваният протокол е SIP, отговарящи на конфигурираните телефони 3CX и X-Lite [5]. Другите протоколи за връзка са: IP,

UDP, RTP и RTCP. За последните 90 секунди максимумът на предадени пакети е 164, средно по 68 пакета (фиг.10) .

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Len
24	12:41:11.619184	HewlettP_aa:b9:c5	AsustekC_d6:15:7c	ARP	
25	12:41:11.619207	AsustekC_d6:15:7c	HewlettP_aa:b9:c5	ARP	
26	12:41:12.195276	10.1.13.42	10.1.13.100	SIP/SDF	
27	12:41:12.198495	10.1.13.100	10.1.13.42	SIP	
28	12:41:12.199010	10.1.13.42	10.1.13.100	SIP	
29	12:41:12.299919	10.1.13.42	10.1.13.100	SIP/SDF	
30	12:41:12.304412	10.1.13.100	10.1.13.42	SIP	
31	12:41:12.553008	10.1.13.100	10.1.13.42	SIP	
32	12:41:13.559542	10.1.13.42	10.1.13.100	UDP	
33	12:41:14.575492	10.1.13.155	10.1.13.255	NBNS	
34	12:41:16.069710	10.1.13.155	10.1.13.255	NBNS	
35	12:41:18.258647	10.1.13.42	10.1.13.100	UDP	
36	12:41:18.259870	Micronet_04:9c:03	Broadcast	ARP	
37	12:41:18.635273	10.1.13.100	10.1.13.42	SIP/SDF	
38	12:41:18.735999	10.1.13.42	10.1.13.100	SIP	
39	12:41:18.740285	10.1.13.100	10.1.13.42	RTP	
40	12:41:18.758435	10.1.13.100	10.1.13.42	RTP	
41	12:41:18.779561	10.1.13.100	10.1.13.42	RTP	
42	12:41:18.791574	10.1.13.42	10.1.13.100	RTP	
43	12:41:18.791746	10.1.13.42	10.1.13.100	RTP	
44	12:41:18.791931	10.1.13.42	10.1.13.100	RTP	
45	12:41:18.798453	10.1.13.100	10.1.13.42	RTP	
46	12:41:18.804352	10.1.13.42	10.1.13.100	RTP	
47	12:41:18.818662	10.1.13.100	10.1.13.42	RTP	
48	12:41:18.827816	10.1.13.42	10.1.13.100	RTP	
49	12:41:18.838379	10.1.13.100	10.1.13.42	RTP	
50	12:41:18.845221	10.1.13.42	10.1.13.100	RTP	
51	12:41:18.858778	10.1.13.100	10.1.13.42	RTP	

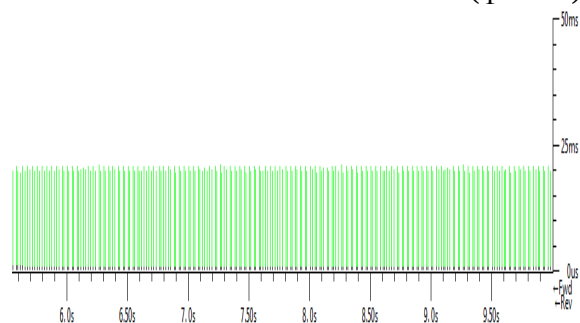
Фиг. 10. Анализирани пакети

Инициатор на обаждането е адрес 10.1.13.42

- Пакет 26 показва заявка за свързване.
- Пакет 27 носи информация: 401– Unauthorized. Сървърът отхвърля искането на клиента за регистрация и връща обратно искане за идентификация.
- Пакет 28 : ACK- Клиентът приема съобщението.
- Пакет 29: INVITE - След попълване на необходимите данни, клиентът изпраща нова покана към сървъра.
- Пакет 30: 100 – Trying. Сървърът предупрежда викащият, че се опитва да се свърже с повиквания.
- Пакет 31: 180 – Ringing. Сървърът изпраща съобщение до викащия номер, за да потвърди звъненето.
- Пакет 37: 200 – OK. Сървърът потвърждава поканата на викащия.
- Пакет 38: ACK. Викащият приема потвърждението. Телефонният разговор може да започне. RTP протоколът ще пренася VoIP пакетите, а RTCP ще следи и контролира качеството на връзката.
- Пакет 39: RTP пакетите се предават.

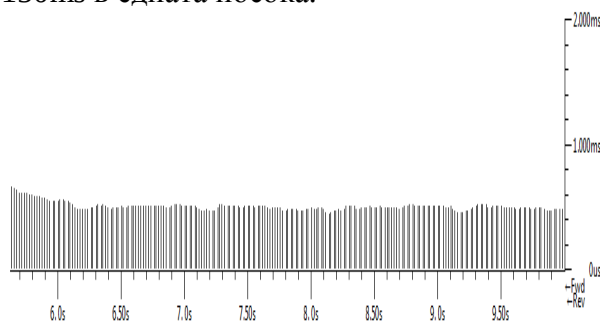
При натоварване на мрежата с повече от десет VoIP разговор през различни централи се наблюдава малко

закъснение в пакетите (фиг.11).



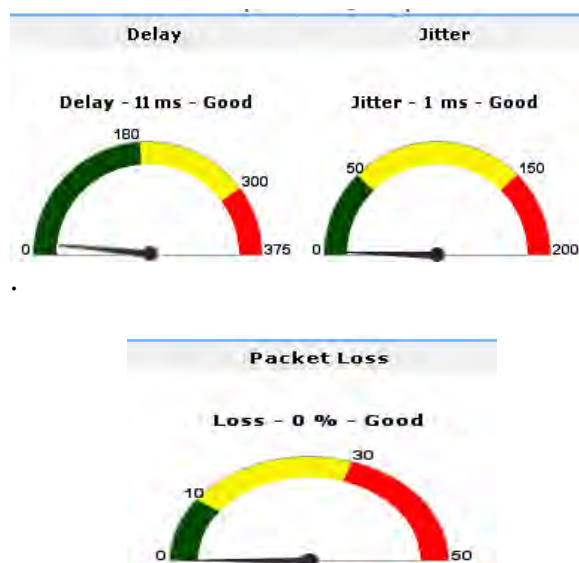
Фиг.11. Закъснение на пакетите

На Фиг.12 са показани диапазоните на закъсненията на отделните пакети, при преноса на G.711 аудио потока и както се вижда масово пакетите имат мрежово закъснение под 25ms, а най-големите не надвишават 24,5, при допустими норми от 150ms в едната посока.



Фиг.12. Jitter

Графичният вид на измерения джитер показва, че няма стойности надвишаващи 1ms.



Фиг.13. Качество на проведените разговори

Всички норми са спазени. Проведеният разговор е с добро качество, с малки изключения (фиг.13).

III. ИЗВОДИ

При направените тестове на Vo802.11 мрежата, се доказва пълната ѝ способност да конкурира PSTN и тяхната съвместимост. При изследването са използвани некомпесиран глас и подходящите за условията протоколи. Използвана е една съвременна комуникационна технология Vo802.11, даваща възможност за мобилност на връзките[6]. Използвани са компресирани формати на медийния поток, при запазване на добри експлоатационни параметри. Системата е гъвкава, с модерни сигнализации, осигуряващи висока интелигентност на цялата мрежа. Тези фактори, обезпечават развитието на IP мрежите, дават възможност за бързото изграждане на стабилни и надеждни системи, предоставящи качествени и евтини услуги на крайните потребители.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] "802.11 Wireless LAN Fundamentals", Cisco Press 2003, Pejman Roshan, Jonathan Leary
- [2] "Switching to VoIP", Theodore Wallingford, O'Reilly 2005.
- [3] "Voice over 802.11", Frank Ohrtman. Artech House.
- [4] "IP Telephony: The Integration of Robust VoIP Services", B. Douskalis, Prentice Hall, 2000.
- [5] "Softswitch: Architecture for VoIP", F. Ohrtman, McGraw-Hill.
- [6] "Wi-Fi Handbook: Building 802.11b Wireless Networks", F. Ohrtman, McGraw-Hill.

За контакти:

инж. Тодорка Георгиева, главен асистент в Катедра "Съобщителна техника" при ФЕ на ТУ-Варна, ул. Студентска № 1, 401Е
e-mail: tedi_ng@mail.bg
инж. Красен Живков Банков, магистър в спец. КТТ при ФЕ на ТУ-Варна,
e-mail: banki4@abv.bg

Рецензент:

доц. д-р инж. Петър Петров - ТУ-Варна

**ИЗСЛЕДВАНЕ СЪВМЕСТНАТА РАБОТА НА WINDOWS БАЗИРАНА
IP ЦЕНТРАЛА “3CX” И ASTERISK БАЗИРАНИ ЦЕНТРАЛИ
“TRIXBOX” И “ELASTIX”**
**INVESTIGATE COMMON WORK OF WINDOWS BASED PHONE SYSTEM
IP “3CX” AND ASTERISK BASED PHONE SYSTEMS “TRIXBOX” AND
“ELASTIX”**

Тодорка Георгиева, Борислав Нецов, Марио Георгиев

Резюме: Дискутира се работата на Windows базирана IP комутационна система 3CX, както и съвместната дейност на различните IP реални централи. Симулирани са няколко постановки със системите и са направени съответните измервания с помощта на софтуерни анализатори.

Ключови думи: 3CX, Trixbox, Elastix,

Abstract: This paper discuss the activity of Windows - based IP phone system 3CX and common work of different real phone systems. Some experiments are simulated with the phone systems and adequate measurements are made with the help of software VoIP analyzers.

Keywords: 3CX, Trixbox, Elastix

I. ВЪВЕДЕНИЕ

3CX Phone System за Windows е широко използвана софтуерна IP PBX, която заменя традиционните хардуерни телефонни централи и доставя на ползвателите способността да правят, получават и прехвърлят повиквания. Използва се SIP стандарт и се поддържат най-популярните SIP телефони, VoIP Gateway устройства, VoIP доставчици / оператори и PSTN телефонни линии. Лесно се конфигурира и поддържа от системните администратори, като се интегрира добре в мрежовата инфраструктура на Windows.

Основните предимства на Windows базираната комутационна система 3CX са:

- голям брой потребители, запознати с администрацията на операционна система Windows [1];
- лесна за интеграция във вече създадените под Windows мрежи ;
- удобен и лесен за употреба web потребителски интерфейс;
- лесен за интеграция с Microsoft Exchange;
- поддържане на SIP разклоняване (две или повече устройства да бъдат регистрирани към една абонатна линия).

Чрез Asterisk базирана PBX комутационна система и използване на платформата на trixbox се дава възможност за лесно конфигуриране с помощта на уеб интерфейс.

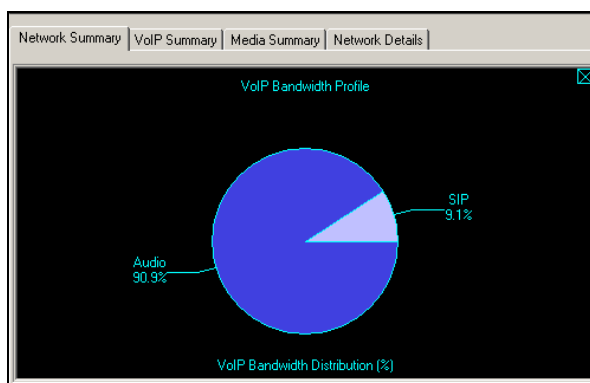
Основните предимства на Asterisk базираната комутационна система са:

- възможност за избор на богата персонализация при инсталиране;
- голям избор на допълнителни модули и приложения;
- Asterisk е базирана на операционната система Linux;
- Asterisk централата притежава функциите и предимствата на софтуерната IP централа 3CX [2].

II. АНАЛИЗ

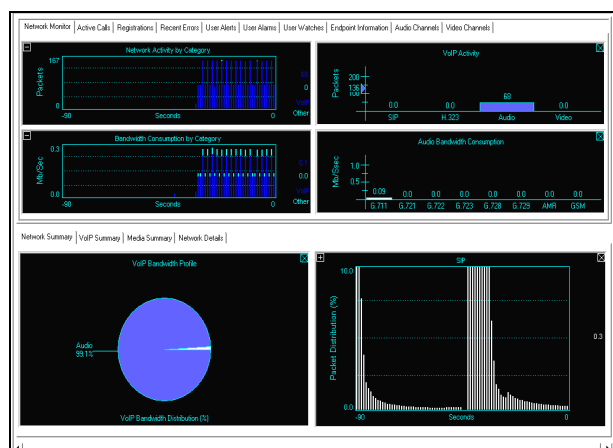
1. Съвместна работа на Windows базирана централа “3CX” и Asterisk базирана централа “Trixbox”[3].

При провеждане VoIP разговор между абонати от различните централи , потокът от пакети съдържа разговора на абонатите и SIP сигнализацията между тях, които са показани на Фиг.1.



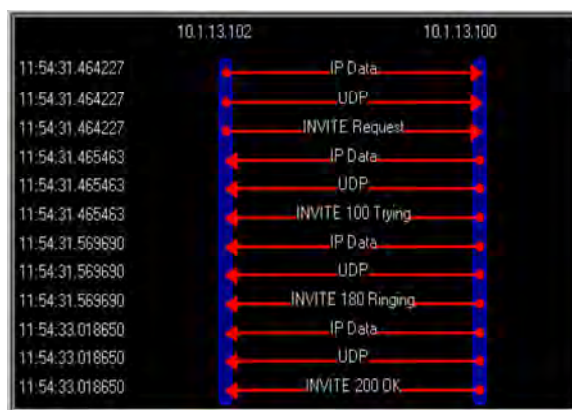
Фиг.1. Сигнализация при разговор между два абоната

Състоянието на мрежата, активността на разговора и протоколът, по който се осъществява той (G.711), както и разпределението на SIP съобщенията във времето са показани на Фиг.2.



Фиг.2. Състояние на мрежата при разговор

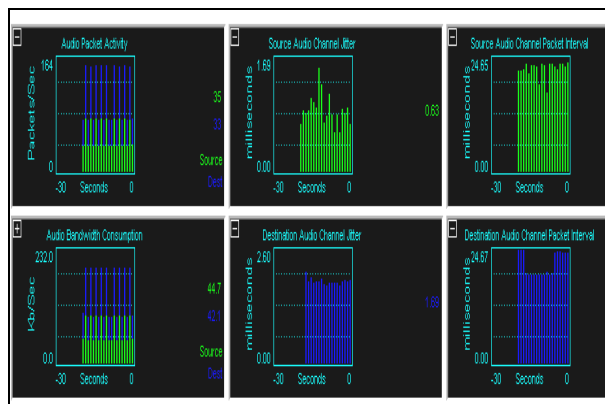
Графично връзката между двата абоната и сигнализацията между тях е показана на фиг.3.



Фиг.3. Сигнализация между абонатите

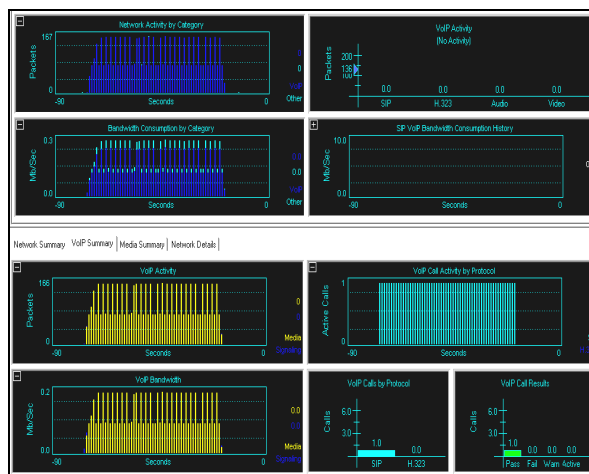
На Фиг.4 е показана информация за аудио пакетите: тяхната активност, пакетните интервали и междупакетното пространство

(jitter). Последните два показателя са от изключителна важност за качеството на IP телефонията, за нормалното провеждане на разговора.



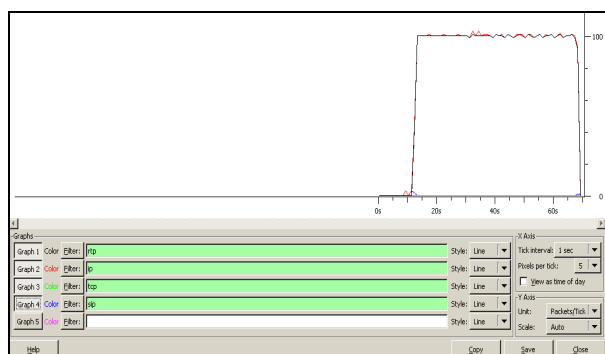
Фиг.4. Общ вид на пакетната активност, пакетните интервали и междупакетното пространство

При анализа на разговорите в мрежата се наблюдава активността на пакетите и активността на VoIP разговора. Съществува възможност за преглед само на определен протокол или съвкупност от отделни протоколи.



Фиг.5. Пакети при VoIP разговор

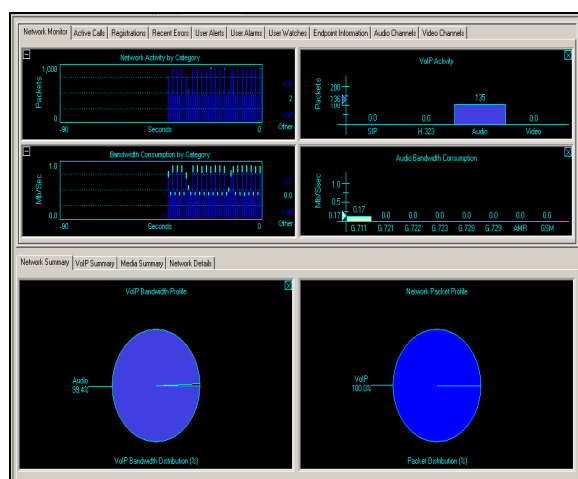
На Фиг.6 е показана графична зависимост на RTP, IP, TCP и SIP протоколите, в зависимост от изтеклото време на разговора.



Фиг.6. Времева зависимост на VoIP протоколите

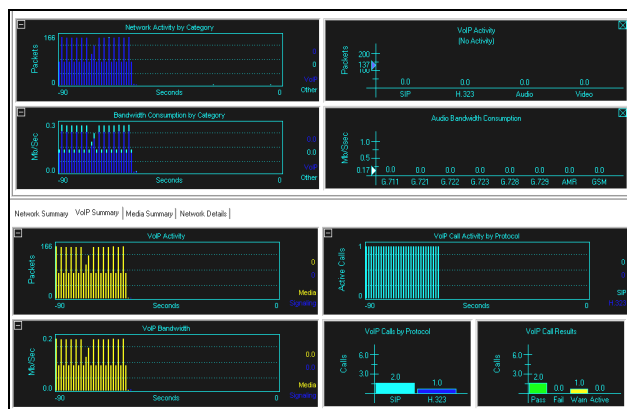
2. Съвместна работа на Windows базирана централа “3CX” и Asterisk базирана централа “Elastix”

На Фиг.7 е показана общата дейност на мрежата при свързване на абонати от двете централи:



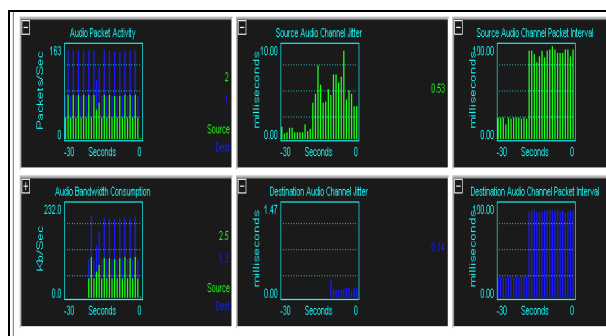
Фиг.7. Съвместна работа на Windows базирана централа “3CX” и Asterisk базирана централа “Elastix”

VoIP разговор между абонати от двете централи е показан на Фиг.8.



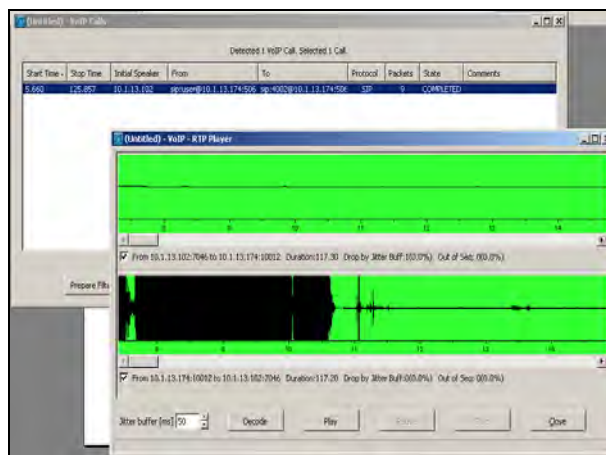
Фиг.8. VoIP разговор

Аудио показателите, пакетната активност, пакетните интервали и джитер са дадени на Фиг.9.

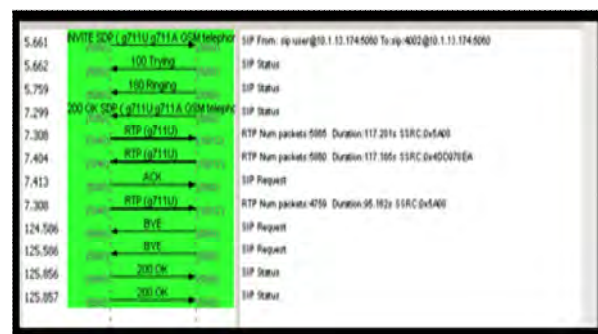


Фиг.9. Общ графичен вид на пакетната активност, пакетните интервали и джитера

VoIP анализаторите притежават възможност за преглед, запис и анализиране на разговор [4]. Записаният в това изследване VoIP сигнал е представен на Фиг.10, а на Фиг.11 - сигнализационната информация между двата абоната.



Фиг.10. Записан VoIP разговор



Фиг.11. Сигнализационна информация между двата абоната

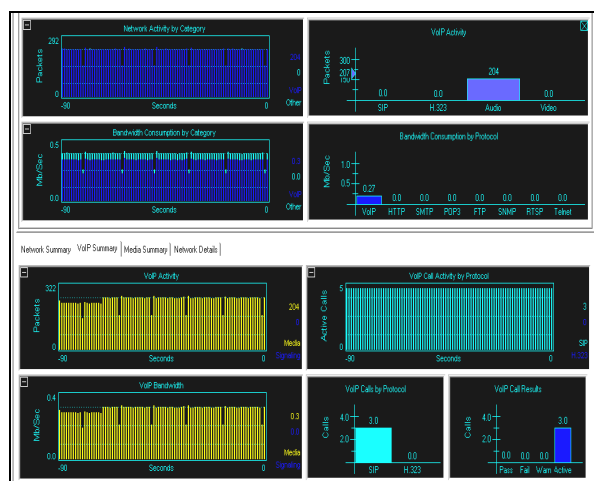
3. Работа на Windows базирана централа “ЗСХ” при повече от един разговор.

С това изследване се проверява работата на централата ЗСХ при натоварване. Както се вижда на Фиг.12 трите разговора са осъществени, процентът на загубени пакети е нулев [5].



Фиг.12. VoIP разговори и информация за пакетите при натоварване

Обобщен вид на изследванията са дадени на фиг.13 и са представени всички основни аспекти на извършената VoIP комуникация.



Фиг.13. Обща информация за проведената VoIP телефония при повече от един разговор.

III. ИЗВОДИ

Реализираната софтуерна централа и направените изследвания върху нея, онагледяват поведението, работата и предимствата на Windows базираните комутационни системи. ЗСХ е софтуерен

продукт, интегриращ се безпроблемно в архитектурата на Windows и възможност за подобряване на VoIP комуникацията. Системата е лесна за инсталиране и конфигуриране, и пести средства, и време на ползвателите си. Възможността за интеграция с публичната PSTN мрежа правят ЗСХ алтернатива на широко разпространените Asterisk (Linux) базирани комутационни централи Elastix и Trixbox.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] “VoIP Telephony with Asterisk”, Paul Mahler, Signate, 2004.
- [2] “Building Telephony System with Asterisk”, David Gomillion, Barrie Dempster, PACKT Publishing, 2006.
- [3] “Asterisk The Future Of Telephony, Second Edition”, Jim Van Meggelen, Leif Madsen, Jared Smith, O’Reilly, 2007
- [4].Angela Orebaugh, “Wireshark and Ethereal Network Protocol Analyzer Toolkit”, Syngress Publishing, 2007.
- [5].William C. Hardy, "VoIP Service Quality - Measuring and Evaluating Packet-Switched Voice", McGraw-Hill, 2003.

За контакти:

инж. Тодорка Георгиева, гл. асистент в Катедра “Съобщителна техника” при ФЕ на ТУ-Варна, ул. Студентска № 1, 401Е
e-mail: tedi_ng@mail.bg
инж.Борислав Нецов, магистър в спец. КТТ e-mail: markata88@gmail.com
инж. Марио Петров Георгиев, магистър в спец. КТТ e-mail: markata88@gmail.com

Рецензент:

доц. д-р инж. Васил Марков Къдрев - ТУ-София

ВЪЗМОЖНОСТИ ЗА ПРЕЦИЗНО ИЗМЕРВАНЕ НА МНОГО МАЛКИ ИЗМЕНЕНИЯ НА КАПАЦИТЕТ

PRECISE MEASUREMENT OPPORTUNITIES OF VERY SMALL CAPACITY CHANGES

Венцеслав Драганов, Теодора Трифонова, Валентина Маркова,
Розалина Димова, Десислава Кънева

Резюме: Представени са резултатите от изследване на схемни решения и част от разработено устройство за измерване на много малки изменения на капацитет, при много ниска нестабилност. Направените анализи показват, че предложеното решение позволява регулиране на чувствителността в много широки граници.

Ключови думи: измерване на много малки капацитети, честотен компаратор

Abstract: The paper presents investigation results of the device developed for measuring of very small capacities or capacity changes with a very low instability. Analysis show sensitivity adjustment of wide predefined range.

Keywords: measurements of very small capacities, frequency comparator

I. ВЪВЕДЕНИЕ

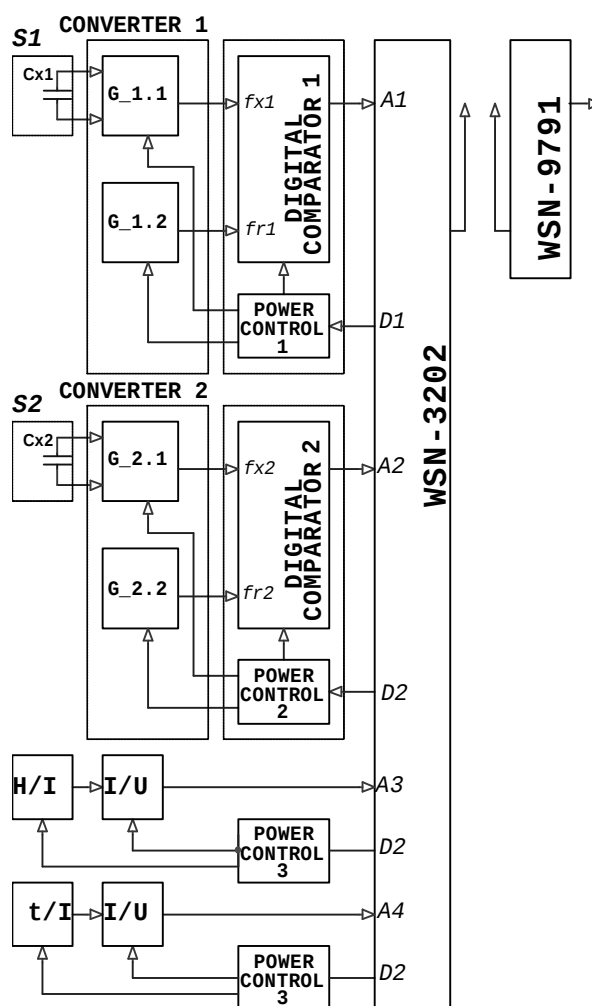
През последните години се наблюдава експлозивно развитие в сензорните технологии. Разработени са различни датчици, готови да бъдат прикрепени към безжична платформа за наблюдение.

На фиг.1 е показана блокова схема на разработената сензорна мрежа за наблюдение на нива на насипни материали в контейнери за съхранение [1]. Включени са четири възела, които измерват минимално и максимално ниво на насипния материал в силоса, влажността и температурата на материала. Информацията се препраща по канал (WSN-3202), който е свързан с друга мрежа, през вход (WSN-9791). Наблюдението и комуникациите се извършват чрез възлите.

За събирането на информация, относно промените в нивото, са използвани високочувствителни капацитивни сензори за ниво, осигуряващи висока чувствителност и ниска нестабилност [2].

Методът позволява измерване на изменението на ниво на материал с много малка диелектрична проникваемост ϵ ,

различаваща се много малко от тази на въздуха (от порядъка на 10^{-3} до 10^{-4}).



Фиг.1. Сензорна мрежа за наблюдение

Първичните капацитивни преобразуватели $S1$ и $S2$, които събират информация за крайните нива на материалите, са свързани с измервателните генератори $G_{1.1}$ и $G_{2.1}$). Капацитетът на всеки от капацитивните сензори C_{x1} и C_{x2} се променя в определена степен, когато се достигне предварително зададено ниво на материала, което от своя страна води до промяна в честотата на съответния измервателен генератор. Сигналят с честота F_x се подава на входа на съответния цифров компаратор. Той сравнява честотата F_x с предварително зададена от опорния генератор ($G_{1.2}$ или $G_{2.2}$) честота Fr .

Изходите на цифровите компаратори са свързани с аналоговите входове $A1$ и $A2$ на възела WSN-3202.

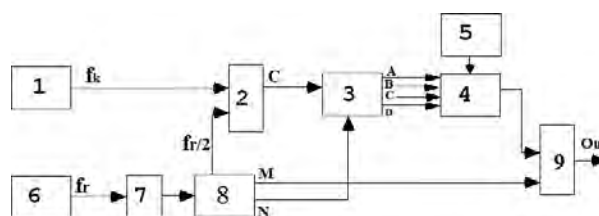
Измервателният възел и „Ethernet“ шлюза NI WSN-9791 комуникират безжично, използвайки 2.4 GHz радио сигнал и надеждният безжичен сензор с мрежов протокол, базиран на IEEE802.15.4. Шлюзът координира комуникацията между разпределените възли и контролера. Това е „Ethernet“ порт 10/100Mbit/s, осигуряващ гъвкава връзка с Windows PC.

Сензорът за влажност H и температурният сензор t са свързани с аналоговите входове $A3$ и $A4$ на възела WSN-3202.

Разработен е и е изследван *цифров компаратор*, отчитащ изменението на честотата на генератора, към който е включен първичния капацитивен преобразувател. Направен е анализ и е предвидена възможност за регулиране на чувствителността на схемата в широки граници.

II. АНАЛИЗ

Разработеното устройство за отчитане на много малки изменения на капацитета на капацитивен преобразувател е представено на фиг. 2.



- 1) Кварцово стабилизиран генератор 1, към който се включва измервания капацитет C_x ;
- 2) Електронен ключ;
- 3) Брояч;
- 4) Цифров компаратор;
- 5) Ръчно задаване на цифрата за сравняване;
- 6) Опорен кварцово стабилизиран генератор;
- 7) Делител на честота с регулируем коефициент на деление n ;
- 8) Блок управление;
- 9) Памет.

Фиг.2. Устройство за отчитане на много малки изменения на капацитет

Измерваният капацитет C_x се включва към кварцово стабилизиран генератор 1. Изменението на капацитета му в много малки граници води до изменение и на честотата f_x на генератора 1, също в много малки граници и при запазване на много ниска нестабилност на тази честота.

Сигналят с честота f_x се подава към първия вход на електронния ключ 2. От блока за управление 8 се разрешава отваряне на електронния ключ за определен период от време - "база време". Този период се определя от изходната честота fr на втория кварцово стабилизиран генератор 6, след преминаване през делителя на честота 7 до стойност fr/n , където n е стойността на коефициента на делене на делителя на честота. С промяна на коефициента на делене може да се промени "базата време", а с това и чувствителността на схемата като цяло в много широки граници.

От изхода на ЕК, за времето, определено от "базата време" – $2n/fr$, към входа на брояча 3 постъпват определен брой импулси, в зависимост от съотношението на честотите f_x и $fr/2n$. В

края на периода за измерване, на изходите А, В, С, D на брояча 3 се установява кодова комбинация, съответстваща на най-младшата цифра, отчитаща измерваната честота f_x . Тази комбинация се сравнява от цифровия компаратор 4 с кода, зададен от блока за ръчно управление 5. При съответствие, към входа на паметта 9 се подава логическа „0”, която се записва на изхода й **Out**, при постъпване на управляващ сигнал от изход *M* на блока за управление 8. След записа на информацията в паметта, от изход *N* на блок 8 постъпва сигнал за нулиране на брояча.

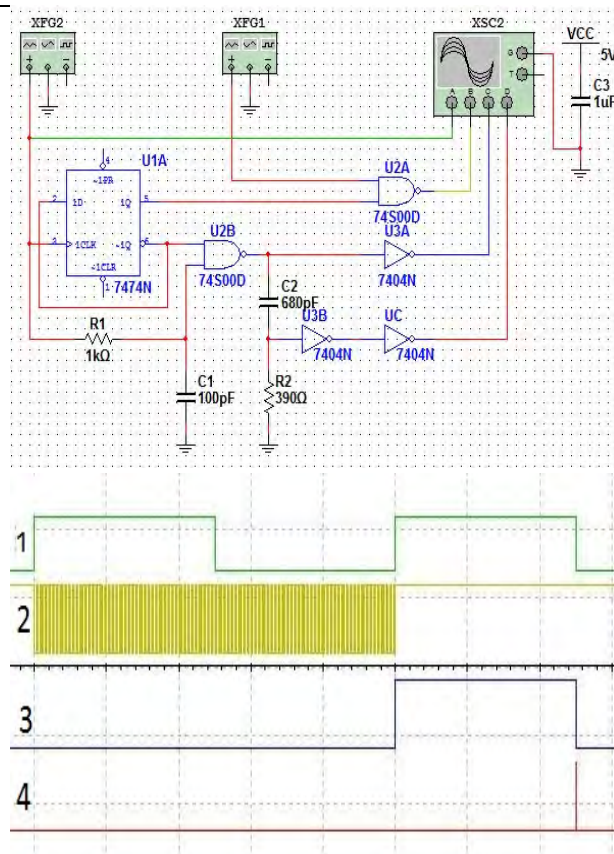
III. РЕЗУЛТАТИ ОТ ИЗСЛЕДВАНИЯТА НА ОТДЕЛНИТЕ БЛОКОВЕ

Изследванията на действието на проектираните принципните схеми на отделните блокове са извършени чрез симулиране, с помощта на програмния продукт *Multisim 10.1*. Използвани са програмният функционален генератор XFG и програмният 4-входов осцилоскоп XSC.

1. Блок управление

Основният блок в устройството е „блок управление 8” (фиг. 3).

Сигналът, чиято честота трябва да бъде измервана, постъпва от генератора XFG01 към логическата врата U2A. Управлението й се осъществява от сигнала 1, постъпващ от генератора XFG02, честотата на който се дели на две от Т-тригера U1A. Изходните импулси 2 постъпват към входа на брояча (фиг. 2). След затваряне на електронната врата към паметта *M* (фиг. 2) постъпва сигнал за запис 3 (предният фронт на импулса). В края на периода на измерване се подава сигнал 4 (кратък положителен импулс) за нулиране на брояча (фиг. 2).



Фиг.3. Блок управление

2. Цифров компаратор

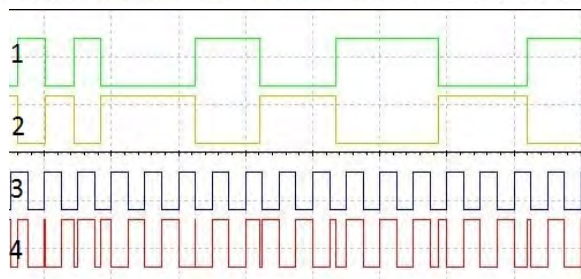
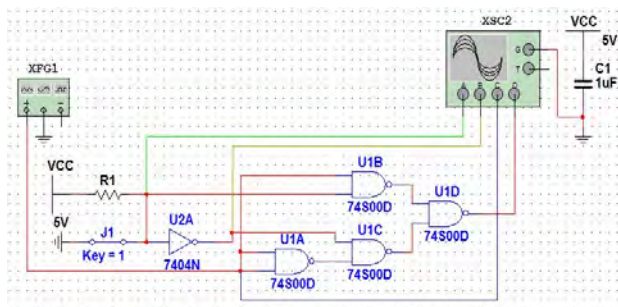
Предназначението на цифровия компаратор е да сравни кодовата комбинация, постъпваща от изходите на брояча, с предварително зададена кодова комбинация. Изходните сигнали от брояча могат да бъдат прекодирани в съответствие с предварително избрана цифра, която съответства на цифрата от най-младшия разряд на стойността на изследваната честота.

2.1. Електронни ключове

За по-голямо удобство при задаване на кодовата комбинация към цифровия компаратор (фиг.2), са използвани електронни ключове (фиг.4).

Използвани са логически елементи U1A, U1B, U1C и U1D, управлявани с механичния ключ J1, директно, или през инвертора U2. При затворен ключ J1 към логическия елемент (ЛЕ) U1B се подава забраняваща "0", а към ЛЕ U1C - разрешаваща "1". В този случай към изхода

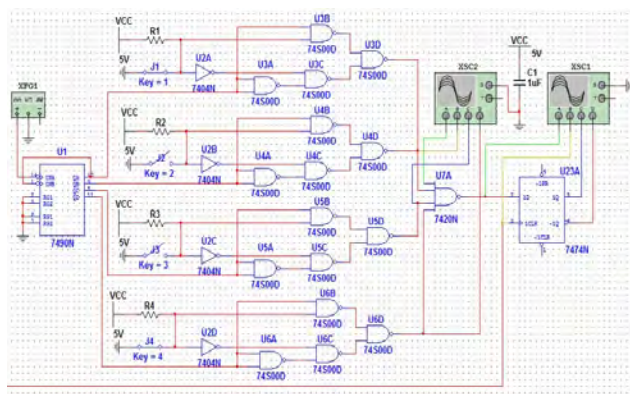
на схемата (изхода на $U1D$) постъпват инвертираните от ЛЕ $U1A$ входни импулси. При отворен ключ $J1$ към ЛЕ $U1B$ се подава разрешаваща "1", а към $U1C$ - забраняваща "0". В този случай към изхода на схемата постъпват неинвертирани входните импулси.



Фиг.4. Електронен ключ

2.2. Компаратор и памет

На фиг.5 е представена обединената схема на цифровия компаратор за сравняване на двете честоти и паметта, в която се записва изменението на честотата на измервателния генератор, спрямо тази на опорния генератор.

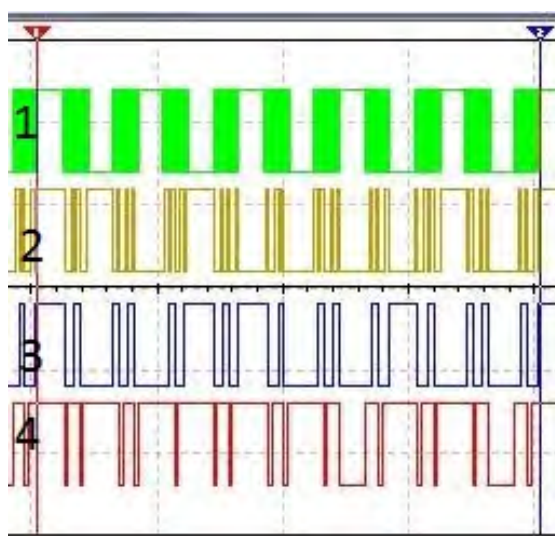


Фиг.5. Компаратор и памет

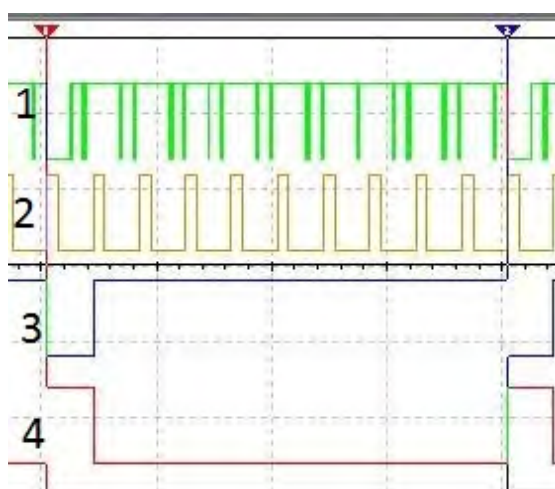
Компараторът е изграден с електронните ключове $U3$ до $U6$, управлявани от механичните ключове $J1$ до $J4$ и инверторите $U2$. При зададена кодова

комбинация, съответстваща на желаната цифра (в случая е избрана комбинация **0110**, съответстваща на цифра **6**), към входовете на ЛЕ $U7$ постъпват 4 логически "1". Получената от изхода му логическа "0" постъпва към D-входа на тригера $U8$. При постъпване на сигнал за запис от блок управление (фиг.2) към тактовия му вход CLK , на изхода му Q се записва логическа "0".

Действието на схемата се онагледява от времедиagramите от фиг.6а и фиг.6б, изобразени съответно на екраните на двата програмни осцилоскопа $XSC2$ и $XSC1$, от фиг.5.



Фиг.6а. Сигнали на изходите на компаратора



Фиг.6б. Сигнали на входовете и изходите на паметта

IV. ИЗВОДИ

Разработената част от устройство за измерване на много малки изменения на капацитет е предназначено за включване в интелигентна сензорна мрежа за наблюдение на нива на насипни материали в контейнери. Устройството позволява и регулиране на чувствителността в много широки граници, с цел разширяване на областта на приложението му.

Резултатите от анализите и изследванията на схемните решения на устройството потвърждават възможността за създаване на реално устройство.

Разработката е финансирана по договор НП5 „Оптимизиране на възел в сензорна мрежа” от фонд „Научни изследвания”, ТУ – Варна и договор №ДО-02-135/2008 „Оптимизиране на разпределянето на телекомуникационни ресурси с отчитане на взаимодействието между слоевете в мрежата”, ТУ-София.

ЛИТЕРАТУРА:

[1] Markova V. I., R. S. Dimova, V. D. Draganov – „An architecture design of a monitoring level sensor system”, Annual Journal of Electronics, 2011, ISSN 1313-1842

[2] Драганов В., Д. Драганов, Н. Ненков, П. Балабански - "Устройство за измерване на ниво", Авторско свидетелство № 45168

За контакти:

инж. Венцеслав Драганов, доцент д-р в катедра „Съобщителна техника” при ФЕ на ТУ- Варна, e-mail: draganov_vd@abv.bg

инж. Теодора Трифонова, докторант в катедра „Съобщителна техника” при ФЕ на ТУ- Варна;

инж. Валентина Маркова, главен асистент д-р в катедра „Съобщителна техника” при ФЕ на ТУ- Варна

инж. Розалина Димова, доцент д-р в катедра „Съобщителна техника” при ФЕ на ТУ- Варна.

Рецензент: доц. д-р. инж. Илия Атанасов - ТУ - Варна

РАЗРАБОТКА НА СИМУЛАЦИОНЕН МОДЕЛ ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ НА ИЗГЛАЖДАНЕТО НА VOIP ТРАФИКА В IP МРЕЖИ

DEVELOP SIMULATION MODEL TO STUDY VoIP TRAFFIC SHAPING IN IP NETWORKS

Росица Голева, Васил Къдрев, Розалина Димова

Резюме: В настоящата работа се разглежда проблемът за качеството на обслужване, като специално внимание се обръща на услугата VoIP (Voice over IP). Докато услугите в реално време като реч и видео изискват бързо предаване, често в бизнеса има други специфични услуги за предаване на данни, които може да са по-критични за дейността. В настоящата работа е показана фазата на разработка и получаване на резултати с помощта на симулационен модел за изследване на изглаждането на VoIP трафика в IP мрежи. Показана е блоковата схема на модела и са описани параметрите на нейните основни елементи. Представени са и възможностите за получаване на резултати, зависимости и съотношения в табличен вид.

Ключови думи: изглаждане на трафика, качество на обслужване, симулационен модел, VoIP

Abstract: This work examines the problem of quality of services, with particular focus on service VoIP (Voice over IP). While an online service such as speech and video requires fast transmission, often has other business services specific data that may be more critical for the activity. The present work shows the development phase and getting results using simulation model to study the VoIP traffic shaping in IP networks. Block diagram of the model parameters is shown and its basic elements are described. Opportunities are presented for obtaining results, dependencies and relationships in tabular form.

Keywords: Quality of Services, Simulation Model, Traffic Shaping, VoIP

I. ВЪВЕДЕНИЕ

При обслужване на смесен трафик и широколентови услуги е необходимо да се осигури управление на трафика, чрез което да се контролира използваемостта на мрежовите ресурси, така че обслужването да бъде с допустимо качество дори и при висок трафик.

Причините, които усложняват управлението на трафика, са:

- един източник може да генерира трафик с различни характеристики (говор, данни, видео); източниците с променлива скорост генерират трафик, който се различава с няколко порядъка;

- различните услуги имат различни параметри за качеството на обслужване, които се различават съществено (освен загубите и закъсненията трябва да се управляват и колебанията на закъсненията и др.).

За управление на трафика съществуват различни възможности:

- контрол на достъпа (по време на изграждане на връзката);

- въвеждане и управление на приоритети (и използване на механизми за буфериране);

- бързо управление на ресурсите (при статистическо мултиплексиране на неравномерен трафик, със съществуващи строги изисквания за закъсненията в мрежата);

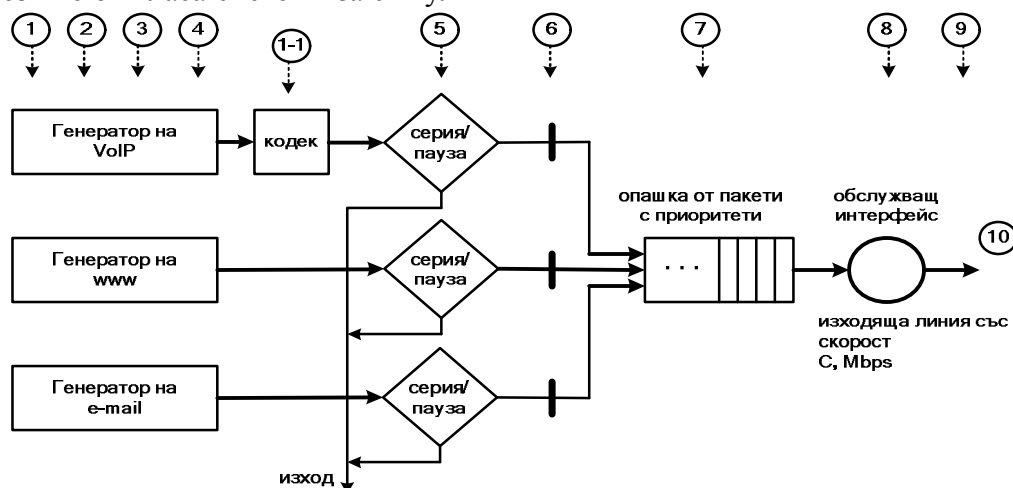
- оформяне на трафика (traffic shaping). Оформянето на трафика става чрез промяна на трафичните характеристики на потока от клетки, за да се намали пиковата скорост, да се ограничи дължината на сериите и да се намалят колебанията на закъсненията. Честотната лента за една връзка е ограничена от пиковата скорост и от средната скорост. Възможно е пиковата скорост, с която постъпват клетките от източника, да се намали като се буферират клетките преди да постъпят в мрежата. В резултат на формирането на скоростта на връзката, еквивалентната честотна лента на връзката може да се намали няколко пъти, особено за източници с голяма неравномерност. В резултат на това се появяват закъснения на трафика. Следо-

вателно спестената честотна лента от формирането зависи и се ограничава от допълнително въвежданите закъснения.

II. СИМУЛАЦИОНЕН МОДЕЛ

При разработката се използват особеностите и предимствата на специализирания език за симулационно моделиране GPSS (General Purpose System Simulation). Самият език е от класа системи за симули-

ране на дискретни събития, като се симулира реалния телетрафичен процес. Симулационният модел се разработва със структура (Фиг.1), в съответствие с постановката на конкретната задача.



Фиг. 1. Описание на симулационния модел

Като база за модел на обслужването може да се използва телетрафичната система G/MM/1/k/p, но с някои модификации (което също оказва влияние на структурата) съобразно процеса на изследване, за изясняване и решаване на конкретен проблем.

Постъпващият поток е различен при различните услуги и при смесването му в различни съотношения се получава трафик с неопределено разпределение, означено с G в модела. Трафикът от глас е с експоненциално разпределение на ниво повикване и смес от детерминирано и експоненциално разпределение на ниво пакети. Трафикът от данни зависи от интерактивността на услугите и поведението на потребителите. Този вид трафик също има детерминиран характер на ниво серии от IP пакети, но различно разпределение на ниво TCP или UDP сесия и на ниво приложен протокол. Например услугата www е свързана с изграждане, обмен и разпадане на TCP сесии през определени интервали от време. При услуга като електронна поща се наблюдава интензивно предаване при

изпращане или получаване на файлове в една от посоките на предаване.

Обслужването на трафика има мултимодален характер дотолкова, доколкото IP пакетите са с дискретни стойности на дължината им от 20 байта до 1500 байта според услугата, кодека, фазата на връзката и др.

В по-общ вид моделът използва обща опашка (и отделни индивидуални регистри на опашки) за услугите.

Описанието на модела включва няколко части:

- структура на елементите на обслужването и процес на обслужване;
- структура на входните данни;
- структура на заложената статистика;
- метод за получаване и обработка на резултатите.

Описанието на всяка от тези части не включва всички възможности на езика, а само елементи, използвани за конкретния модел.

1. Структура на елементите на обслужването и процес на обслужване

Заложените параметри на модела (изменяеми и неизменяеми) са номерирани и пояснени (фиг. 1).

1. Трафикоизточниците са изменяем брой и могат да представят ползването на различни услуги - услугите, които са включени в конкретния модел са глас (VoIP), WWW и Email.

Изборът на услугите (както и на техните параметри) се прави за всеки конкретен случай, но интерес представлява най-вече съвместното обслужване (с изменяемо съотношение на трафичната смес) на интерактивни данни и данни, толерантни към закъсненията.

Изследват се различни съотношения на пакетите (на гласовата и на другите две услуги в рамките на 20 – 90 %) на услугите, като се задават в проценти.

В модела се използват независими генератори на събития, симулиращи постъпване на информация поотделно от всяка група трафикоизточници.

Постъпването на информация във времето се дефинира (в генераторите на случайни числа, със зададено според услугата и нивото на моделиране разпределение) като средно време между постъпванията на пакети (отделно за всеки трафикоизточник). Интензивността на постъпване се определя (също според конкретния модел) като съотношение на броя трафикоизточници и скоростта на постъпване (на избрания кодек за гласовата услуга) спрямо дължината на пакета за съответната услуга (за целта се използва числова променлива с двойна точност).

2. Отделните групи трафикоизточници (всяка от които представя конкретна услуга) са еднородни и генерират информация, чието постъпване е в съответствие с конкретно разпределение на моментите на постъпване. Най-често за гласовата услуга се използва апроксимацията с експоненциално разпределение, а за услугите за обмен на данни – равномерно или детерминирано разпределение. Използваните разпределения зависят от дефинираните начални условия и в процеса на разработка (при проверката за адекватност на модела) може да се променят. Възмож-

но е и използването на разпределения (различни от първоначално дефинираните) за получаването на резултати, чрез които може да се получат изводи във връзка с постановката на конкретния модел.

3. Предвидено е използване на приоритети - както първоначално установени, така и динамично изменяеми (с независимо прилагане към една или няколко услуги). Изследва се влиянието на въвеждането на приоритет за гласовата услуга върху изглаждането на трафика (също и използването на различни кодеци), както и пропускателната способност. Приоритизират се само гласовите пакети. Останалият трафик се предава през стандартна FIFO опашка.

4. В процеса на изследване се налага в разработката на модела, да се включат и параметри на предаването от трафикоизточниците информация, като дължина на предавания пакет (технологичен параметър). По отношение на дължината на предаваните пакети, съществуващите теоретични изследвания дават сравнителни препоръки (за производителност и качество на обслужването), без да се отчита наличието на трафична смес, динамично при обслужването. Например пакетите на гласовата услуга могат да бъдат с дължина 30 – 200 байта (като е приета стойност 60 байта).

При преобразуването на речта се използват различни видове нискоскоростни кодеци (при GSM, VoIP и др.). Предвид на липсата на стандартизация, в изследванията е необходимо да се отчита наличието (в трафичната смес) на трафикоизточници с различна скорост на генерирането на информация (например с кодеци със скорости 8 kbps, 32 kbps и др.).

5. В процеса на обслужване са включени услуги с различни параметри на предаването – съотношение активност/пауза. Тази неравномерност е необходимо да се отчита, тъй като е възможно да предизвика претоварване на обслужващата система при някои гранични стойности. За целта е предвидена средна стойност на вероятността за предаване (активност), при което се изпраща информация към обслужващото устройство. В противен случай (пауза) не

се генерира информация. Заложената вероятност за предаване е с нормално разпределение. Тази средна стойност може да се променя, като се задава в проценти.

6. Параметризирането на модела позволява включването на допълнителни опашки и прилагане на различни, в максимална степен близки до истински наблюдения трафик в мрежата, параметри на трафикоизточниците. Статистиката на резултатите включва параметри на опашките (виртуални) за отделните услуги, както и на общата (съобразно физическата реализация) опашка към обслужващото устройство.

В модела тази статистика е разделена на две части – отделно за услугите и за общата опашка. За виртуалните опашки на отделните услуги са предвидени само регистратори на статистика, като параметрите за нея са идентични с тези на общата опашка. Ако в модела не се включат такива регистратори, ще има резултати за вероятностните параметри на обслужването само за общата опашка. Тези параметри включват: максимална и средна дължина на всяка опашка и средни времена за чакане в опашките (отделно за всички пакети, както и само за тези, които реално са чакали).

7. Обслужването на общата опашка се извършва съобразно приоритета на пакетите в опашката, като обикновено се използва относителен приоритет. Възможно е и използване на абсолютен приоритет, при което новопостъпилите пакети прекъсват обслужването на текущо обслужвания нископриоритетен. При избор на конкретна дисциплина на обслужване е възможно и комбинирано обслужване за различни групи пакети в общата опашка.

8. Обслужващото устройство (интерфейс) извършва обслужването на базата на средно време за обслужване, както и на съответно разпределение (например равномерно или детерминирано).

9. Изходящата линия (със заложената за конкретния модел скорост C Mbps) най-често е синхронизирана със скоростта на обработка на обслужващото устройство, като е възможно да бъдат използвани и

възможности за дообслужване (насочване на обслужените пакети в различни направления).

10. Обслужените пакети могат да се насочат за следващо обслужване (в мрежата) или да се използва прилагането на механизми за осигуряване на качество като антиджитерен буфер и др. След завършване на симулацията на обслужването, пакетите се унищожават.

Процесът на обслужване се реализира чрез алгоритъм, който е подобен за различните услуги. След генериране на входящото повикване (със съответна интензивност, разпределение и приоритет) се проверява за наличието на активност/пауза. В случай на активност се извършва заемане на регистратор на опашка за съответната услуга, като след това се заема общата опашка. В зависимост от приоритета пакетите освобождават опашките, заемат (за времето на обслужване) и освобождават обслужващото устройство. Извършва се проверка за точност на резултатите и в зависимост от нея, симулирането се прекратява.

2. Структура на входните данни

Входните данни са разделени на групи в зависимост от параметъра, който трябва да бъде въведен (както и от неговата стойност).

1. Задават се функции в табличен вид, които са в стандартен вид на експоненциално, нормално, хиперекспоненциално, ерлангово и др. разпределения.

2. Началните стойности се задават чрез стандартни константи. Възможно е стойностите на тези константи да се променят динамично при необходимост.

В случая използваните константи са разделени на следните групи (всяка група се състои от толкова елемента, колкото услуги се симулират):

- брой трафикоизточници;
- скорост на постъпване на информацията (в bps);
- съотношение активност/пауза (в проценти по отношение на диапазона 0 – 999);

- средно време за обслужване (в единици време, съобразно приетата мярка за единицата моделно време – ЕМВ);

- стойност на приоритета за отделните услуги (0 или 1);

- дължина на пакета за отделните услуги (в битове);

- големина на антиджитерен буфер (ако се използва).

3. Размер на групите трафико-източници (за всяка).

4. Капацитет на обслужващото устройство.

5. Променливите, които се използват са числови и логически. Чрез променливите може да се задават съотношения между стойностите на входните константи, които да се използват динамично в модела.

В случая това е средното време между постъпване на пакетите отделно за всяка услуга.

3. Структура на статистическите резултати

Използваните средства на езика представляват най-общо броячи и таймери (вградени във функционалните блокове на програмата на GPSS), като по този начин те изпълняват ролята на директни регистратори на статистика. Опашките дават статистика за преминалите пакети през опашката, максимална и средна дължина и средно време за чакане.

Обслужващите устройства (независимо дали са единични или във вид на многоканална система - сноп) дават статистика за общия брой обслужени пакети, натоварването, наличие на дообслужване (ако има такова).

Широко се използват таблици и съответно табулиране на стойности в предварително дефинирани таблици, включително и таблици, асоциирани към опашки. Чрез таблиците се получават също и разпределенията на резултатите при обслужването.

4. Метод за получаване и обработка на резултатите

Методът за получаване и обработка на резултатите се базира на критерия на

Стюдент, адаптиран за използване в средата на GPSS.

Всички параметри на модела, както и самата структура и алгоритмите на обслужване се подбират след анализ на текущото състояние на изследвания проблем (както и на данни от практиката). В процеса на разработка е възможно и много често се налага да се извършват последователни модификации, с оглед на постигането на максимална адекватност на последващо получаваните резултати, съотношения и зависимости (спрямо дефинираните начални условия и стойности на входните данни).

Обикновено изследването е насочено към търсене на гранични състояния и съответни стойности на параметрите на обслужването, като в някои случаи може да се насочи към детайлизация и подробно разглеждане на отделни сегменти. Резултатите от използването на разработения модел са показани в табличен вид.

Резултатите за пропускателната способност и за параметрите на опашките (с номера от 1 до 45) са показани в табл. 1.

Табл. 1. Резултати

Параметър						
№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7
8	20	1	10	11	12	13
	55	2	14	15	16	17
	90	3	18	19	20	21
13,7	20	4	22	23	24	25
	55	5	26	27	28	29
	90	6	30	31	32	33
32	20	7	34	35	36	37
	55	8	38	39	40	41
	90	9	42	43	44	45

Означенията на колоните в табл. 1 са следните:

- 1 - Скорост на кодера, kbps;
- 2 - Дял на гласовия трафик, %;
- 3 - Пропускателна способност;
- 4 - Максимална дължина на опашката;
- 5 - Средна дължина на опашката;
- 6 - Средно време за чакане за всички пакети;
- 7 - Средно време за чакане само за чакалите пакети.

По подобен начин могат да бъдат показани и разпределенията на средните времена за чакане в опашките (за отделните услуги и обща).

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящата работа е показана фазата на разработка и получаване на резултати с помощта на симулационен модел за изследване на изглаждането на VoIP трафика в IP мрежи. Показана е блоковата схема на модела и са описани параметрите на нейните основни елементи. Получени резултати, зависимости и съотношения са показани в табличен вид.

Работата предстои да бъде развита с добавяне на нови сегменти в модела с цел разширяване и детайлизиране на изследването.

Интерес за авторите представлява модел на качеството от край до край, който ще позволи оценка на възприемането на услугата от потребителите.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1]. Tournoux P., E. Lochin, J. Lacan, A. Bouabdallah, V. Roca, "On-the-fly coding for time-constrained applications", Proceedings of the seventeen ACM international conference on Mul-timedia, Beijing, China, 2009.
- [2]. Wood L., C. Peoples, G. Parr, B. Scotney, A. Moore, "TCP's protocol radius: the distance where timers prevent communication", Delay Tolerant Networking session, Third International Workshop on Satellite and Space Communications, September, 2007.
- [3]. Ong E., J. Y. Khan, "A Unified QoS-Inspired Load Optimization Framework for Multiple Access Points Based Wireless LANs", WCNC 2009 proceedings, 2009.
- [4]. Мирчев С. Телетрафично проектиране. Нови знания, С., 1999.
- [5]. Schriber, T. Simulation Using GPSS. N.Y.: Wiley. 1974.

За контакти:

инж. Росица Голева, гл.ас. в Катедра „Комуникационни мрежи“, Технически университет – София, бул. „Кл. Охридски“ №8, 1756, София, България, e-mail: rig@tu-sofia.bg

инж. Васил Къдрев, доцент д-р в Департамент „Телекомуникации“, Нов Български Университет, Бул. „Монтевидео“ №21, 1618, София, България, . e-mail: vkadrev@nbu.bg

инж. Розалина Димова, доцент д-р в Катедра „Съобщителна техника“, Технически университет – Варна, ул. „Студентска“ № 1, Варна, България, e-mail: rdim@abv.bg

Рецензент:

доц.д-р Илия .Атанасов, ТУ-Варна

БЕЗЖИЧНИ СЕНЗОРНИ МРЕЖИ

WIRELESS SENSOR NETWORKS

Златан Ганев, Розалина Димова

Резюме: В статията е направен обзор на безжични комуникационни сензорни мрежи. Разгледани са видовете сензорни мрежи, техните топологии, възли, преносна среда. Обърнато е специално внимание на сигурността в мрежите и подходите за нейното поддържане. Изведени са основни проблеми и насоки за работа.

Ключови думи: безжични, мрежи, сензорни, възли, сигурност

Abstract: The paper is a brief overview of Wireless Sensor Networks. It gives some more detailed information on the types of sensor networks, their topologies, nodes, and transmission media. The network security is a topic of the paper. Main problems and future trends are presented.

Keywords: networks, sensors, security, wireless

I. ВЪВЕДЕНИЕ

Разработването и използването на Безжични Сензорни Мрежи (БСМ), по подобие на Интернет, намира своите корени във Военното дело. Там първоначално са били изпробвани и внедрени сензори, свързани в мрежа за локализация, проследяване на различни обекти и пр. Бързото развитие в областта на микроелектрониката и безжичните комуникации доведе до постепенното внедряване на БСМ.

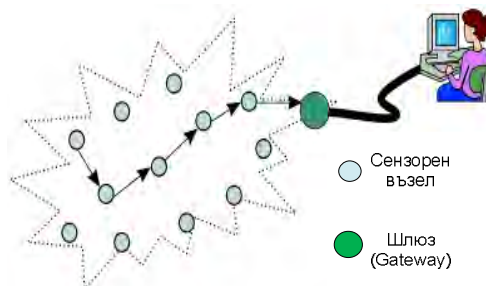
Безжичните сензорни мрежи представят мрежи с децентрализирана структура, в които информацията се предава безжично, предимно чрез радио или оптична връзка и има високи изисквания за размера и продължителността на живот на възлите. Този тип мрежи са предпочитани, когато изграждането на инфраструктура е трудно, икономически неизгодно, мрежата има временно предназначение и пр.

Изброените особености на този тип мрежи води до определени изисквания: ниска консумация на енергия (тъй като се работи с ограничено автономно хранване); малки размери на сензорите, сигурност и защитеност на предаваната информация и др.

Характерно за възлите в БСМ е, че имат ограничен обхват за предаване на информацията. В повечето случаи пакетите се предават от източника до получателя, преминавайки през множество

междинни възли (фиг.1)[1]. Този начин позволява да се снижи нивото на изразходваната енергия, но от друга страна налага и условието за динамична маршрутизация на предаване.

Компактността на устройствата и възможността за бързо разполагане на сензорните мрежи ги прави изключително подходящи за аварийни ситуации[3], например пожари, наводнения и други природни бедствия.



Фиг.1 Многостъпкова архитектура на Сензорна Мрежа

Безжичните мрежи с децентрализирана структура намират приложение в различни области, като: *отбрана и сигурност* (откриване на обекти върху бойното поле, проследяване на вражески действия, откриване на отровни газове или повишени нива на радиация); *земеделие* (следене на температурата, влажността и пр.); *строителство* (интелигентни сгради); *медицина* (проследяване състоянието на пациентите, разпространение на зарази); *екология* (изследване миграцията на животинските

видове, движение на ледниците, вулканични изригвания и пр.).

II. АНАЛИЗ

Сензорната мрежа се състои от елементи за измерване, обработка и комуникация. Тя дава възможност на администратора да наблюдава и реагира на явления и събития в определена среда. Има четири основни компонента в БСМ:

- набор от разпределени сензори;
- вътрешна мрежова свързаност (най-често безжична);
- централна точка на информационно групиране;
- набор от изчислителни ресурси за обработка на данните.

В практиката се срещат две категории безжични сензорни мрежи:

- *смесена мрежа (mesh-based)*.

Те използват най-често безжична радиовръзка с многостъпково предаване (multi-hop) между сензорните възли и динамична маршрутизация в безжичните и кабелните части на мрежата.

- *тип звезда и клъстер (point-to-point или multipoint-to-point)*.

Обикновено тук се използва радиовръзка с едностъпково (single-hop) предаване между сензорните възли и статична маршрутизация в безжичната част на мрежата.

1. ТОПОЛОГИИ НА БЕЗЖИЧНИ СЕНЗОРНИ МРЕЖИ

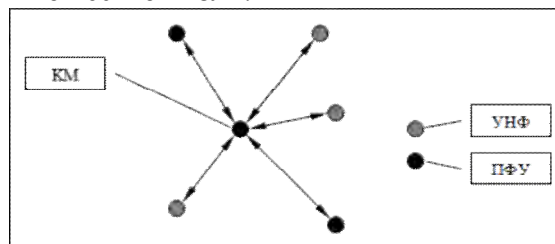
БСМ се явяват подразделение на безжичните мрежи без инфраструктура, където има повишени изисквания за размера на сензорните възли (СВ) и оптимизиране времето за активността на всеки от тях, с цел пестене на енергия. Най-често възлите са произволно разпръснати, като разположението и връзките между тях определят топологията на мрежата. В практиката са се наложили три основни вида топологии:

- *звезда (star (фиг.2))*;
- *смесена мрежа (mesh)(фиг.3)*;
- *клъстер (cluster/tree)(фиг.4)*.

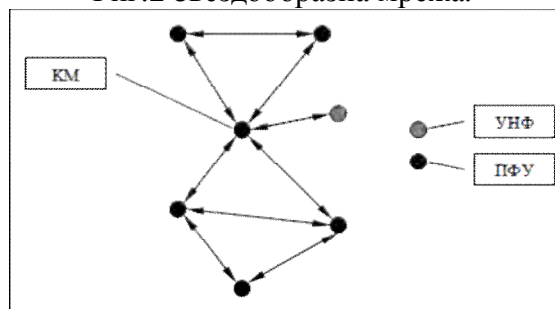
Възлите в тези основни топологии могат да се разделят на два основни класа : *пълно*

функционални устройства ПФУ (Router node) и *устройства с намалена функционалност* УНФ (End node). ПФУ поддържат пълния набор от функции и могат да играят роля на *координатор на мрежа* КМ (Gateway) или на *обикновено устройство*. В същото време УНФ могат да се използват само като *обикновени устройства*. Те имат по-малка памет и консумация на енергия.

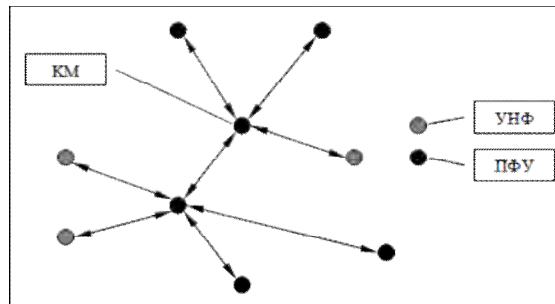
Сензорните мрежи с топология тип звезда и мрежа, които се изграждат съгласно стандарта IEEE 802.11, трябва да имат точно един КМ. При звездообразната топология устройствата могат да бъдат ПФУ или УНФ. Те функционират като крайни устройства и комуникират директно с КМ, до който информацията достига само с един преход. При другите топологии всички устройства трябва да са ПФУ, като изключение правят само най-отдалечените. В този случай комуникацията с КМ може да се осъществява и с преход на пакетите през множество възли.



Фиг.2 Звездообразна мрежа.



Фиг.3 Смесена топология



Фиг.4 Клъстер топология.

Основните задачи на възлите в БСМ са засичане и отчитане на различни параметри като температура, осветеност, влажност, радиация и пр.[3]. Събирането на желаната информация от определен район може да се извършва в продължение на месеци и години. За изпълнението на тези задачи функционалността на възлите се разделя на три групи:

- *връзка с околната среда;*
- *изчисления и обработка;*
- *комуникация.*

Всяка от тях подлежи на оптимизация (фиг5).

Връзката с околната среда включва засичане факторите на средата и отчитане на техните стойности, както и откриването на съседни възли и определяне на координатите им. Тази функционалност се изпълнява в два режима - нормален и режим на намалена консумация.

Изчисленията във възлите са свързани с анализа, обработката и обобщаване на информацията. За целта се ползват различни видове микроконтролери.

За комуникацията между възлите има алгоритми и протоколи за маршрутизация, които зависят от архитектурата на мрежата. Те могат да се класифицират в три основни групи съобразно тяхната логическа структура: централизирани (data-centric), йерархични (hierarchical) и локално-базирани (location-based).

При централизираните протоколи имаме маршрутизация от много източници към една дестинация. Тук възелът КМ(*Gateway*) изпраща запитвания към останалите СВ и чака информацията от тях. Когато сензорните възли в мрежата са много, се прави директно-базирана маршрутизация само между някои от тях и по този начин се пести енергия.

Като недостатък, понякога може да се отчете претоварване на шлюза, което води до латентност при предаването. Особено това се проявява, ако се увеличи плътността на сензорните възли в мрежата. Използвани протоколи тук са: SPIN, DD,

RR, GBR, CADR, COUGAR, ACQUIRE и др.

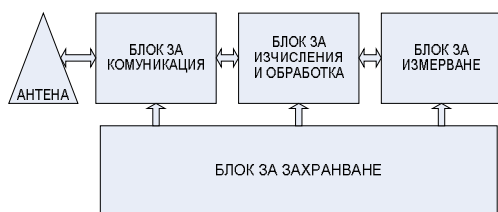
При *йерархичните протоколи* се използва т.н. многоточково групиране, като във всяка група (клъстер) има централен възел, който събира, обработва и предава информацията към КМ. Чрез установяването на многостъпкова (multi-hop) комуникация в рамките на даден клъстер и чрез събиране и обработката на данните от централните възли се подобрява енергийната ефективност на мрежата и се ограничава броят на предаваните пакети до КМ. Това от своя страна води и до намаляване на латентността. Използват се протоколите: LEACH, TEEN, APTEEN, PEGASIS и др.

При *Локално базираните* протоколи за маршрутизация се взема под внимание разположението на сензорните възли. Мрежата се разделя на региони и запитването (заявката) се изпраща само към конкретен регион. По този начин се пести енергия. Използвани протоколи тук са: MECN, SMECN, GAF, GEAR и др.

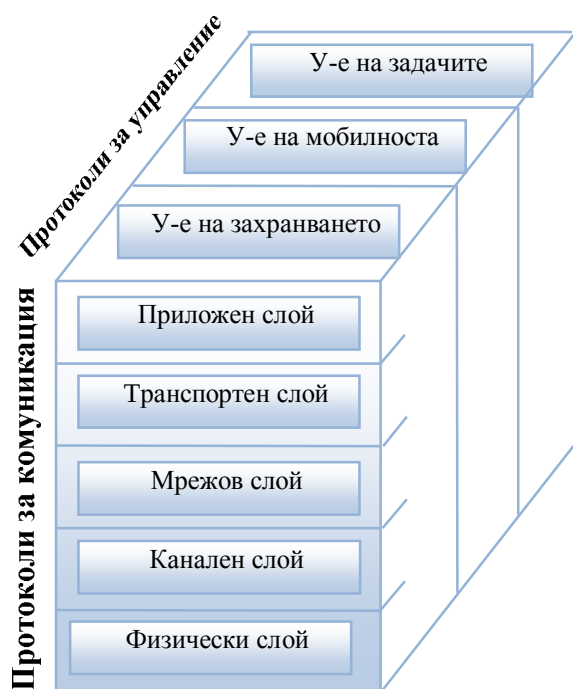
Протоколите за маршрутизация определят пътя, по който данните се транспортират от източника до крайната дестинация. Тяхна основна задача е да намалят "цената" на маршрута, чрез насочване на пакетите по оптимален начин и така да се снижи и разхода на енергия в мрежата.

Безжичните сензорни мрежи имат пет слоен модел за комуникация (communication protocols) : физически, канален, мрежов, транспортен, приложен. Моделът за управление (management protocols) е трислоен: управление на хранването, на мобилността и на задачите (фиг6).

Най-голямата част от консумираната енергия се използва за осъществяване на комуникацията със съседните възли. Тъй като зависимостта между консумираната енергия и разстоянието за предаване на данните е нелинейна, то търсенето на алтернативни пътища за по-къси разстояния за комуникация се превръща в съществена задача при оптимизацията на БСМ.



Фиг.5 Блокова схема на сензорен възел



Фиг.6 Слоест модел за комуникация и управление в сензорните мрежи

От друга страна, многостъпковото предаване изисква наличието на информация за пространствените координати на СВ и пр. Нуждата от актуалност налага условия за синхронизация, предаване в реално време и определяне на маршрута за комуникация.

Като преносна среда в БСМ най-често се използват радио вълни или светлинни вълни. Въпреки, че радиовълните намират по-широко приложение, при тях има и някои недостатъци. Например излъчване във всички посоки, което води до по-голям разход на енергия, а също и повишаване риска от подслушване.

При използването на светлинни вълни възлите в сензорната мрежа имат: по-малки размери, тъй като няма радио

антена; по-ниска консумация на енергия, поради линейната зависимост между разстояние и консумация на енергия; по-висока сигурност поради насоченото предаване. Основните недостатъци при използването на светлинни вълни обаче са нуждата от пряка видимост между отделните възли и точното насочване на сигналите. Това от своя страна прави позиционирането и приложението на такива мрежи по-трудно.

2.ЗАЩИТА НА БЕЗЖИЧНИ СЕНЗОРНИ МРЕЖИ

В безжичните сензорни мрежи има възможност за осъществяването на различен тип атаки: *пасивни* и *активни*. При първите, злонамерените възли ЗВ (поставени с недобронамерени цели) в мрежата единствено могат да прослушват предаваната информация. При вторите ЗВ могат както да унищожават пътуващи пакети, така и да променят съдържанието им.

Основната уязвимост при БСМ е по отношение на комуникацията.

Често срещани атаки са:

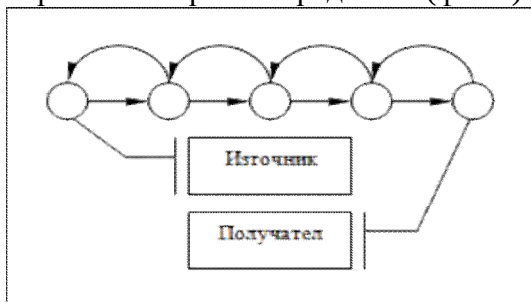
- образуването на т.н. *черна дупка*, при която злонамереният възел "поглъща" получения от него пакет и той не се предава към приемника;
- тип *сива дупка*, при която избирателно се пропускат някои пакети (предимно с контролна информация), а умишлено се задържат други (предимно с информация от сензорите);
- тип (*sinkhole attack*), където ЗВ променя протокола за маршрутизация и отклонява към себе си трафика от някой район. След което той от своя страна може да предава невярна информация към базовата станция;
- атаки, които са насочени към времевите параметри на БСМ. При тях се увеличава броят на предаваните пакети (*flooding*). По този начин се предизвиква "задръстването" на мрежата и изтощаване паметта и енергията на възлите в нея;
- атаки, при които се цели физическото унищожаване на сензорната мрежа или на части от нея и пр.

Справянето с атаките в БСМ е важен въпрос, за решаването на който се използват различни методи.

Един от подходите за осигуряване на защита е REWARD (Receive-Watch-Redirect). При този подход се създават *сървъри за сигурност*. Те представляват възли от мрежата и имат за задача да съхраняват информацията, под формата на разпределена база от данни. Също така те могат да коригират пътя на пакетите по такъв начин, че да се избягват недобронамерените възли.

Използват се два вида съобщения - **MISS** (Material for Intersection of Suspicious Sets) и **SAMBA** (Suspicious Area Mark a Black-hole Attack). Първите се ползват когато се появи загуба на пакети. Тук съобщението съдържа списък с възлите, през които е трябвало да премине изчезналият пакет. Всеки СВ, който получи MISS съобщение записва номерата на възлите, които се определят като подозрителни. Сървърите на сигурността събират MISS съобщения и ги ползват за откриване на недобронамерени възли, като се опитват да ги изключат от процеса на комуникация, ако това е възможно.

Обикновените СВ също могат да откриват атаки, като прослушват предаванията на съседите си. Този механизъм се нарича симетрично предаване (фиг.7).



Фиг. 7 Схема на симетрично предаване

При него данните се предават с такава мощност, че съобщенията да достигнат до предходния и до следващия СВ. По описаната схема всеки възел предава пакет и след това следи дали той е правилно препредаден към следващия. Ако се установи, че някой от СВ се държи неадекватно, то съседът му преди него изпраща **SAMBA** съобщение.

С цел осигуряване на защита от екипно организирани недобронамерени възли, може да се използва предаване на пакети с още по-голяма мощност, така че съобщенията да се прослушват два възела назад.

III. ИЗВОДИ

Направеният анализ показва, че безжичните сензорни мрежи намират все по-широко приложение в различни области на живота. Търсят се рационални методи за повишаване на тяхната енергийна ефективност, време на живот, защитеност и пр. Универсално решение няма. Подходът е индивидуален и е съобразен с конкретно поставените задачи и цели. Когато искаме да изградим по-сигурна мрежа трябва да вземем под внимание, че с това се увеличава консумираната от нея енергия.

Важна роля при избора на преносната среда (оптична или радио вълни), както и за позиционирането на възлите в БСМ, играе релефът и особеностите на околната среда.

Въпреки срещаните трудности трябва да отбележим, че бързото развитие и внедряването на безжичните сензорни мрежи ще продължи, особено където се работи в трудно достъпни райони и където изграждането на инфраструктура или достъпът на хора е нецелесъобразен или невъзможен.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1].Tarannum S. Wireless Sensor Networks, Published by InTech 2011
- [2]. Sohraby K. Daniel Minoli, Taieb Znati Wireless Sensor Networks - Technology, Protocols, and Applications, Wiley, 2007
- [3].http://en.wikipedia.org/wiki/Wireless_sensor_network

За контакти:

инж. Златан Колев Ганев, докторант в катедра СТ при ФЕ, ТУ-Варна, e-mail: zganev@gmail.com
инж. Розалина Димова, д-р, доцент в кат.СТ, ТУ-Варна

Рецензент:

доц. д-р. инж. В. Драганов, ТУ-Варна

ИЗМЕРВАНЕ НА ДИЕЛЕКТРИЧНА ПРОНИЦАЕМОСТ НА СВРЪХВИСОКИ ЧЕСТОТИ

MEASUREMENT OF THE DIELECTRIC CONSTANT AT MICROWAVE FREQUENCIES

Росен Георгиев, Антония Георгиева

Резюме: Проектирането и изработката на съвременните свръхвисокочестотни устройства зависи до голяма степен от точното определяне на диелектричната проницаемост на използваните материали. В статията теоретично е анализиран процесът на разпространение на електромагнитните вълни през образец от диелектричен материал и е предложен метод за практическо измерване на диелектричната проницаемост. Резултатите са приложими при твърди и течни диелектрици с малки загуби.

Ключови думи: диелектрична константа, диелектрична проницаемост.

Abstract: The design and fabrication of modern microwave devices depend on the precision, with which the dielectric constant of the substrate is determined. In this paper, the process of the propagation of electromagnetic waves through a sample of dielectric material placed in a metal waveguide is theoretically analysed and a method for the practical measurement of the dielectric constant is proposed. The results are applicable to solid and liquid lossless dielectric materials.

Keywords: dielectric constant, relative permittivity.

I. ВЪВЕДЕНИЕ

Широкото приложение на печатни технологии в съвременните свръхвисокочестотни устройства изисква познаване на електродинамичните параметри на използваните среди. Така например, различия от порядъка на стотни в диелектричната проницаемост на диелектричната подложка могат да променят драстично характеристиката на насоченост на печатна антенна решетка, лентата на пропускане на честотен филтър или свойствата на метаматериална структура. Правилното проектиране и успешната реализация на подобни устройства изисква не само общо познаване на параметрите на конкретния материал от дадена производствена серия, но те трябва да бъдат валидни и при използваната работна честота. Очевидно, това налага експериментално определяне на диелектричните параметри във всеки конкретен случай.

От трите най-известни метода на измерване: резонаторен, в свободното

пространство между две антени и вълноводен, първият е по-добър при определяне на диелектричните загуби, но не и за диелектричната проницаемост, а вторият е свързан с проблеми на разпространението на вълните, с размерите на образца и неговото разполагане. Ето защо, настоящата работа е насочена към уточняване на анализа на процесите и методиката на измерване при разполагане на образца в метален вълновод.

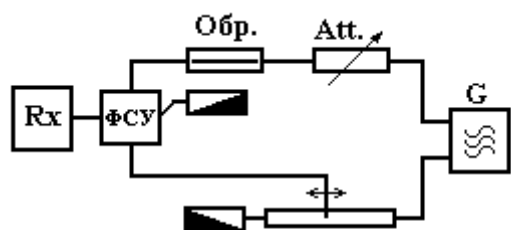
II. АНАЛИЗ

1. Измервателна постановка

Измервателната постановка (фиг.1) включва високостабилен генератор с два изхода, всеки от които има вътрешно вграден атенюатор със затихване около 30 dB. Променливият атенюатор (Att.) е с пренебрежимо малко дефазирание. В единия от двата клона на схемата е включен дефазатор във вид на линия с ТЕМ-вълна, в полето на която е потопена подвижна сонда. Преместванията на сондата се регистрират по скала с нониус. Вълните от двата клона се подават в

страничните рамена на двоен вълноводен тройник, който играе ролята на фазосравняващо устройство (ФСУ). В Е-рамото на двойния тройник е включен лабораторен измерителен приемник, а Н-рамото е натоварено с поглътателен товар. Изравняването на фазите в двата клона се регистрира по нулирането на показанието на приемника, а съответното положение на подвижната сонда по скалата се определя по традиционния “метод на вилката”, т.е. като средноаритметично при еднакво показание преди и след минимума.

За намиране на фазовата разлика, предизвиквана от диелектричния материал, се извършват две измервания: при поставен надлъжно във вълновода образец (през неизлъчващ процеп в средата на широката стена) и при празен вълновод. Ако първото изравняване е с поставен образец по начина, показан на фиг.1, второто трябва да се търси в посока към генератора, поради по-малката електрическа дължина на линията в този случай. При второто фазово изравняване регулируемият атенюатор не се премества



Фиг.1 Схема на измервателната постановка

за да не внася допълнително фазово отместване.

Предимствата на описаната постановка, в сравнение с други варианти, се състои във възможността за получаване на голяма стръмност на косинусоида при съотношения на токовете в максимума и минимума от порядъка на 50-60 dB (10^6 пъти), поради наличието на вграден в приемника атенюатор с голям диапазон, както и в повторемостта на минимумите през една дължина на вълната λ (360° дефазиране), докато в схемите със стояща вълна това е двойно по-малко.

2. Ефективна проникваемост

Определянето на ефективната диелектрична проникваемост на участъка от вълновод с надлъжно поставен образец с дебелина d (фиг.2) и дължина L може да стане въз основа на сравнението на запасената енергия: Ако този участък е запълнен с хипотетичен диелектрик с диелектрична проникваемост ϵ_{eff} , електрическата енергия на единица дължина е:

$$\frac{1}{2} \epsilon_{\text{eff}} b E_0^2 \int_0^a \sin^2 \frac{\pi x}{a} dx,$$

където: a е размерът на широката стена на вълновода, b – неговата височина, E_0 е максималната стойност на електрическото поле (в средата на вълновод с основен тип вълна H_{10}). Същата енергия в реалния вълновод е разпределена в диелектричния образец и въздуха, съответно:

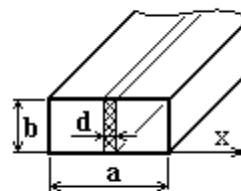
$$\begin{aligned} & \frac{1}{2} b \epsilon_0 (\epsilon_r - 1) E_0^2 \int_{\frac{a-d}{2}}^{\frac{a+d}{2}} \sin^2 \frac{\pi x}{a} dx + \\ & + \frac{1}{2} b \epsilon_0 E_0^2 \int_0^a \sin^2 \frac{\pi x}{a} dx \end{aligned}$$

От приравняването на двата изрази:

$$\epsilon_{\text{reff}} = 1 + (\epsilon_r - 1) \left(\frac{d}{a} + \frac{1}{\pi} \sin \frac{\pi d}{a} \right), \quad (1)$$

където ϵ_r е относителната диелектрична проникваемост на образца.

Намереният израз, очевидно, не налага често срещаното ограничение за



Фиг.2 Вълновод с измервателен образец

пренебрежимо малка дебелина на образца (напр., в [1]). Същият подход би могъл да се приложи и при несиметрично поставяне на диелектрика спрямо оста на вълновода.

3. Отчитане на многократните отражения

Коефициентът на преминаване T през участъка с образец [2] при диелектрик с малки загуби ($\operatorname{tg} \delta < 0.01$) е от вида:

$$T = T_1 T_2 \frac{\exp(-j\beta_\varepsilon L)}{1 - \Gamma^2 \exp(-j2\beta_\varepsilon L)}, \quad (2)$$

където се отчитат многократните отражения от скока в диелектричната проницаемост при краищата на участъка с образец. Ако с β_ε и β_0 се обозначат, съответно, фазовите константи в участъка с и без измервания диелектрик, а с Δ се бележи разликата между двете положения при фазово изравняване на вълните в двата клона на измервателната постановка, от (2) следва, че фазовата разлика (ако не превишава 360°) в двата случая е:

$$(\beta_\varepsilon L - \psi) - \beta_0 L = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta. \quad (3)$$

Тук:

$$\beta_\varepsilon = \frac{2\pi}{\Lambda_\varepsilon} = \frac{2\pi}{\lambda} \sqrt{K_\varepsilon},$$

$$\beta_0 = \frac{2\pi}{\Lambda_0} = \frac{2\pi}{\lambda} \sqrt{K},$$

където Λ_ε и Λ_0 са, съответно, дължините на вълната с и без диелектричен материал,

$$\sqrt{K} = \sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{2a}\right)^2}$$

е синусът от ъгъла на падане на парциалните вълни спрямо страничните стени на вълновода, а ψ отразява ефекта от многократните отражения:

$$\psi = \operatorname{angle} \left(\frac{1}{1 - \Gamma^2 \exp(-j2\beta_\varepsilon L)} \right).$$

За вълновода с диелектрик $\sqrt{K_\varepsilon}$ може да се представи като:

$$\sqrt{K_\varepsilon} = \sqrt{\varepsilon_{\text{reff}} - \left(\frac{\lambda}{2a}\right)^2} = \sqrt{K + \chi},$$

където $\chi = \varepsilon_{\text{reff}} - 1$. Тогава, коефициентът на отражение от краищата на участъка с диелектрик:

$$\Gamma = \frac{Z_\varepsilon - Z}{Z_\varepsilon + Z},$$

където Z са вълновите импеданси за използваната вълна от магнитен тип от

вида: $Z = \frac{120\pi}{\sqrt{K}}$. Следователно:

$$|\Gamma| = \left| \frac{\sqrt{K} - \sqrt{K + \chi}}{\sqrt{K} + \sqrt{K + \chi}} \right|,$$

$$\beta_\varepsilon = \frac{2\pi}{\lambda} \sqrt{K + \chi}.$$

3. Определяне на диелектричната проницаемост

След като всички участващи в уравнение (3) величини са определени с горепосочените изрази, търсената диелектрична проницаемост се намира компютърно чрез числено сравняване на получената от това уравнение стойност за Δ :

$$\Delta = L \left(\sqrt{K + \chi} - \sqrt{K} \right) - \frac{\lambda}{2\pi} \psi \quad (4)$$

с реално измерената разлика в положенията на дефазатора. Всеки цикъл на такова решение започва със задаване на предполагаемата относителна диелектрична проницаемост ε_r с подходяща стъпка (напр., 0.001) и сравняване с абсолютната стойност на разликата между теоретично полученото и реалното преместване. При съвпадане на двете величини с желаната точност, се извежда стойността на търсената ε_r .

III. ИЗВОДИ И ЗАКЛЮЧЕНИЯ

Изследването на влиянието на отклоненията на участващите в експерименталния процес величини показва, че точността на измерване в случая зависи, главно, от определянето на преместванията на сондата на регулируемия дефазатор. Точността на единично измерване при скала с нониус с точност 0.05 mm е не по-лоша от 4% при честота 3.5 GHz. Тя може да се повиши чрез измерване на преместванията с микромер, както и чрез статистическо

осредняване на резултатите от множество измервания.

Многократните измервания на еталонни образци от материали, произведени от реномирани фирми, и сравнението с посочваните от тях данни потвърждават ефикасността на описаната методика.

Описаната разработка е проведена в съответствие с програмата на научно-изследователски проект №5/2010, финансиран от ТУ-Варна.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1]. Р. Георгиев, Й. Урумов, Г. Киров. Радиотехническа електродинамика и разпространение на електромагнитните вълни (рък. за лаб. упр.). ВМЕИ-Варна, 1987.
- [2]. Р. Георгиев. Определяне на параметрите на влажни материали. сп. “Електротехника и електроника”, бр.5-6, 1997, 28-31.

За контакти:

инж. Росен Георгиев, доцент д-р в
Катедра “Комуникационна техника и технологии”
при ФЕ на ТУ-Варна, ул. Студентска № 1, 509Е
e-mail: rkgeorg@yahoo.com

Рецензент: доц. д-р. Владимир Войнов - ТУ-Варна

АЛТЕРНАТИВНИ МЕТОДИ ЗА РЕШАВАНЕ НА ЗАДАЧА ЗА РАЗПОЛАГАНЕ НА СЪОРЪЖЕНИЯ

ALTERNATIVE METHODS FOR OPTIMAL SOLVING OF FACILITY LOCATION PROBLEMS

Милена Карова, Драгомир Балинов, Мирослав Марев

Резюме: Решаването на задачи за разполагане на съоръжения е необходимо за да се минимизират разходите при вземане на икономически решения. В доклада са разгледани различни варианти на задача за разполагане на съоръжения, като освен това са разгледани и някои от най-популярните методи за решаване на задачите.

Ключови думи: Задача за разполагане на съоръжения, Метод на Лагранж, метод на “големия квартал”, генетичен алгоритъм

Abstract: Solving facility location problems is necessary for minimization of economic costs. In this paper we make overview of different facility sub-problems. The most popular methods for solving these problems are also described.

Keywords: Facility Location Problem, Lagrangean heuristics, VLSN, Genetic Algorithm

I. ВЪВЕДЕНИЕ

Разположителната теория (Facility location problem) се занимава с географското местоположение на икономическата активност. Тя се превръща в неразделна част от икономическата география, науката за регионите и пространствената икономика. Теорията се отнася до въпросите на икономическите дейности, къде се намират и защо. Тя е широко изучавана тема в литературата и датира от 1900 г. Първото ѝ официално въвеждане е през 1909 г. от Уебър. Много приложения за разположение са били проучени през тези години, но не и преди средата на 1962 г., тези приложения са били свързани с единната теория на Брандеу [2][3]. Видовете задачи на които може да се дели проблемът са: Facility location problem (FLP)[4] и Capacitated Facility Location Problem (CFLP), където се добавят капацитетни константи, които да ограничават потреблението; Single Source Capacitated Facility Location Problem (SSCFLP), за която всеки потребител се обслужва от точно едно съоръжение и Capacitated P-Median Problem (CPMP), където се конструират P-на брой съоръжения, които да изпълняват нуждите на потребителите и в същото време да минимизират транспортните разходи.

II. АНАЛИЗ НА ПРОБЛЕМА

Това е добре позната задача за позициониране, която намира широко приложение в много сектори, като системи за планирано разпространение или дизайн на телекомуникационни мрежи. Тази задача може да се формулира и като CPMR разновидност на класическия PMP проблем.

Целта на CFLP задачата е да се позиционират и разпределят определен брой съоръжения (например: насаждения, складове или съоръжения за мобилни мрежи, офиси), които трябва да обслужват с минимални разходи множество от потребители. В общия случай основните цели са:

- A. Определяне на оптималния брой на съоръжения;
- B. Определяне на оптималното местоположение на съоръженията;
- C. Разпределение на изисквания към тези съоръжения оптимално;
- D. Оптимална инвентаризация (колко да са запасите в складовата наличност);
- E. Оптимален маршрут с превозно средство;
- F. Оптимално проектиране на мрежата.

Цената е определящият фактор във всички модели на CFLP като цяло. Има няколко основни структури за цена във CFLP моделите:

- A. Фиксирана цена;
- B. Произвеждане, транспортиране;
- C. Складова цена;
- D. Цена за свързване на обектите;

Една CFLP задача се дели на 9 подзадачи:

- Формата или топографията на обекта, видове изисквания (Мрежови, Дискретни)
- Цели (minisum, minimax)
- Ограничения на капацитета (Неограничени, Ограничени)
- Брой етапи (единични, многократни)
- Брой стоки / продукти (единични, многократни)
- Връзка с други
- Статични срещу динамични модели
- Сигурност на търсенето (Детерминирани, Стохастични)
- Качество на разпределяне и сумиране на търсенето

III. МАТЕМАТИЧЕСКИ МОДЕЛ НА ПРОБЛЕМА

Тези модели обикновено се опитват да уловят различни аспекти от реални житейски ситуации и усложнения. В общи линии такива усложнения са незначителни и зависят от структурата на проблема. Разходите включват фиксирана цена за отваряне на съоръжение и транспортни разходи за задоволяване на нуждите на потребител. Всеки потребител j има асоциирани изисквания w_j , които трябва да бъдат обслужени от единствено съоръжение. Съоръженията могат да бъдат позиционирани само на някои предварително определени места, и има ограничение s_i на общия брой потребителски изисквания, които съоръжение позиционирано на дадена позиция може да обслужи. Транспортните разходи c_{ij} са за обслужване на изискванията на потребител j от съоръжение позиционирано на място i . С f_i означаваме фиксирания разход за отваряне на съоръжение на място i .

Нека $x_{ij} = 1$, ако потребител j е присвоен към съоръжение i и $x_{ij} = 0$ в противен случай. $y_i = 1$, ако съоръжение на

позиция i е отворено и $y_i = 0$ в противен случай.

Тогава задачата може да бъде математически обусловена:

$$\min \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} c_{ij} x_{ij} + \sum_{i \in I} f_i y_i \quad (1)$$

съобразено с:

$$\sum_{i \in I} x_{ij} = 1 \quad (2)$$

$$\sum_{j \in J} w_j x_{ij} \leq s_i y_i \quad (3)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\} \quad (4)$$

$$y_i \in \{0, 1\} \quad (5)$$

където $I = \{1, 2, \dots, n\}$ е множеството на потенциалните места, а $J = \{1, 2, \dots, m\}$ е множеството на потребителите. Изразът (1) показва, че целевата функция на задачата се стреми да минимизира фиксирания и транспортните разходи. Ограничение (2) ни показва, че всеки потребител е присвоен към точно едно съоръжение, а ограничение (3) изисква общите нужди на потребителите присвоени към съоръжението да не надвишават капацитета му. SSCFLP принадлежи към класа на NP-трудните задачи [1].

IV. ПОДХОДИ ЗА РЕШАВАНЕ НА ПРОБЛЕМА

За решаването на такъв тип задача има множество разработени методи като: VLSN, Lagrangean Heuristic[6], Dual Formulation[7], Branch and Bound Algorithms[8], Genetic Algorithms[5][9], Simulated Annealing[10], Tabu Search[11], Transportation problem (използва се като част от решението на някои методи) и други. В зависимост от конкретната задача, използването на някои от тях е неефективно поради дългото време за решаването на задачата.

Входни данни за алгоритъма могат да бъдат:

- краен брой точки на търсенето с въвеждане на стойностите, за да се определи разположението и размера на проблема

• краен брой места на съоръжението. Това са единствените позиции, където съоръженията могат да бъдат установени.

• разстояние между търсените точки и местата на съоръжението. В зависимост от проблема, те могат да бъде изчислени от мрежа или дъги за разстоянието.

Разстоянията могат да бъдат изразени чрез време, парични разходи и дистанция в км. В допълнение към тези три най-големи масиви от данни, трябва да се избере положително число p - брой на съоръженията, които трябва да бъдат разположени.

Ефективността на различните подходи може да бъде оценена като средноаритметична (сумарна) стойност на разстоянията, достъпност и ефективност на съоръженията.

IV. 1. МЕТОД НА ЛАГРАНЖ

Методът на Лагранж[3] се използва за решаването на сложни комбинаторни задачи, които могат да се разчленят на по-лесни задачи, чието решение вече е известно. За конкретната задача, пренебрегваме едно от ограниченията на задачата, като прибавяме наказателна функция. Получените решения се изследват за валидност. Стойност получена от целевата функция ни осигурява по-ниска граница на основния проблем, която може да послужи за осигуряването на горната граница(примерно осъществимо решение).

Целевата функция може да се преобразува във вида:

$$\min \sum_i \sum_j c_{ij} x_{ij} + \sum_j f_j y_j + \sum_i u_i \left(1 - \sum_j x_{ij} \right) \quad (6)$$

Където u_i са коефициенти на лагранж за всяко пренебрегнато ограничение от вида:

$$1 - \sum_j x_{ij} \quad (7)$$

Добавената сума с лагранжовите коефициенти осигурява наказанието на целевата функция и е прието да се означава с: $Z[LR(u)]$.

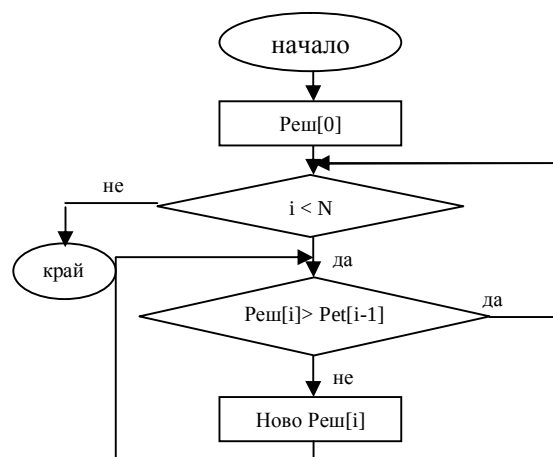
Тъй като ограничението за задоволяване на нуждите е пренебрегнато в тази формулировка, то не остава

ограничение за променливите x_{ij} от различните съоръжения следователно задачата $Z[LR(u)]$ може да се разбие на J на брой подзадачи $Z_j[LR(u)]$ – по една за всяко съоръжение. Така задачата се свежда до:

$$Z(LR(u)) = \min \sum_j Z_j[LR(u)] + \sum_i u_i \quad (8)$$

IV. 2. МЕТОД НА “ТОЛЕМИЯТ КВАРТАЛ”

Методът на “големият квартал”[1] се използва за търсене в математическото програмиране. Опитваме се да намерим добро или близко до оптималното решение чрез повтарящо се подобряване на текущото налично решение, търсейки по-добро решение, което е съседно на текущото. В този смисъл, “кварталът” на текущото решение включва възможно най-голям брой от решения, които са близки до текущото. Очевидно, има известна слабост в това определение, тъй като кварталът може да съдържа съседи, които се различават само чрез една единствена промяна или може да включва по-голямо множество от решения, които се различават с две или повече стойности.



Фиг. 1. Блок-схема на алгоритъма с големия квартал.

IV.3. ГЕНЕТИЧЕН АЛГОРИТЪМ ЗА РЕШАВАНЕ НА CFLP

Имплементирането на ГА за тази задача е по-лесно от останалите методи на евристичните алгоритми. Необходимо е да се установи кодирането на хромозомата, целевата функция, генетичните параметри (вероятност на кросовър и мутация) и

генетичните оператори: селекция, кросовър и мутация

Целевата функция се стреми да минимизира транспортните разходи:

$$V = \sum_i \sum_j t_{ij} x_{ij} s_i \quad (9)$$

Където t_{ij} е цялостната транспортна цена при използването на съоръжение i от потребителите j ; x_{ij} е равно на 1 ако изискванията на потребителя j са удовлетворени от съоръжението i и 0 в противен случай; s_i е равно на 1, ако i е избрано да разположи в него съоръжение.

$N \geq M > P$ неравенство гарантира, че броят на съоръженията или броят на кандидат съоръженията не надвишава броя на потребителите (N – брой на потребителите, P – брой на съоръженията и M – брой на кандидат съоръженията).

Хромозомата, която се явява кандидат решение, представлява матрица на транспортните разходи и един вектор с постоянните разходи

Операторът Elitism определя най-добрата хромозома да премине в следващото поколение и така стойността на целевата и функция (9) не се променя. Операторът Selection избира хромозомите, които ще участват в кросовъра. Вероятността за избор на всяка хромозома зависи от:

$$P_2(i) = f(i) / \sum_j f(j) \quad (10)$$

където $P_2(i)$ и $f(i)$ са вероятността за селекция за кросовър и целевата функция за всяка i хромозома респективно. Възможно е една хромозома да бъде в повече от една двойка родители.

Операторът Crossover разменя гените на двамата родители за да се получат двама наследника. За всеки ген от родител1, операторът проверява дали алелът (индекс на съоръжението) на гена също присъства във генома на родител2. Ако не е налице това индексът на съоръжението се копира в наследника на вектор 1. Това означава, че индексът на съоръжението може да се прехвърли към

родител 2 в резултат на кросовъра, тъй като това прехвърляне не създава никакви дубликати на индексите на съоръженията в генотип родител2. Процедурата се извършва за всеки индекс на съоръжение, в генотип на родител2.

Операторът Mutation е процес на мутиране на ген с настоящия си алел (индекс на съоръжение), който се заменя от друг, по случаен принцип и при спазване на ограничението, че новият индекс на съоръжението не е в текущия генотип на индивида. Коефициентът на мутация се задава преди алгоритъмът да започнал. Прилага се за всяка хромозома.

Мутация се използва така, че да не се получи попадане в „капан“ (в локален оптимум). Поради случайността на процеса, понякога хромозомите са близо до локален оптимум, но никога в близост до глобалната оптимална стойност.

Хромозомите – наследници попадат в следващото поколение, ако имат по-добра стойност на целевата функция от индивида с най-лошата в популацията.

Прекъсването на ГА може да се случи ако: е зададен определен брой генерации (итерации) на ГА; ако е намерено най-доброто решение или са зададени специални критерии за край: сходимост на популацията, наблюдение на процеса на обновяване на популацията и максимален брой генерации.

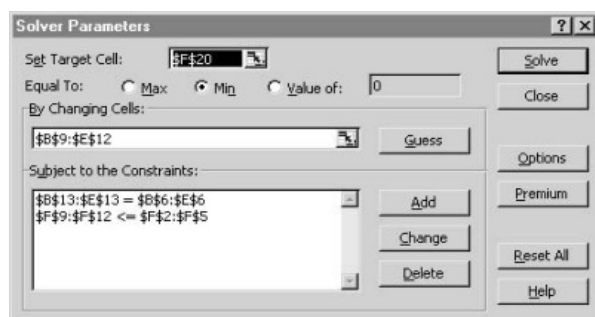
V. ПРИМЕРНА РЕАЛИЗАЦИЯ

Примерната реализация на проблема CFLP е стартирана на Excel. В първата таблица от фиг. 2 са дадени транспортните разходи за извършване на услугата. Във втората таблица е записано началното решение, което може да се получи по известните методи (на минималния елементи или на северозападния ъгъл). В третата таблица се умножават съответните данни от първата и втората таблица. В клетката – най-долу вдясно е записана целевата функция.

В Solver add-ins се задава целевата функция, изменящите се клетки и ограниченията, както е показано на фиг. 3.

	A	B	C	D	E	F
1	От/За	Русе	Стара Загора	Плевен	Видин	Доставки
2	София	25	35	36	60	15
3	Пловдив	55	30	25	25	6
4	Варна	40	50	80	90	14
5	Бургас	30	40	66	75	11
6	Изисквания	10	12	15	9	
7						
8	Примерни решения:					Общо изпратени
9	София	0	0	15	0	15
10	Пловдив	0	0	0	6	6
11	Варна	10	4	0	0	14
12	Бургас	0	8	0	3	11
13	Общо доставки	10	12	15	9	
14						
15	Разходни изчисления					
16	София	0	0	540	0	
17	Пловдив	0	0	0	150	
18	Варна	400	200	0	0	
19	Бургас	0	320	0	225	
20	Всички разходи:					1 835 лв.

Фиг. 2. Примерна реализация с Excel



Фиг. 3. Работен екран в Solver

VI. ИЗВОДИ

Генетичните алгоритми и MS Excel са най-лесно приложимите подходи за решаването на задача при малък на брой съоръжения и потребители. При по-сложни данни се използва методът на Лагранж, който има сложен математически апарат, но работи бързо и ефективността му е на най-високо ниво – дава най-добри резултати. Използване на алгоритма на „големия квартал“ не винаги е оправдано, защото понякога намира локално, а не глобално оптимално решение.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1]. R.K.Ahuja., A multi-exchange heuristic for the single source capacitated facility location problem, pp.24 -28, 2009.
- [2]. M.Albareda-Sambola., The Facility Location Problem with Bernoulli Demands, pp23-26, 2008

[3]. Y.Ayrim. A Lagrangian Heuristic for a variant of capacitated facility location with single source constraints, pp99-105, 2006.

[4]. V. Athawale, S. Chakabarty ., Facility Location Selection using PROMETHEE II Method, Proceedings of the 2010 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Dhaka, Bangladesh, January 9 – 10, 2010

[5]. V.Wadhwa, D. Carg, Facility Location Problem Using Genetic Algorithm, Research journal of Computer Systems Engineering, ISSN 2230-8563, vol 2, 2 June 2011.

[6]. Y.Hsieh. Genetic algorithms for reliability design problems, Microelectronics, 38(10), 1599-1605, 1998.

[7]. D. Goldberg, Genetic algorithms in Search, Optimisation and Machine learning, Addison-Wesley, Reading, MA, 1989.

[8]. D. Ghosh, Neighbourhood search heuristics for uncapacitated facility location problem, European Journal of Operational Research 150, 152-162, 2003.

[9]. J. Res. Optimal Facility Location, Journal of research, v.111, Number 2, March-April 2006

[10]. O. Alp, E.Erkut, An efficient genetic algorithm for the p-median problem, Annals of Operations Research 122, 2-42, 2003.

[10]. J. Kim, B.J.Yum, A heuristic method for solving redundancy optimization problems in complex systems, IEEE Transactions on Reliability 42(4), 572-578, 1993.

[11]. M. Charikar, S. Krhuller Algorithms for facility location problems with outliers. In Symposium on Discrete Algorithms SODA, pages 642-651, ACM press, 2011

За контакти:

инж. Милена Карова, гл. ас. д-р. в катедра "Компютърни науки и технологии" при ФИТА на ТУ-Варна, ул. Студентска № 1, 836Е

e-mail: milena.karova@gmail.com

Драгомир Балинов, студент в катедра

"Компютърни науки и технологии" при ФИТА на ТУ-Варна.

e-mail: dnbalinov@gmail.com

Мирослав Марев, студент в

катедра "Компютърни науки и технологии" при ФИТА на ТУ-Варна.

e-mail: timeNULL@gmail.com

Рецензент: доц. д-р инж. Недялко Николов

АПАРАТНО НАСИТЕНИ МИКРОКОНВЕЙЕРНИ СТРУКТУРИ

HARDWARE SATURATED MICROPIPELINE STRUCTURES

Димитър Тянев

Резюме: Анализиран е проблемът, който създава микроконвейерно звено с голяма латентност. Показано е, че за постигане на равномерен темп в конвейера, следва да се приложи подходът на апаратното насищане. Изведена е формула за степента на апаратното дублиране. Изявени са задачите, които произлизат от тази форма на апаратен паралелизъм. Представен е синтезът на микроконвейерните автомати в точката на разклонение, в два варианта – за 2- и 4-фазов трансферен протокол.

Ключови думи: микроконвейери, конвейерни автомати, трансферни протоколи.

Abstract: The problem of micro-pipeline with big latency has been analyzed. In order to obtain regular temp into micro-pipeline hardware saturation should be used. The synthesis of micro-pipeline controllers into branch dot is presented in two variants – about 2-phase and 4-phase transfer protocol.

Keywords: Micropipeline, Pipeline Controllers, Protocols

I. ВЪВЕДЕНИЕ

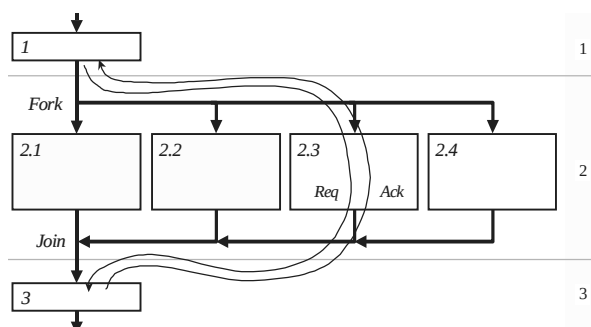
Разглеждаме микроконвейер с нарушен темп на функциониране, което се дължи на по-голяма латентност на едно от микроконвейерните звена. В зависимост от степента, с която латентността на “мудното” звено се отличава от обичайното за останалите звена забавяне, отделни участъци на конвейера могат да се окажат в различни състояния. Така например, предходното звено ще остане в състояние на очакване, тъй като неговата заявка дълго време ще остане невъзприета. По тази причина това звено няма да може да върне назад достатъчно бързо сигнал потвърждение. Ситуацията ще се разпространи постепенно към предходните звена и те също ще се установят в състояние на очакване. Ако забавянето е голямо, това състояние може да достигне входното звено, с което ще се прекрати зареждането на задачи в конвейера. Разбира се това ще бъде временно.

В звената след така образувалото се “запушване”, където, ако приемем, че темпът е равномерен, поради голямото забавяне и липса на заявки, ще липсват заявки. Всички задачи, преодолели тази точка, могат да завършат своето изпълнение и да слязат от конвейера. В резултат освободилите се звена ще се установят в изходно състояние, което

може постепенно да се разпространи до последното звено на конвейера.

II. КОНВЕЙЕРНА СТРУКТУРА

Ако звеното, което изпълнява продължителни изчисления не може да бъде декомпозирано и остава в своя вид, за облекчаване на пропускателната способност в тази точка на конвейера прилагаме подхода на апаратното насищане. Суперскаларността в случая ще разбираме като добавяне на същото микроконвейерно звено още един, два или повече пъти в паралелни връзки, както е илюстрирано на фиг. 1.



Фиг. 1. 4-кратна суперскаларност

На фигурата е представен участък от конвейер с три последователни степени. Приемаме, че звено номер 2 има голяма латентност. Четирикратното дублиране на звено 2 е примерно. Степента на дублиране е въпрос, който ще разгледаме по-късно.

Суперскаларната структура няма ограничение спрямо вида на дублирания елемент. Това означава, че той може да има произволна конвейерна структура [1].

В структурата се формират две характерни точки – точката на разклоняване (*Fork*) и точката на обединяване (*Join*).

Ще приемем, че текущото състояние на конвейерната структура е следното: в звено 2.1 е заредена задача с номер $(k-1)$, а в звено 2.2 - задача с номер k . В звено 1 се намира задача $(k+1)$. Звено 2.1 и звено 2.2 са заети и провеждат продължителни изчисления. Ще приемем още, че другите две паралелни звена 2.3 и 2.4 са завършили своите изчисления и са предали резултатите си през звено 3 надолу в конвейера. При това положение тези две звена са в изходно състояние и могат да приемат нови задачи за изпълнение.

При завършване на изчисленията всяко от паралелните звена може да подава заявка за обслужване към конвейерния автомат на звеното 3 в общата точка. Това звено трябва да работи с многото предхождащи го звена, което означава, че неговият конвейерен автомат не е линеен. Тук формулираме първата конкретна задача – задача за синтез на конвейерен автомат в общата точка на суперскаларната структура.

От своя страна всяко паралелно звено трябва да може да стартира с нова задача, независимо от останалите паралелни на него звена. За целта всяко едно от паралелните звена следва да се управлява от собствен конвейерен автомат. Ако автоматът на едно свободно паралелно звено получи заявка, той ще запише входните данни, а когато завърши изчисленията ще подаде заявка за обслужване към следващото звено. В този смисъл не се разкрива функционална особеност за тези автомати, което означава, че те са обикновени линейни автомати.

Звено 1 обявява готовия резултат с подаване на заявка за обслужване. Тя трябва да бъде обслужена в едно от паралелните звена. Така в точката на

разклонение за тази заявка се създава уникална ситуация. Тя се изразява в специфичната организация на управлението. Тъй като в тази точка всяко паралелно звено трябва да се обслужва самостоятелно, това означава, че заявката от звено 1 трябва да се предаде на едно единствено звено, което следва да бъде избрано из между онези, които са свободни и потвърждават това чрез сигнал потвърждение.

От казаното следва, че трябва да формулираме още една нова задача – задача за синтез на конвейерен автомат, който да е в състояние да решава задачата за избор върху сигналите за потвърждение, идващи от паралелните звена и да стартира избраното звено като записва в неговия входен регистър данните, подавани от звено 1.

III. КОНВЕЙЕРЕН АВТОМАТ В ОБЩА ТОЧКА

На входа на звено 3 се обединяват данните шини на всички разклонения. Към конвейерния автомат на това звено се подават много заявки - в примера (фиг. 1) те са 4. В какъв ред и в кой момент ще пристигат тези заявки не може да се предвиди. Това зависи от реда, в който са стартирани паралелните звена, от данните с които работи всяко едно от тях и в крайна сметка от закъснението на самите изчисления. Казаното е достатъчно за да направим следните изводи:

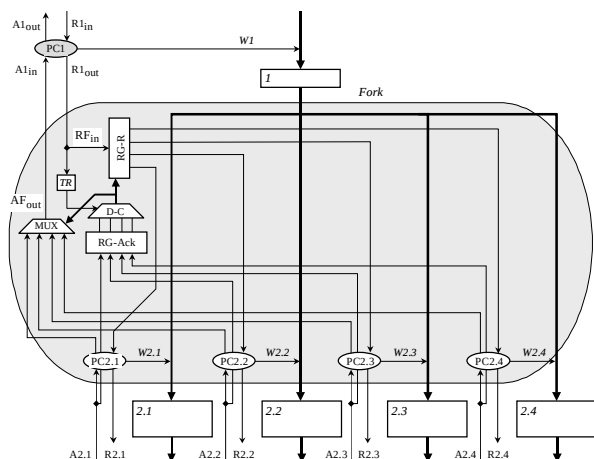
1. Условието за работа на конвейерния автомат в тази обща точка са аналогични на условията в общата точка на всяка друга нелинейна структура. Това означава, че поставената тук задача за синтез на конвейерен автомат, който управлява звено в общата точка на суперскаларна структура, има аналогичното решение [2].

2. Редът на задачите, които попадат в общото звено 3, най-вероятно няма да съответства на реда, в който са стартирани задачите, на които принадлежат. Това налага идентификация на резултатите и възстановяване на техния правилен ред.

Задачата за възстановяване на реда на резултатите е формулирана и решена в [3].

IV. КОНВЕЙЕРЕН АВТОМАТ В ТОЧКА НА РАЗКЛОНЕНИЕ

Синтезираната за конвейерния автомат в точката на разклонение логическа структура е представена на фигура 2.



Фиг. 2. Структура на конвейерен автомат в точката на разклонение

Вече показахме, че паралелните микроконвейерни звена се управляват от собствени конвейерни автомати. Когато едно звено завърши своите изчисления, то подава заявка за обслужване към автомата в общата точка. Тези заявки са означени в структурата $R2.x$ (с x е означен произволен за примера номер от 1 до 4). Когато дадена заявка x бъде приета от конвейерния автомат в общата точка, резултатите на съответното звено с номер $2.x$ се записват във входния регистър фиксатор на звеното в общата точка (звено 3). В отговор автоматът $PC2.x$ получава сигнал за потвърждение със същия номер $A2.x$. С това приключва данновият трансфер на звеното $2.x$ и то е готово за следващо стартиране. Това събитие трябва да бъде запомнено, защото звената са много. За тази цел всяко връщащо се потвърждение $A2.x$ се фиксира в регистър RG-Ack, който има толкова тригера, колкото е степента на суперскаларност. Всеки бит в този регистър, който е установен в единица означава, че съответното звено в паралелната структура е в състояние на очакване на заявка за трансфер на данни от звено 1. Всеки бит в този регистър, който

съдържа нула означава, че съответното звено в паралелната структура или все още продължава своите изчисления, или е подало към следващото звено заявка за обслужване, която още не е приета, т.е. съответното звено не е готово за следващо стартиране.

И така, когато звено 1 завърши своите изчисления, то генерира заявката $R1_{out}=RFin$. Тази заявка трябва да получи едно от свободните микроконвейерни звена в паралелната структура. Кое точно, това е без значение. Следователно тук възниква задачата за избор на звено измежду свободните. Задачата за избор трябва да бъде решена с появата на заявката $RFin$, която във 2-фазовия вариант на протокола, има два активни фронта (и преден и заден). Чрез фронт детектор събитието за поява на нова заявка от предходното звено се фиксира на специален тригер, означен в структурата TR, който се установява в единично състояние. Единичният сигнал от правия изход на този тригер се подава в схемата за избор D-C (*Daisy-Chain*), в качеството на сигнал за избор (*Choice*). Тази логическа схема осъществява избор върху присъединените към нея кандидати според логиката “първия срещнат”. Изборът се поддържа на изхода на схемата D-C до отпадане на активната единица на сигнала за избор *Choice*. Логическата комбинация от изхода на тази схема се използва в качеството на код, който управлява превключването на мултиплексора MUX.

Заявката $RFin$ трябва да бъде разпределена и насочена към избраното звено. Освен това обаче нейната стойност трябва да бъде поддържана до следващия път, тъй като до тогава вероятно ще се появяват други заявки $RFin$, които трябва да бъдат разпределени за други звена. Това означава, че разпределянето на заявката $RFin$ не може да стане единствено чрез демултиплексор. Необходимо е разпределената заявка да бъде фиксирана в тригер. За тази цел в структурата е предназначен регистърът RG-R. Сигналят *Choice* се формира от тригер TR.

Избраната заявка $R2.x_{in}$, в която се превръща заявката RF_{in} , достига конвейерния автомат PC2.x на избраното свободно звено, който се превключва и издава сигнал $W2.x$ за запис на данни, идващи по данновата шина от звено 1. Превключилият се автомат PC2.x, връща през мултиплексор MUX, сигнал потвърждение AF_{out} , предназначен за автомат PC1. С това завършва сеансът за връзка и тригерът TR трябва да бъде нулиран. Освен него трябва да бъде нулиран и съответният тригер в регистър RG-Ack, с което се заличава от списъка на свободните звена звеното, което е било стартирано в резултат на описаната процедура. Същото звено може да се регистрира в регистър RG-Ack, като свободно, едва когато предаде готовия си резултат през общата точка, т.е. когато отново получи потвърждението $A2.x$.

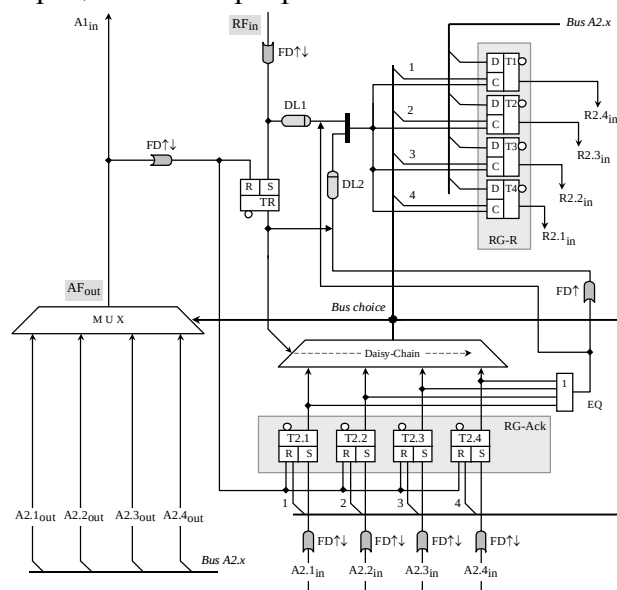
В резултат на изложените пояснения, можем да определим конвейерния автомат в точката на разклонение, в една суперскаларна структура, като автомат с разпределена логика. Неговата структура съдържа обща и разпределена част.

V. ЛОГИЧЕСКА СХЕМА НА 2-ФАЗОВ АВТОМАТ

Известно е [1], че разклоняването на заявката от звеното, предхождащо точката на разклонение, е затруднено в условията на 2-фазов протокол, от липсата на директно съответствие между логическите стойности на диалоговите сигнали на източника и на приемника. Това в случая се дължи, преди всичко, на неизвестната предистория на превключването на конвейерния автомат на приемника, който не е единствен в паралелната структура. Ето защо се налага конвертиране на логическата стойност на актуалната заявка. На фиг. 3 е представена общата част от принципната логическа схема на конвейерния автомат, управляващ суперскаларната структура. Автоматите на паралелните звена не са показани в схемата, въпреки че са част от този автомат. Всички тригери в регистър RG-Ack са асинхронни RS-Latch тригери,

които се установяват в изходно състояние чрез сигнал $Reset$, който не е показан в схемата. Чрез импулсите от фронт детекторите $FD\uparrow\downarrow$ по техния S вход се фиксира събитието поява на потвърждение $A2.x$ от автомата на звеното в общата точка. Всеки тригер от този регистър се нулира индивидуално според кода за избор, който доставя шината $Bus\ choice$. Входът R е конюнкция от подадените в него сигнали. Регистърът на заявките RG-R е изграден от синхронни D-Latch тригери. Кодът за избор от шината $Bus\ Choice$ определя в кой тригер ще се запише нова заявка. Импулсът за запис по входа C е конюнкция от подадените в него сигнали. Стойността, която се записва, е на сигнала потвърждение, който избраният автомат поддържа в момента $A2.x_{out}$. Стойността на заявката, която избраният автомат трябва да получи за да се превключи е същата, т.е. $R2.x_{in}=A2.x_{out}$ и се доставя чрез шината $Bus\ A2.x$.

Превключването на сигнала AF_{out} като събитие се “лови” от фронт детекторните схеми за преден и заден фронт $FD\uparrow\downarrow$. Краткия импулс от фронт детектора се използва за нулиране на тригер TR и съответния тригер T2.x в регистър RG-Ack. Нека, като е показано на фиг. 3, избраното звено е звено 2.3. На времедиagramата от фиг. 4 е показан процесът на стартиране на това звено.



Фиг. 3. Логическа схема на 2-фазов конвейерен автомат

Завареното състояние е представено в началото на координатната система ($A2.x_{out}=1$, $Req1_{in}=0$). След пристигане на новата заявка ($Req1_{in}=1$) възниква импулс на входа S на тригер TR. Този тригер се превключва в единица, която осъществява избор на свободно звено.

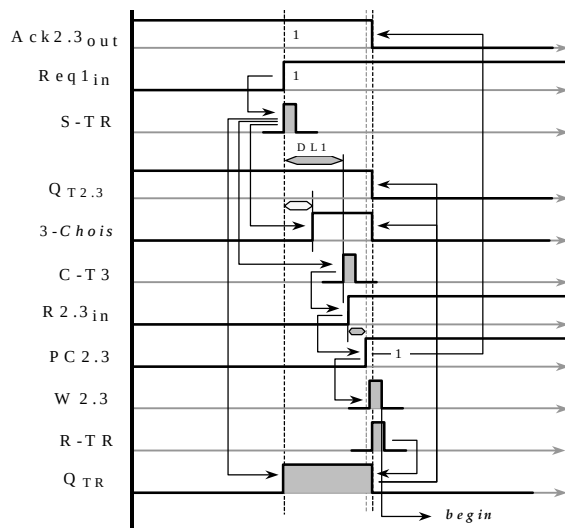
Кодът за избор на звено 2.3 е изобразен със закъснение (абсциса 3-Choice). Първият импулс след закъснение DL1 се появява на вход C и записва в тригер T3 стойността на заявката $R2.3_{in}=1$. Следва превключване на автомат PC2.3 в единица, тъй като на входа му се явяват 2 единици ($A2.3_{in}=1$, $R2.3_{in}=1$). Превключването на автомата генерира импулс за запис на данни W2.3, а фронтът на върнатото потвърждение генерира нулиращия импулс R-TR ($A2.3_{out} \rightarrow AF_{out} \rightarrow FD \uparrow \downarrow$) (вижте фиг. 2). Със записа на данни стартират изчисленията в паралелното звено.

VI. ОСОБЕНИ СИТУАЦИИ

Ако при поява на заявка за обслужване от микроконвейерно звено 1, винаги има регистрирани свободни звена в паралелната структура, процесът ще протича според времедиagramата от фиг. 4. Нищо обаче не изключва ситуацията, при която заявката от звено 1 не може да направи избор. Това може да се случи, когато нито едно звено в паралелната структура не е свободно, т.е. изчисленията все още продължават. Все пак заявката RF_{in} се е появила и тя ще направи опит за запис в регистър RG-R. Тъй като обаче няма регистрирани свободни звена, запис в този случай не следва да се прави. Този запис се забранява от сигнал EQ, който възниква като активна нула, винаги и по времето, когато липсват регистрирани в регистър RG-Ack свободни звена.

Появата на заявка от звено 1 в тези условия, причинява още нейното фиксиране в тригер TR, който установява на изхода си единица. Тази единица в качеството си на сигнал за избор Choice остава установена, но избор фактически няма, тъй като съдържанието на регистър RG-Ack е нулево. И така, заявка от звено 1

има, но опитът тя да бъде разпределена и предадена в суперскаларната структура, пропада. Събитието е “изконсумирано” безуспешно и то не може да се повтори. Напомняме, че в това състояние сигналът EQ е блокирал възможността за запис в регистър RG-R.



Фиг. 4. Старт на звено 2.3

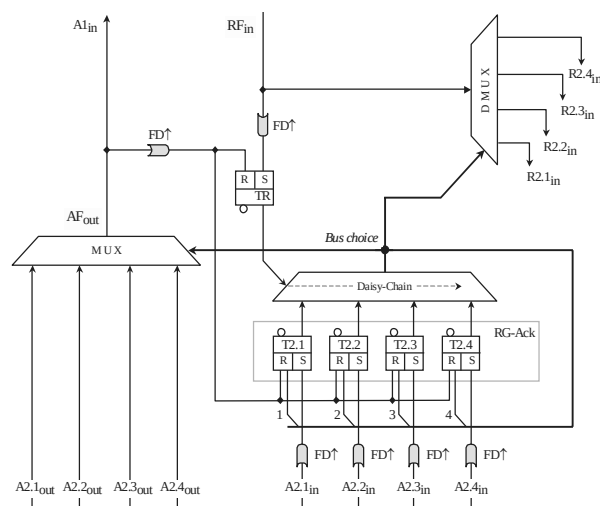
Изход от ситуацията е възможен едва когато някое от паралелните звена 2.x се освободи. Регистрирането на този факт в регистър RG-Ack води до превключване на сигнал EQ в единица. Освен това схемата за избор, която все още се поддържа активна от тригер TR, формира кода за избор, който след закъснение DL3, записва в RG-R стойността на заявката $R2.x$ от звено 1. Така, току що освободилото се паралелно звено ще бъде стартирано отново. След като приеме данните от звено 1 в обратна посока се връща потвърждението $A2.x_{out}=AF_{out}$. С това звено 1 получава отдавна очакваното потвърждение, а схемата в общата част се възстановява – тригерите TR и T2.x се нулират. Нулираният тригер TR забранява записа в регистър RG-R във всички случаи, когато все още е на лице старата стойност на заявката RF_{in} . Опит за такъв запис може да направи сигнал EQ, когато след липса на свободни звена в паралелната структура някои от тях се регистрират като свободни, но в този момент звено 1 все още е заето и не е подало нова заявка. Липсата на такава се

декларира от нулевото състояние на тригер TR.

VII. ЛОГИЧЕСКА СХЕМА НА 4-ФАЗОВ АВТОМАТ

Вариантите на конвейерни автомати в общата точка и в точката на разклонение при 4-фазов трансферен протокол се синтезират, като се изхожда от същата постановка, изложена по-горе в точки 2, 3 и 4. В този случай активното ниво на сигналите Req и Ack е само едно и това е единицата. От последното следва, че необходимите фронт детекторни схеми, които ще разпознават събитията, ще работят само по преден фронт.

Общата част на логическата схема на автомата в точката на разклонение съответства на представената на фиг. 2. Измененията, които са получени се дължат на постоянната единична стойност на актуалните сигнали. Така например в 4-фазовия вариант не е необходимо конвертиране на актуалната стойност на заявката. И тъй като с получаване на потвърждението AF_{out} заявката $RFin$ се нулира, става ненужно съхраняването ѝ. Синтезираната логическа схема на общата част на конвейерния автомат е представена на фиг. 5.



Фиг. 5. Логическа схема на 4-фазов конвейерен автомат

Пристигналата от звено 1 заявка $RFin$ се фиксира в тригер TR. След като кодът за избор превключи декомултиплексора DMUX заявката се появява като сигнал

$R2.x$ и достига избрания автомат $PC2.x$, който се превключва и веднага връща потвърждението $A2.x_{out}$, което излиза през мултиплексор MUX, като сигнал AF_{out} . Следва възстановяване на схемата.

Ако след регистрация на заявката $RFin$ няма избрано звено (кодът за избор е нула), схемата остава в това състояние, докато не се фиксира свободно звено. С появата на свободно звено, заявката, която автомат $PC1$ продължава да се поддържа в състояние единица, преодолява декомултиплексора, след което процесът протича по описания начин.

Схемата на конвейерния автомат, управляващ звеното в общата точка е аналогична на синтезираната за 4-фазовия протокол в [2].

VIII. ИЗВОДИ

Както може да се види от изложеното по-горе суперскалаността се постига трудно. В апаратно отношение тя е скъпа.

Остана да поясним, как следва да се определи степента на дублиране на конвейерния елемент в паралелната структура. Тази оценка е пряко свързана с производителността на структурата, заради която се разработва. Ако приемем, че равномерният темп на конвейера е оценен с типичното закъснение T_{DL} , а закъснението на интересувания ни елемент в конвейера е оценено на S_{DL} , то степента на дублиране може да се определи чрез следната формула:

$$N = \left\lceil \frac{S_{DL}}{T_{DL}} \right\rceil.$$

При това N -кратно дублиране можем да разчитаме, че за всяка задача, която завършва изчисленията си в звено 1 (според примерната структура от фиг. 1), ще има поне едно звено 2.x, което е свободно и я очаква. Паралелната структура отстранява "тясното" място в конвейера. Представените тук логически схеми и всички свързани с тях пояснения разглеждаме като метод за синтез на суперскаларни микроконвейерни структури.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1]. Tyanev, D.S., D.V. Yanev. *Non-Linear Asynchronous Micro-Pipelines*, International Conference on Computer Systems and Technologies, (CompSysTech'2011), Vienna, Austria, ACM ISBN: 978-1-4503-0917-2, ACM Press, pp. 38-44.
- [2]. Tyanev, D.S., S.I. Popova. *Branch management into micro-pipeline joint dot*, Applied Technologies and Innovations, Volume 5, December 2011, Prague Development Center, Czech Republic, ISSN: 1804-1191, pp. 11-26.
- [3]. Tyanev, D.S., V.T. Bozhikova. *Algorithm for micropipeline buffer control*. Applied Technologies and Innovations, Volume 4, April 2011, Prague Development Center, Czech Republic, ISSN: 1804-1191, pp. 12-21.

За контакти:

инж. Димитър Тянев, доцент д-р. в
Катедра "Компютърни науки и технологии" при
ФИТА на ТУ-Варна, ул. Студентска № 1, 410ТВ.
e-mail: dstyanev@yahoo.com

Рецензент:

доц. д-р. инж. Надежда Рускова, ТУ-Варна.

ПОСЛЕДОВАТЕЛЕН АЛГОРИТЪМ ЗА ДЕКОМПОЗИЦИЯ НА УЧЕБЕН МАТЕРИАЛ

CONSISTENT ALGORITHM FOR DECOMPOSITION OF TRAINING MATERIAL

Mitko Mitev, Nguyen Viet Anh, Milena Radeva

Резюме: Един от основните проблеми при разработката на курсове за дистанционно обучение е разпределение на учебния материал на учебни единици. Докладът се базира на въведена формализация на понятията посредством краен ориентиран граф и прилагането на последователен декомпозиционен метод.
Ключови думи: e-learning, понятия, причинно-следствени връзки, теоретико-множествени свойства на графите, декомпозиция.

Abstract: One of the main problems in developing e-learning courses is decomposition of the training material to learning units. The report is based on formalization of the concepts introduced with a finite directed graph and applying a consistent method for decomposing.

Keywords: e-learning, concepts, closures, theoretical-multiple properties of graphs, decomposition

I. INTRODUCTION

The preparation of courses for e-learning goes through several stages, related to an analysis of the object field [10], selection of the training material, sorting the concepts out by the time axis, formation of learning units, planning and conduction of the distance training.

In a number of publications [1-9] partial or complete solution to these problems has been found under the conditions of formalization [12,13], reduced to a finite directed graph $G(X, U, P, W, F)$, where X is a set of vertices (the concepts), U – a set of edges (causation between the concepts), P – incidentor, establishing the connection between vertices and edges, W – a set of the vertices' weights, F – a set of the edges' static weights. Moreover, in [4, 7] a set V is defined and it consists of the edges' dynamic weights, which depend on the design solution achieved.

II. DEVELOPMENT OF A CONSISTENT ALGORITHM FOR DECOMPOSITION

A/Formulation of the problem

In general, let graph G determine a total of the weights of its edges W_G . and each learning unit is regulated with an information volume W_0 . Therefore, the e-learning course will include a number of M learning units where

$$M = W_G / W_0 \quad (1)$$

is rounded to the nearest first greater integer.

Let's denote by R the set of acceptable solutions for decomposition of the graph G , representing the graph G as a set of subgraphs fig.1:

$$G = \{g_m\}, m \in \{1, M\} \quad (2)$$

Let it be set the solution $r \in R$ and two random subgraphs $g_m, g_k \in G$ where $m \neq k$. Therefore, there are the following subsets of edges:

$U_{m,k}, U_{k,m}$ – subsets of the „external” edges connecting the vertices of the two subgraphs.

$U_{m,m}, U_{k,k}$ – subsets of the „internal” edges, connecting only vertices of each subgraph separately. Similarly, these subsets determine the corresponding sums of the dynamic weights of the edges, included in them, namely:

$V_{m,k}, V_{k,m}$ – sum of the dynamic weights of the „external” edges, where:

$$U_{m,k} \Leftrightarrow V_{m,k}; U_{k,m} \Leftrightarrow V_{k,m} \quad (3)$$

and accordingly:

$V_{m,m}, V_{k,k}$ – sum of the dynamic weights of the „internal” edges, where:

$$U_{m,m} \Leftrightarrow V_{m,m}; U_{k,k} \Leftrightarrow V_{k,k} \quad (4)$$

Therefore, for solution $r \in R$ summed for each m and k , for $m \neq k$, are obtained:

$$V''_{m \neq k} = \sum_{m \neq k} \sum_{k \neq m} V_{m,k} \rightarrow \min \quad (5)$$

$$V_{m=k}^* = \sum_{m \in \{1, M\}} V_{m,m} \rightarrow \max \quad (6)$$

Formulas (5) and (6) are complementary. Finding the minimum extremum of the external edges leads to a maximum extremum of the internal edges and the opposite.

B. A consistent algorithm for decomposition

Let's say a concepts' order by the time axis is given, according to the requirements, defined in [7] for minimizing of the sums $\bar{S}$ straight and $\bar{S}$ in the reverse direction.

In this arrangement let the first m_1 vertices define a sum of their weights W_1

$$W_1 = \sum_{i=1}^{m_1} w_i \quad (7)$$

Provided

$$(\Delta w_1 = W_0 - W_1 \geq 0) \& \\ (W_1 = W_1 + w_{m_1+1}) \\ \rightarrow (\Delta w_1 < 0) \quad (8)$$

The first m_1 vertices define a subgraph $g_1(X_1, U_1, P) \in G$ and hence its addition $\bar{G}_1(X_1, U_1, P)$ to the graph G .

Let the operation $\propto (x_i, x_j)$, switching the positions of the vertices $x_i \in X_1$ and $x_j \in \bar{X}_1$, be given.

The necessary condition is:

$$\Delta w_1 + w_i \geq w_j \quad (9)$$

And a sufficient condition is the sum of weights of the dynamic external (internal) edges to be less (greater) than the one before the execution of the operation $\propto (x_i, x_j)$.

In order to reduce the number of couples vertices surveyed, their sort in ascending order of weight is needed.(fig.2)

For g_1

$$(\forall x_i, x_j \in X_1)(i \leq j) \rightarrow (w_i \leq w_j) \quad (10)$$

And for $\bar{X}_1$

$$(\forall x_i, x_j \in \bar{X}_1)(i \leq j) \rightarrow (w_i \leq w_j) \quad (11)$$

respectively.

Therefore

$$(\forall x_i \in X_1)(\exists k \in \{m_1 + 1, N\}) \\ (\Delta w_1 + w_i \geq w_k) \& \\ (\Delta w_1 + w_i \geq w_{k+1}) \quad (12)$$

The vertices that are incident to x_i are defined with the organized subset of vertices with indices from m_1 to k , which further reduces the range of the studied vertices.

Similarly, you can determine the range of the studied vertices from $\bar{X}_1$ towards X_1 .

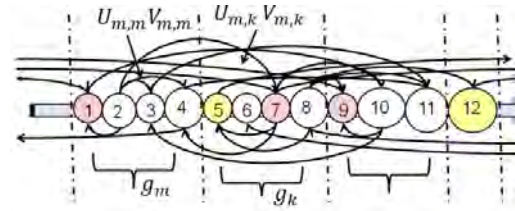


Fig.1 Graph decomposition

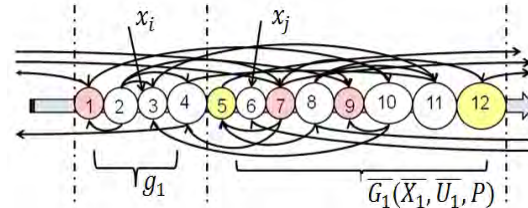


Fig.2 First subgraph optimization

C. A consistent algorithm for decomposition

The Block diagram of the developed algorithm for consistent decomposition of a graph, drawn on the basis of identified concepts and their closures, includes:

1. Introduction of basic concepts in the teaching material.
2. Expert evaluation of their complexity in terms of teaching and learning.
3. Establishing the closures between the concepts.
4. Expert evaluation of the importance of each of the established connections.
5. Formalization and implementation of specified weights of the vertices and the static weights of the edges.
6. A check for correctness of the input structure of the teaching material. The analysis of the structure includes:
 - ✓ existence of isolated vertices or subgraphs
 - ✓ vertices, which are unreachable by enter or exit
 - ✓ mutually defining concepts (a presence of cycles)
7. Correction of the structure according to the results of the examination.
8. Order of the concepts (vertices) along the axis of time.
9. Calculation of the sums of the edges' dynamic weights in a straight and reverse direction.

10. Using an algorithm [1] for finding a design solution for rearrangement of the vertices, which minimizes the calculated sums of the edges' dynamic weights.
11. Determination of the start-up and final set of concepts [2, 3] and rearrangement of their vertices.
12. Calculation of the total weight of all vertices and setting the limitation W_0 .
13. Calculation of the number of learning units M .
14. Index of the first subgraph $i = 1$.
15. Formation of a subgraph determined by the total weight of the first m_i – vertices.
16. Determination of the subgraph's addition to G .
17. If $|X_i| = 0$, then the execution of the algorithm is *terminated*.
18. Sorting the vertices of the subgraph and its addition in ascending order of weights.
19. Determination of their external and internal incidence.
20. Calculation of the sums of the dynamic weights of the internal and external edges.
21. Determination of the range of study for a selected vertex of the subgraph.
22. Selection of a vertex of the subgraph's addition.
23. Application of the operation $\propto (x_i, x_j)$.
24. If the operation defines a smaller sum of the external edges' weights, then the next vertex of the subgraph is chosen. In other case we go back to step 26.
25. If a choice of a new vertex is impossible, then $i = i + 1$ and we go back to step 15. In other case – back to step 21.
26. The baseline before the execution of the operation $\propto (x_i, x_j)$ is restored, the next vertex of the subgraph is chosen and we go back to step 25.

The main part of the algorithm includes steps from 12 to 26. The algorithm requires multiple sorting of the vertices both of the defined subgraph and its addition. This significantly reduces its performance. Due to the cyclical nature of the algorithm, it is expected to be from the exponentials' class. Its exploitation characteristics are not so important, because the number of concepts and their closures within a discipline of a curriculum is not expected to be large.

D. Experimental environment for a study of the algorithm.

In connection with the study of the developed algorithm for consistent decomposition of graphs, a programming environment [8, 16, 17] was created.

Main components of the environment are:

1. *User interface* for setting initial values for the number of vertices, the scope of variation of their weights, a threshold value for filling the graph, the range of variation of the static weights of the edges and / or „penal” coefficient of the edges in reverse direction.
2. *Random number generators* within certain ranges, defining the set of concepts (the graph's vertices) and their weightings.
3. *Random number generators* defining the set of closures (the graph's edges) and their static coefficients.
4. *A block establishing the correctness* of the generated graph and if necessary, adding and/or removing edges.
5. *Execution of algorithms* for ordering the concepts by the time axis and formation of a start-up and a final set of concepts.
6. *Turning the system clock on.*
7. *Execution of the algorithm* for consistent decomposition of the generated graph.
8. *Reading the CPU time* using the system clock.
9. *Registration* of the input data and the results.
10. *A block for statistical processing* of the results.

III. CONCLUSION

We have addressed the problem of decomposing the educational material to individual learning units by formalization and a developed consistent algorithm for decomposition.

The correctness of the algorithm is verified by a developed programming environment for generation of training structures of concepts, consistent decomposition and registration of the main exploitation parameters.

The algorithm is considered to be exponential, but this doesn't affect much when there are a small number of concepts.

The design solutions, obtained after the execution of the developed algorithm, can be used in the initial development of a training course as a sequence of approximately equal volume of learning units.

For the purposes of e-learning and adaptation of the course [12,15] to the individual characteristics of each person being trained, it can be applied a lot of times with different values of W_0 .

An implementation of the algorithm can be used independently or be incorporated in e-learning platforms as a tool for designing courses.

REFERENCES:

- [1] M. Mitev, E. Racheva, Development of an algorithm and a program for learning content structuring, "Computer Sciences and Technologies" Journal, Vol. 2, TU-Varna, 2008, pp. 15-20 (in bulgarian language)
- [2] M. Mitev, E. Racheva, G. Marinova, Algorithm for Defining of Initial Package of Notions for Purpose of E-Learning, CompSysTech'2009, Ruse, Bulgaria, 2009, IV.9-1, IV.9-5
- [3] M. Mitev, Algorithm for Definition of the Final Package of Notions in Distance Learning, Proceedings book of TU-Varna, 2009, pp. 124-128 (in bulgarian language)
- [4] M. Mitev, E. Racheva, G. Marinova, Graph-analytical Approach for Development of Distance Learning Courses, Fourth International Conference "New Information Technologies in Education for All: Innovation Methods and Models", Ukraine, Kyiv, pp. 2009, 127-136 (in russian language)
- [5] M. Mitev, E. Racheva, Algorithm for Initial Definition of Notions Structure in Distance Learning, Proceedings book scientific conference "System analysis, informatics and control", SA1Y-2010, Ukraine, Zaporozhie, pp. 127-128 (in russian language)
- [6] Mitev M., D.Georgiev, A Priori Algorithm for Ordering Concepts in Distance Learning Courses, International Scientific Conference "Informatics in the Scientific Knowledge" 2010, Varna, 2010
- [7] M.Mitev, A. Antonov, I. Penev, An Algorithm and Program for Management and Evaluation of Individual Distance Learning, 6th International Scientific Conference "eLearning and Software for Education" Bucharest, 2010, pp. 261-266
- [8] M.Mitev, D.Georgiev, Program Library for Development and Research of Distance Learning Courses, ICEST, Ohrid, Macedonia, 2010
- [9] Михнина Н.В., Способы структурирования учебного материала как условие развития внимания, Российская Академия Естествознания,

Научный журнал "Современные наукоемкие технологии" №7, 2007

- [10] Н.А. Власенко, Н.Л. Кузьминская, А.А. Максименко, Текстотметрические исследования многоязычных научных текстов, Управляющие Системы и Машины, Киев, Украина, 2009, № 2, 43-47
- [11] Mitev M., A.Antonov, I.Penev A Structured Estimate of Educational Content, 7th International Scientific Conference "eLearning and Software for Education" Bucharest, 2011, v.1, 130-134
- [12] Nguyen Viet Anh, Phan Van Cong, M. Mitev-Learner Model Based Context to Develop a Context – Aware Adaptive System in Mobile Learning, 7th International Scientific Conference "eLearning and Software for Education" Bucharest, 2011, v.1, 395-403-
- [13] Mitev M., E. Racheva Graph-Analytical Model for Concepts in e-Learning Content, international Scientific Conference UNITECH'11, Gabrovo, Bulgaria, 2011, 311-315
- [14] Василева Д.Д. -АДАПТИВНИ СОФТУЕРНИ СИСТЕМИ ЗА ЕЛЕКТРОННО ОБУЧЕНИЕ, АВТОРЕФЕРАТ на дисертация за присъждане на образователна и научна степен "ДОКТОР", Софийски университет „Св. Климент хридски“ София, 2011, 38
- [15] Anh Nguyen Viet, Dam Ho Si -ACGs: Adaptive Course Generation System - An Efficient Approach to Build E-learning Course, The Sixth IEEE International Conference on Computer and Information Technology (CIT'06), 2006

PROJECTS:

- [16] Project №483, Development of learning course in the discipline "Synthesis and analysis of algorithms" for the purposes of distance learning with research on the approaches of presenting the learning content and creating specialized data base with text and graphic information", Technical University of Varna, 2008
- [17] Project NP №25, Theoretic development and realization of a program platform about computer project and research of distance learning courses, Technical University of Varna, 2009-2010

Contact:

eng. Mitko Mitev, Assoc. Prof. PhD at Computer Science and Engineering Department in Faculty of Computing and Automation, TU-Varna, 1, Studentska Str., 9010 Varna, Bulgaria, 305TB
e-mail: mitemm@abv.bg
eng.. Nguyen Viet Anh, Researcher at Computer Center of College of Technology in Vietnam National University Hanoi
e-mail: vietanh@vnu.edu.vn
Milena Radeva, student, TU-Varna, 1, Studentska Str., 9010 Varna, Bulgaria
e-mail: milena_radeva89@abv.bg

Reviewer:

Assoc. Prof. PhD Elena. Racheva, TU-Varna

ЕКСПЕРИМЕНТАЛНО ИЗСЛЕДВАНЕ НА МЕТАМАТЕРИАЛНИ СТРУКТУРИ

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF METAMATERIAL STRUCTURES

Антония Георгиева, Росен Георгиев

Резюме: През последните няколко години нов вид изкуствени среди, наричани метаматериали, са предмет на нарастващ интерес в областта на техниката на свръхвисоки честоти. Представят се главните резултати от експериментално изследване на различни метаматериални структури. Установява се взаимовръзката между геометрията на резонанския контур, ефективната диелектрична проницаемост на околната среда и резонансната честота на отделните елементи или лентата на пропускане на верига от свързани клетки. Резултатите са приложими при проектирането на вълноводни филтри и други микровълнови устройства.

Ключови думи: метаматериали, ляво-ориентирани среди.

Abstract: In the past few years new artificial media named metamaterials have become a subject of growing interest in microwave engineering. This paper presents the main results of the experimental investigation of different metamaterial structures in order to establish the relationship between the geometry of the resonant contour, the effective permittivity of the ambient dielectric medium and the resonant frequency of single elements or the passband of a chain of linked cells. The results are applicable to the design of waveguide filters and other microwave devices.

Keywords: metamaterials, left-handed media.

I. ВЪВЕДЕНИЕ

През последните няколко години не стихва интересът към метаматериалите като изкуствени среди с редица нови свойства, произтичащи от възможността за противоположност между фазова и групова скорост на електромагнитните вълни, в среда с едновременно отрицателни диелектрична и магнитна проницаемости. Естествено, подобна нова концепция се нуждае, преди всичко, от експериментално потвърждение относно технологична реализуемост и практически приложения. Ето защо, целта на настоящата разработка е да се изследва реалното поведение на различни метаматериални структури, в съчетание с теоретично осмисляне и количествена оценка на наблюдаваните процеси. За разлика от известните от литературата (напр.[1,2]) резонатори с прекъснати пръстени с квадратна и кръгла форма, тук се изследват резонатори с видоизменена форма на проводящия контур

(правоъгълна, овална, в т.ч. с и без вътрешен пръстен), както и чрез резонатори от отворен S-образен тип, с което допълнително се проверяват и доразвиват изложените в [3] идеи за проектиране.

II. АНАЛИЗ И ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ РЕЗУЛТАТИ

1. Изследване на единични клетки

Отделни резонансни клетки е подходящо да бъдат изследвани чрез поставяне в средата на вълновод с основния тип вълна по максимума на причиняваното затихване на преминалата вълна при резонанс. Така, за двустранни резонатори с прекъснати пръстени с овална форма от вида, показан на фиг.1, експериментално измерената стойност на резонансната честота е 3238 MHz, а пропусканата честотна лента Δf , определена на ниво 3dB, е от 3214 до 3253 MHz. В случая, относителната ефективна диелектрична проницаемост може да се

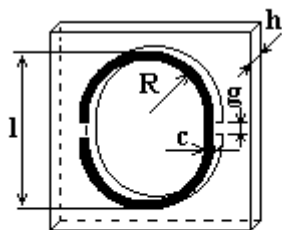
определи по прецизирания, спрямо даденото в [3], израз:

$$\varepsilon_{\text{reff}} = \frac{\frac{c}{h} \varepsilon_{\text{rd}} + \frac{2}{\pi} \ln \left(\varepsilon_{\text{rd}} \pi \frac{t}{h} + 1 \right)}{\frac{c}{h} + \frac{2}{\pi} \ln \left(\pi \frac{t}{h} + 1 \right)}, \quad (1)$$

където t е дебелината на металното покритие, h е дебелината на подложката, ε_{rd} е нейната относителна диелектрична проницаемост, а c е ширината на металната лента. За използвания материал $\varepsilon_{\text{rd}} = 2.2$, $t = 0.035$ mm, $h = 0.787$ mm, а за конкретния резонатор радиусът $R = 9$ mm, дължината $l = 11$ mm, процепът $g = 1$ mm, а ширината $c = 0.8$ mm. Съгласно (1), $\varepsilon_{\text{reff}} = 2.189$. Приемайки, че за резонатори с овална форма е в сила същото правило, използвано в [3] за резонатори с кръгла форма, т.е ефективната геометрична дължина L [mm] на резонатора се определя по най-външния контур на проводящата лента и се равнява на половината от дължината на вълната в непосредствената околна среда ($\lambda_0 / \sqrt{\varepsilon_{\text{reff}}}$).

$$f_0 = \frac{150}{L \sqrt{\varepsilon_{\text{reff}}}} \text{ [GHz]}. \quad (2)$$

Следователно, за разглеждания случай теоретично определената стойност $f_0 = 3241$ MHz съответства на експериментално измерената.



Фиг. 1. Двустранен резонатор с прекъснати пръстени с овална форма

Както следва от приведените по-горе данни, качественият фактор на изследвания двустранен резонатор ($Q = f_0 / \Delta f$) се получава сравнително висок ($Q = 80$), което се дължи на концентрацията на полето в

пространството между двата пръстена, както и на малките загуби на използвания диелектричен материал (RT/duroid 5880 с $\text{tg } \delta < 0.001$). Поради тази повишена концентрация на полето, обаче, връзката между отделните клетки при многорезонаторна структура се получава по-слаба и затихването на сигнала нараства.

2. Изследване на вериги от клетки

За изследване на поведението на метаматериални структури, съставени от няколко клетки, е изработена секция от стандартен вълновод, разделена надлъжно чрез запоена по средата на широката му страна проводяща метална пластина (фиг.2). Всеки от двата клона на тази секция представлява подкритичен вълновод, който може да се интерпретира като участък с отрицателна диелектрична проницаемост ε за работните честоти f в диапазона на стандартния вълновод с основен тип вълна H_{10} . Действително, при липса на загуби от поглъщане, константата на разпространение $\gamma = \alpha + j\beta$ за всеки клон:

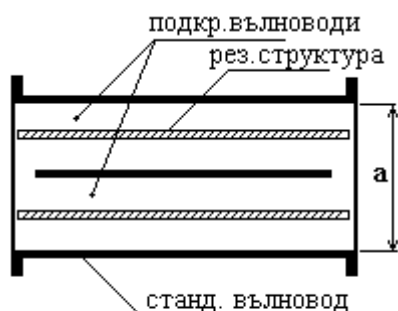
$$\dot{\gamma} = j\omega \sqrt{\mu_0 \varepsilon_0 \left[1 - \left(\frac{f_{\text{кр}}}{f} \right)^2 \right]} \quad (3)$$

има отрицателна стойност на подкоренната величина, тъй като $f_{\text{кр}} > f$ за субкритичния участък. Същевременно, при положителна магнитна проницаемост, тази константа на разпространение за кухия подкритичен вълновод има само реална стойност, която представлява константа на затихване:

$$\gamma = \alpha = 2\pi \sqrt{\mu_0 \varepsilon_0} \sqrt{f_{\text{кр}}^2 - f^2} \text{ [Np/m]}$$

В конкретния случай, работните честоти са в диапазона около 3 GHz при широка страна на стандартния вълновод $a = 58.3$ mm. Субкритичният участък има широка страна 28 mm и дължина 75 mm, при което $f_{\text{кр}} = 5.4$ GHz, $\alpha = 800$ dB/m и затихването става около 60 dB. Като се прибави и затихването вследствие на отражението от скока на вълновия импеданс в сеченията на предната и задната граница на двата паралелни клона,

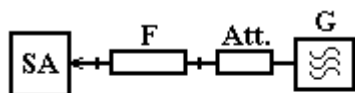
общото затихване на подкритичния участък надвишава 80 dB, което се наблюдава и експериментално. Следователно, отделно взетият подкритичен участък е напълно непроходим за вълните от дадения диапазон.



Фиг. 2. Вълноводна секция с подкритични участъци

Допълнителното поставяне на метаматериалните структури, изпълнени като система от последователно разположени клетки, които внасят ефект на отрицателна магнитна проницаемост, прави субкритичните вълноводи проходими за електромагнитните вълни, което съответства на концепцията за разпространение на вълните в среда с едновременно отрицателни параметри. Разглежданият елемент е не само удобен като постановка за експериментално изследване на свойствата на различните метаматериални конфигурации, но, поради резонансните свойства на въпросните клетки, представлява и честотен филтър с непосредствено включване в стандартния вълноводен тракт.

Честотните характеристики на затихването на различните структури са измервани по постановката, показана на фиг. 3.

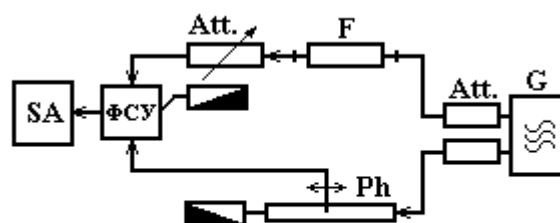


Фиг. 3. Схема за измерване на честотна характеристика

Тук секцията с двата подкритични клона, обозначена като F, е включена

между добре развързания изход на генератора (чрез атенюатор със затихване над 40 dB), а преминалият сигнал се регистрира на изхода чрез спектроанализатор (SA).

Фазовата характеристика на изследваните структури е заснета по схемата, показана на фиг. 4. Тя съдържа два тракта, свързани към два независими изхода на общия генератор. В единия тракт се включва (или изключва) изследваният елемент, а в другия тракт е включен дефазатор (Ph), изпълнен като линия с TEM-вълна, в полето на която е потопена сонда, чиито положения по дължината на линията се регистрират с точност не по лоша от 50 μm . Фазовото сравняване между вълните на двата тракта, включени към страничните рамена на двоен вълноводен тройник, се регистрира чрез спектроанализатора SA. Разликата между двете положения на сондата, при които се постига нулиране на изходния сигнал при дадена честота, определя дефазиранието φ_x , предизвиквано от измервания елемент:



Фиг. 4. Схема за измерване на фазова характеристика

$$\varphi_x = \frac{2\pi}{\lambda_x} (\Delta_x \pm n\lambda_x). \quad (4)$$

Нееднозначността $n\lambda_x$ не е проблем и се избягва, например, чрез подбор на достатъчно малка стъпка в последователността от честоти, респ. дължини на вълната λ_x .

2.1. Структура от S-образни клетки

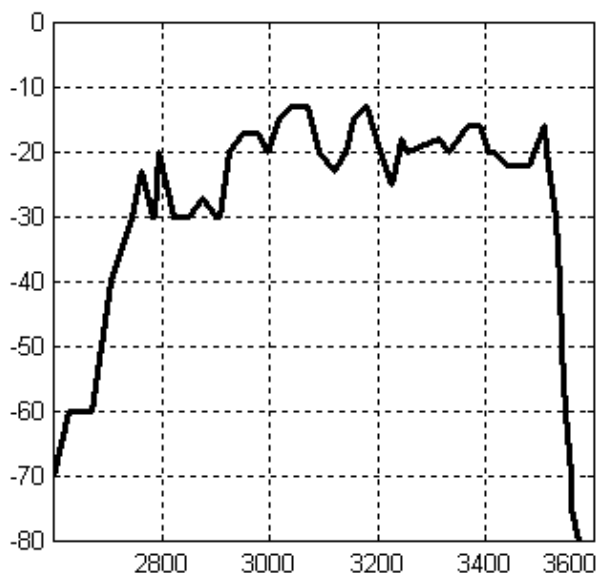
Резонансни структури във вид на верига от 10 на брой S-образни диполни клетки (фиг. 5), поставени в двата клона на експерименталната секция, имат честотна характеристика, показана на фиг. 6.

С цел намаляване на резонансната честота, от двете страни на печатно изпълнената структура са долепени допълнителни пластини от материала на подложката ($\epsilon_{rd} = \epsilon_{r2} = 2.2$, $h = 0.787$ mm). В този случай, както и при резонатори с единичен пръстен или друга форма на токоносещата лента, електрическото поле



Фиг. 5. Структура от S-образни диполи

в околната среда има, предимно, радиална ориентация. При печатното изпълнение на тази лента силовите линии се явяват успоредни на границата между различните среди, при което е валидно граничното условие за равенство на тангенциалните съставни на интензитета на полето. От



Фиг. 6. Честотна характеристика на филтър с S-образни клетки

сумирането на частичните капацитети на единица дължина от такава лента следва, че ефективната проницаемост е равна на сумата от произведенията на дължините на отделните участъци (l_i) от напречното сечение и съответстващите им

диелектрични проницаемости, разделена на сумарния периметър на това сечение:

$$\epsilon_{eff} = \frac{\sum l_i \epsilon_i}{\sum l_i}. \quad (5)$$

По-специално, за случая на лента с ширина c , разположена между диелектричната подложка и втори диелектричен слой с относителна проницаемост ϵ_{r2} и въздушна междина ($\epsilon_{r3} = 1$), определена от дебелината на металното покритие t :

$$\epsilon_{eff} = \frac{(\epsilon_{rd} + \epsilon_{r2})c + 2t}{2(c+t)}. \quad (6)$$

(Ако вторият диелектрик не приляга плътно върху метализацията, допълнителната междина се прибавя към размера t).

В конкретния пример, дължината на проводящия контур е 33 mm, $c = 1$ mm, при което $\epsilon_{reff} = 2.12$ и изчислената резонансната честота на отделната клетка е 3121 MHz. Склонът на честотната характеристика от страната на ниските честоти се дължи на повишеното затихване на останалия стандартен вълноводен тракт с приближаване към неговата критична честота (2.57 GHz), а не на резонансните свойства на изследваната структура, което позволява нейното класифициране като нискочестотен филтър.

Както се вижда от фиг. 5, в показаната S-образна структура има огледална симетрия между контурите на съседните клетки. Експериментите сочат, че структура със същите размери и форма, но с едностранно разполагане на контурите по всяка от двете страни на подложката, дава аналогична честотна характеристика със съвпадащи параметри.

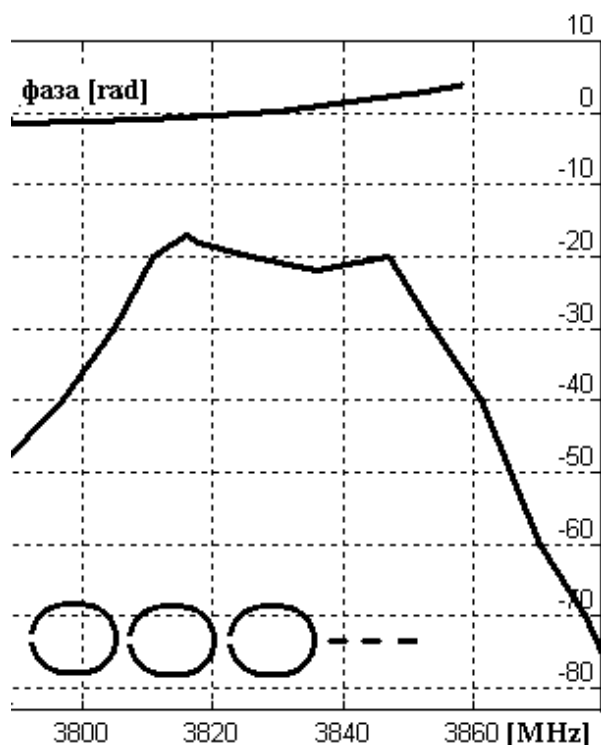
2.2. Структура от овални клетки

Вериги от 8 броя еднокръгови резонатори с прекъснати пръстени с дължина на външния контур 31.47 mm и ширина на лентата 0.8 mm, изпълнени едностранно върху подложка с дебелина 1.5 mm от същия материал и поставени в експерименталната вълноводна секция, имат честотна и фазова характеристики,

показани на фиг.7. Ефективната диелектрична проницаемост тук се изчислява също по изрази (5) или (6), т.е.

$$\epsilon_{\text{reff}} = \frac{\epsilon_{r3} \frac{t}{d} + \frac{\epsilon_{rd} + \epsilon_{r2}}{\pi} \ln\left(\pi \frac{c}{d} + 1\right)}{\frac{t}{d} + \frac{2}{\pi} \ln\left(\pi \frac{c}{d} + 1\right)} \quad (7)$$

В случая, размерите на външния контур са $10 \times 8 \text{ mm}$, ширината на тоководещата лента е $c=0.8 \text{ mm}$, процепът $g=1 \text{ mm}$, разстоянието между пръстените $d=0.8 \text{ mm}$, $\epsilon_{rd}=2.2$, $\epsilon_{r2}=\epsilon_{r3}=1$, $t=0.05$.



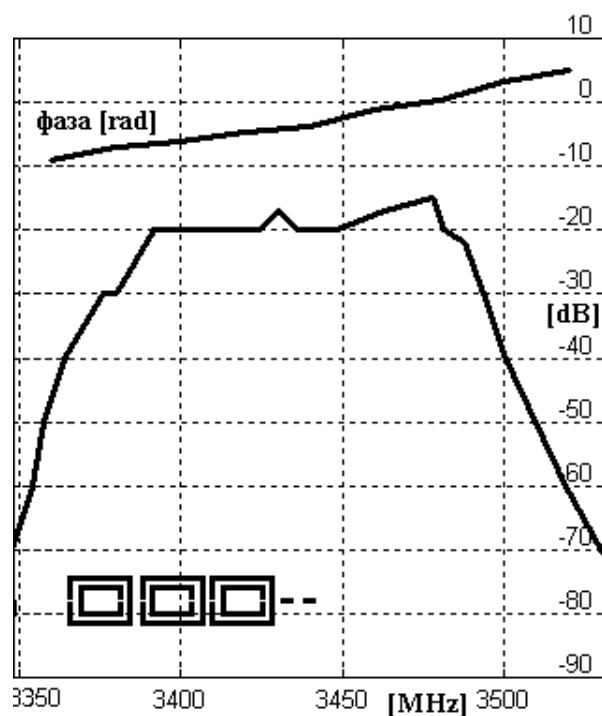
Фиг.7. Честотна и фазова характеристики на структура от еднокръгови овални клетки

$\epsilon_{\text{reff}} = 1.251$, при което $f_0 = 3.81 \text{ GHz}$.

2.3. Структура от правоъгълни двукръгови клетки

Верижни структури от по 8 броя едностранно изпълнени двукръгови резонатори с прекъснати пръстени с правоъгълна форма, поставени в експерименталната секция, имат честотна и фазова характеристики, показани на фиг.8.

Противоположното разполагане на процепите прави тази конструкция сходна с копланарна линия, около която има, в общия случай, три различни диелектрични среди: подложката с проницаемост ϵ_{rd} , втора среда над тоководещите ленти с ϵ_{r2} и трета среда, обусловена от височината на тоководещите ленти, с ϵ_{r3} . Тук също, чрез интегриране на енергията на полето в трите среди, може да се намери израз за ефективната диелектрична проницаемост от вида:



Фиг.8. Честотна и фазова характеристики на структура от правоъгълни клетки

Следователно, ефективната диелектрична проницаемост е 1.56, а резонансната честота на отделната клетка е 3430 MHz .

III. ИЗВОДИ

1. Резултатите от изследването на голям брой различни по форма клетки от метаматериални структури, част от които са представени в настоящата публикация, потвърждават възможностите за тяхното проектиране като полувълнови резонансни контури в среда, чиято ефективна диелектрична проницаемост зависи от конкретната конфигурация и може да се изчислява по приведените изрази.

2. Разглеждането на фазовите характеристики в лентата на пропускане в

подходящ мащаб показва, че тя притежава достатъчна линейност, отклоненията от която са в пределите на неточността на измерванията. Това, заедно със стръмността на склоновете на честотната характеристика, широката пропускана честотна лента и голямото затихване извън нея, позволява използването на експериментираното устройство в качеството на честотен филтър. Структурите, съдържащи резонатори с прекъснати пръстени, са подходящи за лентови филтри, а тези с S-образни диполи – за нискочестотни микровълнови филтри. Спрямо класическите вълноводни филтри предимство е неколкостранно по-малкият надлъжен размер. В сравнение с филтрите на лентови линии или известните филтри, използващи подкритични вълноводи, предимство представлява отсъствието на честотно зависимите коаксиално-лентови, респ., коаксиално-вълноводни преходи, а и общият размер се получава по-малък. Заслужава да се отбележи, също така, технологичната простота и ниската себестойност на получения вълноводен филтър с метаматериална среда.

Описаните изследвания са проведени в съответствие с програмата на научно-изследователски проект №5/2010, финансиран от ТУ-Варна.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1]. J.Pendry, A. Holden. Magnetism from Conductors and Enhanced Nonlinear Phenomena. IEEE Transactions on Microwave theory, vol.47, No.11, 1999.
- [2]. R.Marques, F. Martin, M. Sorolla. Metamaterials with Negative Parameters. "J.Wiley&Sons", 2008.
- [3]. А. Георгиева, Р. Георгиев. Определяне на резонансната честота при метаматериални среди. Годишник на ТУ-Варна, т.II, 2010, 78-82.

За контакти:

инж. Росен Георгиев, доцент д-р в
Катедра "Комуникационна техника и технологии"
при ФЕ на ТУ-Варна, ул. Студентска № 1, 509Е
e-mail: rkgeorg@yahoo.com

Рецензент: доц. д-р. Георги Киров - ТУ-Варна

СРАВНИТЕЛЕН АНАЛИЗ НА ТЪНКИ ПОЛИКРИСТАЛНИ И ПОЛИМЕРНИ СЛОЕВЕ ИЗПОЛЗВАНИ В СЛЪНЧЕВИ ФОТОЕЛЕМЕНТИ

COMPARATIVE ANALYSIS OF THIN POLYCRISTAL AND POLYMER LAYERS USED IN SOLAR PHOTOCELLS

Антим Христов Йорданов, Борислав Георгиев Найденов

Резюме: Анализирани са: поликристални фотоволтаични материали базирани на сулфиди на кадмия и медта и свързаните с тях методи на отлагане; степента на разориентация на кристала и дебелината на слоевете, при зададена скорост на отлагане. Анализирани са топлопроводимост, диелектрична проникваемост, специфично съпротивление, коефициент на пречупване при различни дължини на вълната, подвижност и дифузна дължина на токоносителите. Извършен е анализ на спектралната зависимост на коефициента на оптично пропускане за различни методи на отлагане.

Ключови думи: фотоеlementи, поликристали, тънки слоеве, CdS , Cu_2S .

Abstract: Performed analysis of poly-crystal photovoltaic materials based on the CdS , Cu_2S and related methods for deposits. Examined are the relations between the degree of different orientation of crystal, and the thickness of the layers in the set speed of deposition. Analyzed are thermal conductivity, dielectric permittivity, a specific resistance, coefficient of refraction for different wavelengths, mobility and diffuse length of electro moving particles. Carried out an analysis of the spectral dependence of optical transmission coefficient, for different methods of deposition.

Keywords: photovoltaic, poly-crystals, thin layers, CdS , Cu_2S .

I. ВЪВЕДЕНИЕ

С оглед на нарастващата потребност от алтернативни източници на енергия, ще бъде анализиран физическия строеж, методите за получаване и електрическите параметри на клас фотоволтаици, базирани на поликристални и полимерни структури. В настоящата статия ще бъдат обобщени свойствата на специфичен поликристален полупроводников материал, а в следваща на полимерните и други PV-структури.

Поликристалните фотоволтаици, в частност кадмиев сулфид CdS , дикуприсулфид Cu_2S (двумеден сулфид), се отлага като слой с разориентирана кристална структура. За ефективното им използване, следва да бъдат анализирани структурни особености, технологии на отлагане, електрически свойства.

Цели и задачи: Анализ на свойствата на CdS , Cu_2S и полупроводниковата структура Cu_2S/CdS с КПД~8%, а в следваща статия тези на железен сулфид (ферисулфид – FeS), медно-иридиев селенид ($CuIrS_2$) с КПД ~ 29% и 17 %, съответно [1, 4]; полимерни PV материали.

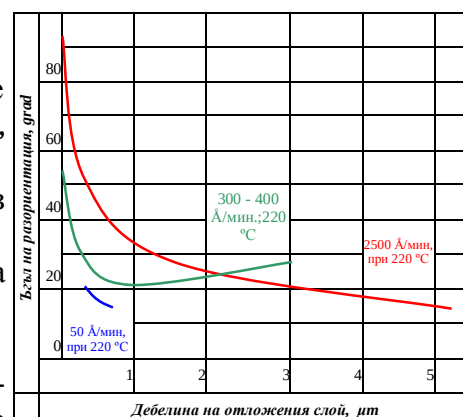
II. АНАЛИЗ

Термичното изпарение, катодното разпрашване и пулверизацията са методи, които позволяват да се получат тънки слоеве от кадмиев сулфид CdS , физичните свойства на който зависят от параметрите на процеса на отлагане.

Структура:

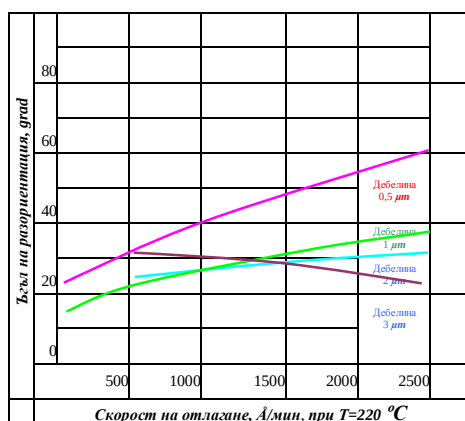
Слоеве от CdS , получени чрез изпаряване, са предназначени за изготвяне на слънчеви елементи

върху аморфни подложки, например стъкло. Поликристалният слой има хексагонална



Фиг.1. Зависимост между ъгъл на разориентация и дебелина на слой CdS , при зададена скорост на отлагане.

структура. Установено е [2], че степента на оеднаквена ориентация



Фиг. 2. Зависимост между степента на разориентация на слой CdS и скоростта на отлагане при константна дебелина на слоя.

температура и различни дебелини на слоя (напр. при 220°C, и скорост 50 Å/min. ; 400 Å/min. ; 2500 Å /min.), степента на

нараства с увеличаване на дебелината на отложения слой от CdS. Ако скоростта на отлагане

расте, при една и съща

CdS с хексагонална кристална решетка Таблица 1		
N по ред	Параметър	Хексагонален CdS
1	Относителна плътност	4,92
2	Относителна молекулярна маса	144,46
3	Параметри на кристалната решетка, nm	$a=0,4136$ $c=0,6713$
4	Ширина на забранената зона, eV	2,42 (300K)
5	Относителна ефективна маса на електроните, m_e/m_e	0,153-0,171
6	Относителна ефективна маса на дупките, m_p/m_e	0,7 (леки дупки); 5 (тежки дупки)
7	Топлопроводимост, $W.K^{-1}.cm^{-1}$	0,20 в направление успоредно на височината на призмата – оста "C"
8	Диелектрична проницаемост	8,64 (и.с); 8,28 (л.с)
9	Коефициент на пречупване	2,3 ($\lambda=2\mu m$) 2,26 ($\lambda=14\mu m$)
10	Подвижност на електроните- $\mu m, cm^2.V^{-1}.s^{-1}$	~400
11	Подвижност на дупките- $\mu p, cm^2.V^{-1}.s^{-1}$	~15

разориентация намалява, фиг.1[2].

Графиките от фиг.2 са получени, като резултат от графична апроксимация на зависимостите от фиг.1, и показват намаляване на разориентацията при подебели слоеве. Следва изводът, че с нарастване на дебелината на слоя, и удължаване на времето на отлагане при константна температура, разориентацията на кристалната структура на CdS, занижава чувствителността си към скоростта на отлагане. Структурата на CdS, може да се видоизмени [2], при внасяне на примеси. Cl (хлор) нарушава

ориентацията, а In (индий) и Ga (галий) не оказват влияние.

Структурни форми, електрически свойства, оптично пропускане (фотопроводимост).

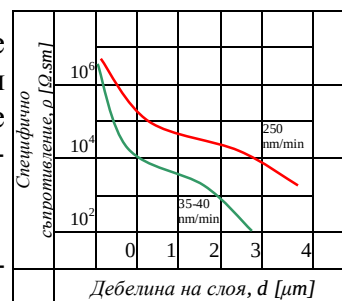
Познати са две алотропни форми: едната е плътнопакетована кубична кристална решетка; другата форма представлява плътнопакетовани взаимнопроникващи хексагонални кристални решетки, табл. 1. Оптичeskото отражение и пропускане е получено от зависимостта за широчината на забранената зона и температурата:

$$E_G = 2,58 - (5,2 \cdot 10^{-4}) \cdot T, eV \quad (1)$$

При $T=300K$, тази величина е 2,42 eV.

Специфичното съпротивление е много високо и CdS може да се счита за "полудиелектрик".

Ефективността на полупроводникови структури с използване на CdS е

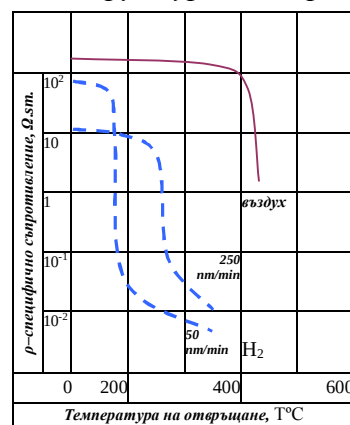


Фиг.3. ρ в зависимост от d при константна скорост на отлагане.

ниска, в сравнение със слабо изследвания материал железен сулфид – FeS [1], с КПД ~ 29%, а също и медно-иридиев селенид (CuIrSe₂) с КПД ~ 17%. Тук би могла да се приложи следната идеология: Комбинирано използване на PV неефективни полупроводникови структури, чрез преобразуване на светлинната енергия в топлина и отдаването ѝ в подходящ носител агент.

В случая за дебел слой CdS, от 10 μm до 40 μm фиг. 3, използван във фотоелементите, необходимото специфично съпротивление

трябва да бъде от 1Ω.cm до 100Ω.cm. За целта се прилага легиране. Концентра-

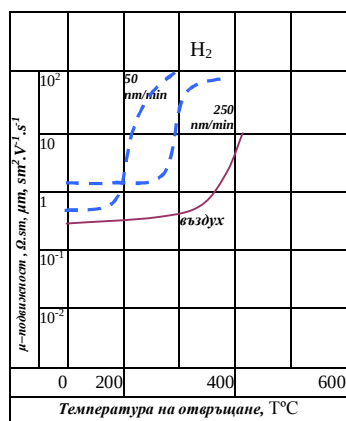


Фиг.4. ρ в зависимост от температурата на отгряване във водород и въздух. Температура на отлагане 340°C.

цията на токоносителите е $(10^{17}-10^{18})\text{sm}^{-3}$, а подвижността е: $1-20\text{sm}^2\cdot\text{V}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$.

Няма висока фотопроводимост, а подвижността на токоносителите расте експоненциално с нарастването на T . Законът на изменение е:

$\mu_n = \mu_0 \exp(-e\Phi/kT)$ (2). Дифузната дължина на неосновните токоносители L_p в поликристален CdS , (метод на термично изпарение) [3] е: $0,1\text{ }\mu\text{m} < L_p < 0,3\text{ }\mu\text{m}$. Дифузната дължина L_p в монокристален CdS - $4\text{ }\mu\text{m}$;



Фиг.5. Подвижност на токоносителите във функция от температурата на отвръщане във водород и въздух. $T=340^\circ\text{C}$.

разлика един порядък; дължи се на допълнителна рекомбинация. Електрическите свойства на CdS , получен чрез пулверизация са аналогични на свойствата на изпарен CdS . При създаване на слънчеви елементи със структура $\text{CdS}/\text{Cu}_2\text{S}$, при които слоя CdS е отложен с пулверизация, ниското специфично съпротивление се получава, чрез легиране и отвръщане в съответна контролирана среда. Това са азот – N , водород – H , или във вакуум. В диаграмата на фиг. 4 се

$T, ^\circ\text{C}$	Специфична проводимост, $(\Omega\cdot\text{sm})^{-1}$	$\sigma_i/\sigma_p, \%$	$Dt, \text{sm}^2\cdot\text{s}$	$\mu_i, \text{sm}^2\cdot\text{V}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$	$\mu_p, \text{sm}^2\cdot\text{V}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$	Authors
	σ_p	σ_i				
200	3,11	0,44	-	$3,21\cdot 10^{-3}$	0,077	0,43 Yokota, I; Phis. Soc. Jap.
200	11,0	0,40	-	$4,1\cdot 10^{-3}$	0,01	0,28 Miatani, S; Phis. Soc. Jap.

вижда изменението на тази зависимост. μ_n достига до $40 - 60\text{sm}^2\cdot\text{V}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$, при отвръщане във H , фиг.5. При температура на подложката над 380°C , спектралната зависимост на оптичното пропускане на CdS , получен по метода на пулверизация или изпарение надвишават 75%, фиг.6.

Форми на структурата Cu_2S . Свойствата на Cu_2S в областта на слънчеви фотоволтаични елементи са свързани с

четири стабилни форми. Това са $\gamma\text{-Cu}_2\text{S}$ с орторомбична кристална решетка, CuS (куприсулфид) със завишено съдържание на S , $\alpha\text{-Cu}_2\text{S}$, и $\beta\text{-Cu}_2\text{S}$, получени при температура 103°C до 435°C , съответно.

Електрически свойства на Cu_2S .

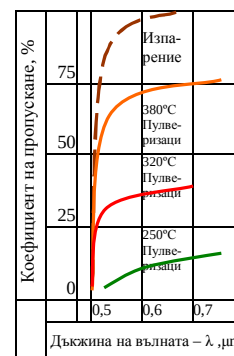
За $\beta\text{-Cu}_2\text{S}$ е характерна висока йонна проводимост. Когато медния сулфид е в електрическо поле, йонната проводимост играе важна роля. Тя обуславя деградацията на характеристиките на фотоволтаичните елементи на основата на $\text{CdS}/\text{Cu}_2\text{S}$. Описва се със зависимостта:

$$\sigma_i = \left(\frac{8,9\cdot 10^{14}}{T} \right) \exp \left(-0,24 \frac{e}{kT} \right)$$

(3), където e -заряд на електрона, k -константата на Болцман, T -абсолютна температура, K . В табл.2 [2] са дадени специфичните йонни и дупчести проводимости на $\beta\text{-Cu}_2\text{S}$.

Електрически свойства на тънки слоеве от меден сулфид $\beta\text{-Cu}_2\text{S}$; специфична йонна и дупчеста проводимост.

Дифузната дължина L_n на неосновните токоносители е от $1\cdot 10^{-5}\text{sm}$ до $4\cdot 10^{-5}\text{sm}$.



Фиг. 6. Коефициент на пречупване на CdS в зависимост от $T [^\circ\text{C}]$

$\sigma_p, (\Omega\cdot\text{sm})^{-1}$	$\rho, \Omega\cdot\text{sm}$	p, sm^{-3}	$\mu_p, \text{sm}^2\cdot\text{V}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$	$Q_p, \text{mW}\cdot^\circ\text{C}^{-1}$	E_F-E_v, meV	E_g-E_v, eV	m_p/m_0	Структура на Cu_2S
Масивен материал								
40 - 170	-	$4\cdot 10^{19}$ - $7,4\cdot 10^{19}$	25-612	90-180	-	0,064	0,58	Монокристален
$(1,7 - 2,0)\cdot 10^2$	-	$(3 - 5)\cdot 10^{16}$	4,5	750	-	-	1,4 - 1,5	Разтопени поликристали
-	0,11 - 0,40	$3,3\cdot 10^{18}$ - $2,2\cdot 10^{19}$	2,5 - 4,7	267	24	-	1,82	нелегиран
30	-	-	-	215	-	-	-	Спечени кристали $\text{Cu}_{1,995}\text{S}$
Тънки слоеве								
$2\cdot 10^{-3}$ - $3\cdot 10^3$	0,005 - 100	$4\cdot 10^{15}$ - $1\cdot 10^{20}$	1,5-7	60-200	-	0,43	-	Изпарение

(Gill, Bube). А за поликристален тънкослоен слънчев елемент със структура $\text{Cu}_2\text{S}/\text{CdS}$ е получена дифузна дължина на електроните в меден сулфид L_n от $0,11\text{ }\mu\text{m}$ до $0,57\text{ }\mu\text{m}$ [2]. Приема се обемна дифузна дължина от $0,09$ до $1,71\text{ }\mu\text{m}$.

Електрически свойства на $\gamma\text{-Cu}_2\text{S}$ при 300 K; диапазонът на изменение на електри-

ческите параметри, в зависимост от параметрите на процеса, са дадени в табл.3 [2].

VAX при отсъствие на осветяване.

Право включване. Съществуват два механизма на проводимост. В общия случай уравнението за тока има вида:

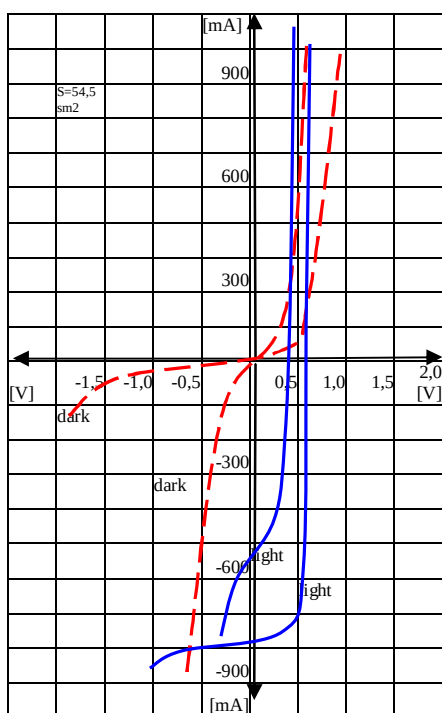
$$I = I_{s1}[\exp a_1(V - rI) - 1] + I_{s2}[\exp a_2(V - rI) - 1] + (V - rI)/R$$
 (4), където: r е последователно съпротивление $\sim 1 \Omega \cdot \text{cm}^2$; R - шунтиращо съпротивление в $k \Omega$, при което за качествени елементи последното събираемо е много по-малко от $I_{s1}[\exp a_1(V - rI) - 1]$ (5), и може да се пренебрегне. a_1 - коефициент $10-15 \text{ 1/V}$, a_2 - коефициент $25-35 \text{ 1/V}$. Зависимостта на a_1 и a_2 от температурата е слаба. I_{s1} и I_{s2} - токове на насищане, които зависят от температурата и на тяхна основа е установена потенциална бариера $0,45$ и $2,2 \text{ eV}$.

Обратно включване.

Токът не достига насищане. Изследвания са правени със зависимостта $I \approx V \exp(V_d - V)^{-1/2}$ (6) [2], обща за напрежение по-ниско от пробивното, което е $1,5 - 4 \text{ V}$. При по-високи обратни напрежения, токът рязко се завишава в следствие на ценоверов пробив.

Ток при осветяване.

Токът през елемента при право включване



Фиг.8. VAX на слънчев елемент преди и след термообработка на тъмно (пунктир) и светло (плътна линия), съответно.

и при напрежение в права посока $0,35 \text{ V}$, расте при $\lambda < 850 \text{ nm}$ и намалява в диапазона $\lambda = 850 - 1900 \text{ nm}$. КПД $\sim 8 \%$. При изходна плътност на тока 20 mA/cm^2 и константно осветление, токът започва да

расте линейно, ако интензивността на светлината нараства линейно. T_k на тока е положителен, 10^{-3} K^{-1} . Основната част на тока се генерира в слоевете Cu_2S . На фиг. 8 е показана VAX на слънчев елемент със структура $\text{Cu}_2\text{S}/\text{CdS}$. С добавяне на Zn в CdS се получава сложно съединение $(\text{CdS}, \text{ZnS})/\text{Cu}_2\text{S}$, при което токът на късо съединение се занижава.

Напрежение на празен ход – $U_{\text{пр.ход}}$.

В зависимост от метода на изготвяне, напрежението на празен ход варира в диапазона $450 - 500 \text{ mV}$. С увеличаване на температурата, $U_{\text{пр.х.}}$ намалява, т.е има отрицателен температурен коефициент $-2 \cdot 10^{-3} \text{ K}^{-1}$, но при температури надвишаващи $100-120 \text{ K}$. При ниско ниво на осветеност, напрежението на празен ход е малко, вследствие на високия ток на насищане. С добавянето на Zn , се наблюдава завишаване на $U_{\text{пр.ход}}$. Голямо КПД се получава при тънкослоен елемент, достигаш $7-8\%$, при осветяване от страната на Cu_2S .

Волт-фарадна характеристика.

Концентрацията на акцепторите в масивен образец Cu_2S е $10^{19} - 10^{20} \text{ cm}^{-3}$, а на донорите в CdS е $10^{15} \text{ cm}^{-3} - 10^{17} \text{ cm}^{-3}$. Потенциалната бариера, получена от волт-фарадната характеристика, при право включване е $0,6-1 \text{ V}$.

Капацитет при осветяване.

При въздействие на светлина с дължина на вълната $0,5 \mu\text{m}$ капацитетът расте, и намалява при светлина с дължина на вълната $\lambda = 0,85 \mu\text{m}$.

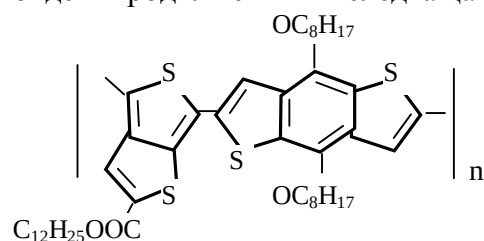
Спектрална чувствителност.

Спектрална чувствителност		Таблица 4	
Структура на фотоволтаичния елемент	Диапазон на максимума λ , μm	Граници на чувствителност	
		Долна граница на чувствителността-мин. λ , μm	Горна граница на чувствителността-макс. λ , μm
Тилна	0,700	0,525	1,0
Фронтална	0,700	0,265	1,0
Тилна	0,520-0,570	-	1,0
Тилна, тънък слой CuO	0,730	-	-
Тилна, дебелин слой CuO	0,620	-	-
Фронтална	0,520 - 0,700	0,250	1,0
Тилна	0,600-0,700	-	-
Фронтална	0,495 - 0,700	-	-
Тилна	0,480-0,650	0,510	0,8-0,85
Фронтална	0,420-0,450	-	0,8-0,85

В PV елементи със структура $\text{Cu}_2\text{S}/\text{CdS}$, в слоя Cu_2S токоносителите се генерират от фотони, с енергия 1,2 eV. А в CdS , вследствие собствено възбуждане, при енергия 2,45 eV, и с участието на фотони с по-ниска енергия. При осветяване от към CdS (тилнобарьерен елемент), спектралната чувствителност е разположена в интервала $\lambda=0,5\text{--}1\text{ }\mu\text{m}$. При осветяване от към Cu_2S , фронталнобарьерен елемент, максималната чувствителност се разширява до по-къси вълни $\lambda=0,25\text{ }\mu\text{m}$, табл. 4[2].

Полимерни PV - структури.

Анализът на полимерни PV-структури ще бъде продължен в следваща статия.



Фиг. 9. Структурна формула на полимера PTV1, [5].

Нови полупроводникови полимери с лента на пропускане в ниско разположен честотен диапазон на слънчевото

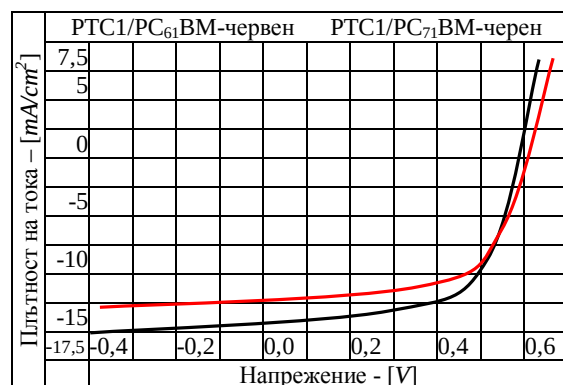


Fig. 10. Волт-амперна характеристика на полупроводников полимерен фотоволтаик - The James Franck institute, The university of Chicago, Solarmer energy inc.

излъчване е синтезиран в *James Franck-institute*, съвместно с химически департамент към университета в Чикаго–2009г. и *Солармер Енерджи*. Базиран е на PTV1 и метанфуларин, чието химическо описание е: [6,6]-phenyl- C_{71} -butyric acid methyl esters [PC₇₁BM] и реализира ефективност на преобразуване – 5,6%. Достигнати са външна квантова ефек-

тивност от 67% и фактор на запълване 65%, най-добрите стойности за соларни клетки базирани на ниско-пропускащи полимери, фиг. 9, фиг. 10; [5], [6].

III. ИЗВОДИ

1. Комбинирано използване на фотоелектрически неефективни полупроводникови структури, чрез преобразуване на светлинната енергия в топлинна, и отдаването ѝ в подходящ пренасящ агент.

2. Приложени са данни за фотоелектрическите параметри на поликристални PV материали, полезни при проектиране.

3. С нарастване на d на слоя, и удължаване на t на отлагане при изпарение и при T_k , разориентацията на кристалната структура на CdS , занижава чувствителността си към скоростта на отлагане.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Д. Дечев. Слънчеви колектори и системи, изд. Техника, София, 2005г.
- [2] Б. О. Серафин. Преобразование солнечной энергии, Энергоиздат, 1982г., прев. от англ.
- [3] L. Partain, J. J. Oakes, I. G. Greenfield. Proc. Int. Workshop on CdS solar cell and other Abrupt heterojunctions, edited by Böer K.W., Meakin J.D., university of Delaware, 1975г.
- [4] <http://www.microsolarsystem.com>
- [5] J. Am. Chem. Soc., 2009, 131(1), pp 56-57, Pub. date (web): Dec. 16, 2008.
- [6] <http://www.solarmer.com/>

За контакти:

инж. Антим Йорданов, гл. асистент в Катедра "Електронна техника и микроелектроника", ФЕ при ТУ-Варна, ул. Студентска № 1, 207РСС.

инж. Борислав Найденов, гл. асистент д-р. в Катедра „Комуникационна техника и технологии“, ФЕ при ТУ-Варна, ул. Студентска № 1, 405ЕФ.

Рецензент:

доц. д-р. инж. Илия Иванов Хаджидимов – ТУ-Варна.

АНАЛИЗ НА ОСНОВНИ СВОЙСТВА НА ПЛАВАЩА ФОТОВОЛТАИЧНА ГЕНЕРАТОРНА СИСТЕМА

ANALYSIS OF THE BASIC PROPERTIES OF FLOATING PHOTOVOLTAIC POWER SYSTEM

Антим Христов Йорданов, Борислав Георгиев Найденов, Емилиан Боянов Беков

Резюме: Анализирани са PV – системи, с възможност за базиране на вода, преимуществата и недостатъците им. Дискутирано е оборудването на фотоволтаичното съоръжение базирано на вода, съобразно нуждите на потребителя и взаимозаменяемостта на енергоизточниците при занижено слънцегреене. Особеностите и изискванията към управлението на позиционирането на плаващото съоръжение и PV – система също са изложени.

Ключови думи: слънчева енергия, фотоволтаик, плаваща фотоволтаична система

Abstract: Performed analysis of PV - systems with the possibility of basing the water, advantages and disadvantages. Equipment of the photovoltaic facility based on the water accordingly needs of the user and interchangeability of power sources at reduced sun shines. Requirements to the structure of the float facility on the PV-system.

Keywords: sun energy, photovoltaic, floating photovoltaic system.

I. ВЪВЕДЕНИЕ

Използването на слънчевата радиация е крайно полезна идеология за



Фиг.1. Карта на интензитета на слънчевата радиация за Европа.

развитие на енергодобива, тъй като Слънцето е неизчерпаем източник в необозримо дълъг период от време. Страната ни попада в благоприятна зона на интензивна слънчева радиация (Фиг.1), и неизползването ѝ като енергиен потенциал е неоправдано игнориране на природни дадености. Фотоелементите – познати като фотоволтаици са предназначени за директно получаване на електричество от Слънцето. Фотоволтаичните (PV) панели се позиционират на две места върху земната повърхност; едното на суша, а другото на вода (в открито

море или в близост до брега). Предимството на плаващите PV-генераторни системи е, че те могат да улавят стабилно слънцегреене неповлияно от ландшафта на сушата. Въпреки, че в някои случаи засенчването, което предизвикват е благоприятно (напр. запазване на влага в пустинни области от сушата).

Цели и задачи. В един характерен вид полупроводников материал – моно-кристален силиций, директно преобразуващ част от слънчевата радиация в електрическа, често се образуват пукнатини, поради високата си твърдост и крехкост. Тези микропукнатини увреждат PV клетките и за фотопанел – 180W, след кратко време отдаваната мощност спада с 20% (140W), [1]. Това поставя и изискването за *нееластично, твърдо укрепване* на „силиция“. То се контролира със сензорна система за следене на опън и натиск в три направления на PV панела. В случай на надвишаване на допустимите стойности да се „скрие“ или отклони така, че да остане насочен към слънцето, но да се занижи механичното натоварване на силиция. Ако фотопанелът е в морска акватория, трябва да бъде разположен върху *специална плаваща конструкция* с оглед на това, да бъдат занижени механичните натовар-

вания на полупроводниковия материал, при разклащане. Освен правилен избор на форма [3, 4], е необходимо и следене на степента на разклащане, с датчици за движение (например електронна жиро-скопична система за позициониране в три направления). Това условие е необходимо, за да се запази параметрична дълговечност, която е ~ 25 г. в покой. Наложително е да бъде избрана и прецизна методика за позициониране и микропроцесорно следене на отклоненията от оптимума, базирани на информация, събрана от сензорен комплекс. Тук задължително трябва да се спомене и необходимостта от система за следене и контрол на параметрите на цялото съоръжение, за да се осъществяват превантивни действия в сложна метеорологична обстановка. Ако PV-съоръженията са повече на брой, то е необходим и център за следене, събиране и обработка на информация от сензорите и изпращане на команди за управление към електродвигателите за позициониране или реконфигуриране на фотоволтаичния комплекс.

II. АНАЛИЗ

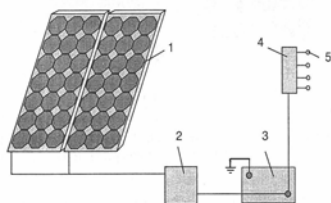
На фиг.2 [2], е показана малка PV-система, за монтаж на малко плавателно съоръжение (лодка, буй), изградена от фотопанел – 1, зарядно устройство – 2, акумулаторна батерия – 3, ограничител-регулатор – 4 и присъединителни клеми-5. Такава система се използва в случаите:

1.Ограничено място, липса на пикова консумация.

2.Автоматичен режим на експлоатация. На фиг. 3 [2], е показана PV- система с по-универсално предназначение,

като освен PV-елементи има и двигател-генератор на евтино гориво-газ, метан. Описание:

фотопанел-1, зарядни устройства-2, акумулатор-3, инвертор-4, променливотокови изходи за



Фиг.2. Малка фотоволтаична система.

консуматори-5, двигател/генераторен блок-6, система за следене на зарядните устройства-7, разпределител; токови защити-8, изходи със защити-9. Такава система се използва в случаите:

1.Ограничено място, голяма консумация в пикови моменти (помпи, двигатели).

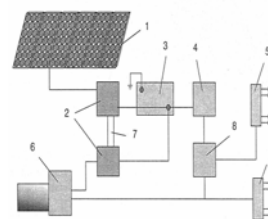
2. Денонощна работа с непрекъснато включени консуматори през нощните часове (радиостанции, пожароизвестителна система, компютри).

На фиг. 4 [2] е третият вид - мрежово свързана фотогенераторна система. PV-платформа с множество PV панели-1, мощна инверторна станция-2, електромерна ситема-3 и 4, разпределително

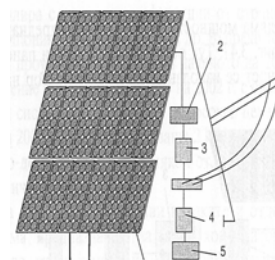
табло със система за включване към собствена мрежа. Прилага се в случаите, когато фотоволтаичният комплекс е разположен близо до бреговата ивица и е възможна поддръжка на кабелната система

отвеждаща електроенергията. За качествено проектиране на PV-система базирана на вода, от особено значение е неподвижността на плаващата конструкция, която решава въпроса с безаварийната и надеждна работа. Плаващите PV-генераторни системи са монтирани върху

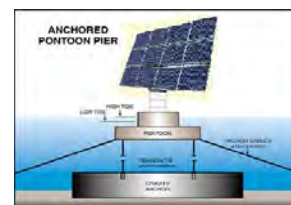
плаваща конструкция, която може да бъде с различно оформление на подводната част, а също и с прилагане на различна технология за стабилизиране на платформата. Един начин е показан на фиг.5, [1]. Плаващите PV-съоръжения (ПС) са



Фиг. 3. Комбинирана PV – система.



Фиг.4. Мрежово свързана PV - система.



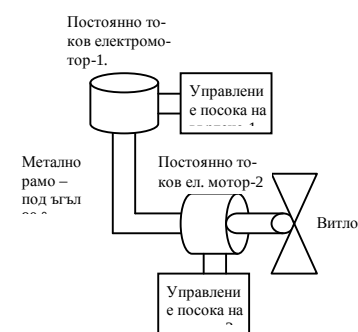
Фиг. 5. Подводна част на плаваща конструкция за PV – генераторна система.

подложени на различни колебания, които възникват в открито море, а именно: вертикално колебание; килево колебание, надлъжно хоризонтално колебание, бордово колебание, напречно хоризонтално колебание и в комбинация. При избора на ПС, трябва да се имат пред вид следните условия: 1) сила на колебанията и честота на следване на вълните; 2) ниво на морското дъно; 3) атмосферни климатични особености - посока и сила на вятъра, обледеняване, град, гръмотевична активност, дъждове, честота и сила на бури; 4) наличието на



Фиг. 6. Блокова схема на базирана на вода мр-система за добив на слънчева електроенергия.

големи площи под голям ъгъл спрямо морското равнище, води до отклонения на системата от мястото на позициониране. Необходими са множество следящи системи, фиг. 6 за: 1) ориентация на фотопанелите спрямо слънцето; 2) скоростта на вятъра; 3) силата на вълнението; 4) информация от метеорологични станции в акваторията, за приближаващи гръмотевични бури; 5) температурата и влаж-

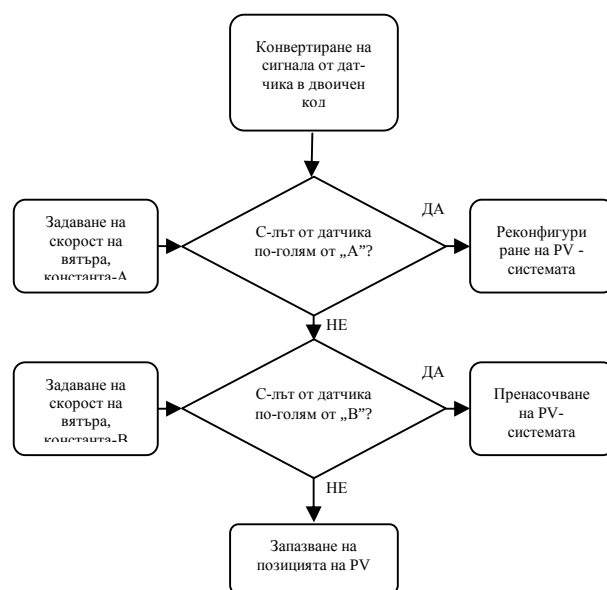


Фиг. 7. Схема на разположение на електродвигатели в модул за управление на PV-ПС.

ността на въздуха, с цел мерки за избягване на обледеняване.

Обхващането на комплекса от въздействащи величини, при неблагоприятно стечение е възможно при:

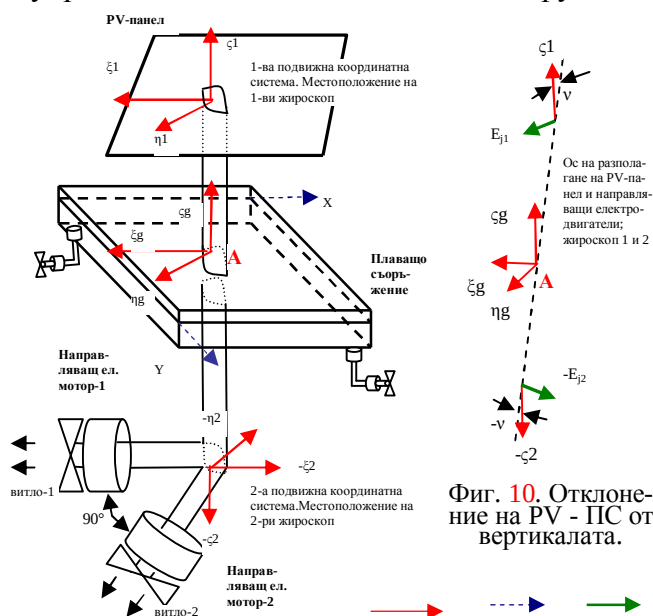
1) изграждане на плаващо съоръжение с възможност за прибиране на открито разположени части от фотоволтаичната инсталация; 2) електродвигатели за насочване и управление на плаващото съоръжение към слънцето, с възможност за маневриране; 3) система за управление на електрозадвижване на успокоителни устройства, котви, допълнителни тежести и др. Колебанието на съоръжението е най-рисковият момент, тъй като се нанасят огромни щети, ако е извън допустимите нива. Щетите са свързани с разрушаване на електропроводната система, ако плаващото PV съоръжение е от този тип и е свързано с електропреносен кабел; или с разрушаване на PV системата, дължащо се на недопустими инерционни сили. Мерките за осигуряване на сигурна защита от високи амплитуди на колебание, трябва да бъдат надеждни и всеобхватни. Другият момент е свързан със система за следене на динамичните параметрите на PV-съоръжението; 1) ориентация към слънцето; 2) ускорението на крайни точки от PV-панела; 3) вибрациите на PV-панелите и в резултат; 4) система за контрол и управление за възстановяване на горепосочените величини в допустими



Фиг. 8. Блок схема на програма за управление на позициониране по скорост на вятъра.

граници. За избора на ПС се използва специализиран софтуер.

Управление на PV - система. Осем електродвигателя, четири от които за независимо управление на направлението на реактивната струя и четири за управление на посоката на струята.



Фиг. 9. Активни затихватели.

Описание: електромотор-1 за позициониране на витлото спрямо ПС; електромотор-2, за избор на посока на изтласкване на водната струя; метално рамо под ъгъл 90 ° за укрепване електромотор-2. Системата от електродвигатели е разположена в четирите края на PV-ПС, но може да се оптимизира до максимум два, разположени диагонално на равнината на ватерлинията на понтона, ако е с примерната форма от фиг. 9.

Предложени са две примерни подпрограми за управление на позиционирането по скорост на вятъра, фиг. 8 с цел да се съхрани PV-съоръжението в лоши метеорологични условия, и друга фиг. 12, за изменение на направлението на PV съоръжението при отклонение от направление към слънцето. Броят на направляващите модули, фиг. 7 може да се минимизира до два, или в по-прецизния случай до четири. Ако работят в една и съща посока и четирите електродвигателя, цялото съоръжение се направлява от GPS ориентирана система за глобално

позициониране. За анализ на ефективността на активен успокоител на разклащане, се използва линейна система диференциални уравнения за разклащане на нестабилизирано плавателно съоръжение, в случая само в едно направление-надлъжно [4; стр. 182]. По аналогия може да се определи състоянието на PV-ПС и в другите две направления:

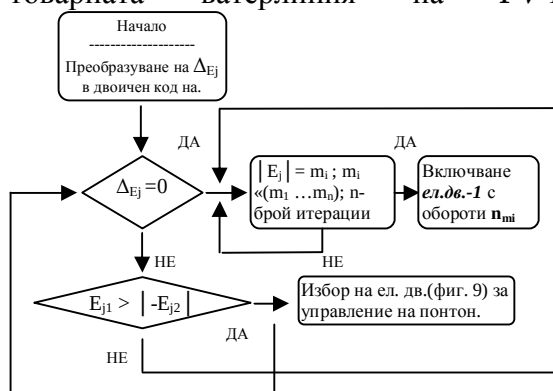
$$a_{33}\ddot{\zeta} + b_{33}\dot{\zeta}_g + c_{33}\zeta_g + a_{35}\ddot{\psi} + b_{35}\dot{\psi} + c_{35}\psi = (\alpha_1 + i\beta_1)e^{i\sigma_k t} \quad (1)$$

$$a_{53}\ddot{\zeta} + b_{53}\dot{\zeta}_g + c_{53}\zeta_g + a_{55}\ddot{\psi} + b_{55}\dot{\psi} + c_{55}\psi = (\alpha_2 + i\beta_2)e^{i\sigma_k t} \quad (2)$$

където: ζ – елемент от координатите на 1-ва подвижна координатна система на центъра на тежестта – $(G\xi\eta\zeta)$;

ζ_g – елемент от абсолютните координати на центъра на тежестта – $(\xi_g \eta_g \zeta_g)$, [4; стр. 6-7, 11].

Прилагат се при избор на активни затихвателни устройства, възпрепятстващи колебанията на PV-съоръжението и пресмятане на мощността на направляващите електродвигатели-фиг. 9, но не са обект на анализ. Коефициентите a и c в лявата страна са получени по метода на Корвин-Круковски [6; стр. 181]. Освен горепосочените величини ζ , ψ , α , β , σ са взети под внимание и X_f – абсцисата на центъра на тежестта по площта на товарната ватерлиния на PV-ПС;

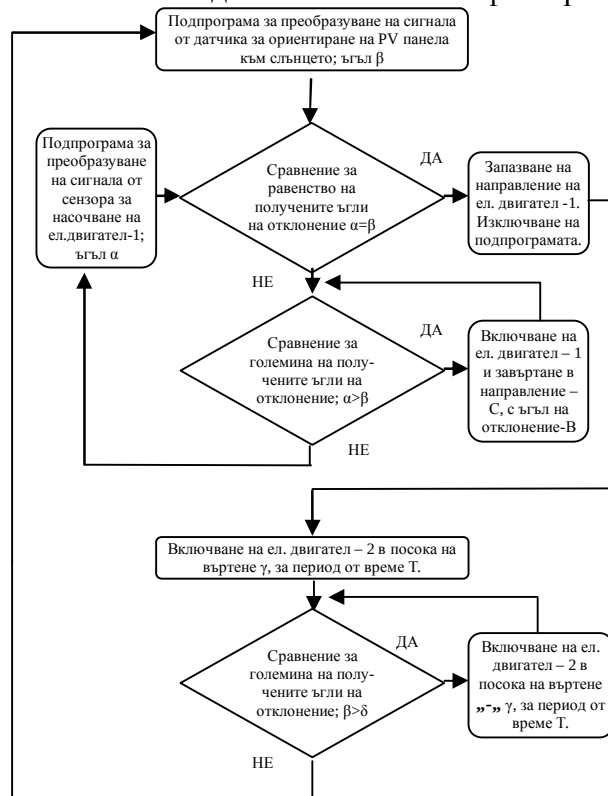


Фиг.11. Блок-схема на програма за управление на позициониране по скорост на вятъра.

На фиг. 9 е показано едно решение с разполагане на направляващи електродвигатели в равнина успоредна на PV-ПС на еднакво разстояние от центъра на тежестта на фотопанела. Сигналят от жирокопите J_1 и J_2 фиг. 10, при отклонение на PV-панела под въздействие на вятър или вълнение, е:

$$E_j(\bar{v}) = f[v_w, M_\Sigma, F_{wph}(v_w, \cos \rho, S_{ph}), t, \tau(t)], \quad (3)$$

където: v_w – моментна скорост на вятъра, $[m/s]$; M_Σ – маса на цялото PV-съоръжение, $[kg]$; F_{wph} – сила на вятъра върху PV-панела (функция на: скоростта на вятъра v_w , косинуса на ъгъла на въздушния поток спрямо PV-панела $\cos \rho$; площта на PV-панела S_{ph}), $[N]$, времето t , $[s]$; $\tau(t)$ – поправъчен коефициент, който включва невзети под внимание фактори.



Фиг. 12. Блок-схема на програма за управление на позициониране по слънцето с ел. двигатели – 1 и 2 на модул за управление.

Поради еднаквото разстояние на което са разположени J_1 и J_2 , следва $E_{j1} = -E_{j2}$, ако PV-ПС се движи само около т. А, фиг.9, 10. Следователно сумата $\Delta_E = E_{j1} + (-E_{j2})=0$ е в идеалния случаи на отместване на PV-ПС, при спокойна водна повърхност, под въздействие само на една величина. Ако $\Delta_E \neq 0$, тогава има отместване и на т. А. Компенсиращото въздействие на съответния електродвигател 1 или 2, ще се управлява от големината и от знака на Δ_{Ej} , фиг. 11. На фиг. 12 е показана примерна блокова схема на подпрограма за управление на направляващ електродвигател от

фиг. 8 по-горе, за ориентиране на PV-панела по слънцето.

III. ИЗВОДИ

1. Осигуряване на минимални колебания на платформата с електродвигатели управлявани от микропроцесорна сензорна система с две цели:

- повишаване ефективността на PV панела от слънцепозиционирането.

- минимален риск за преносната електроинсталация – кабелни, електрически връзки, съединения и др.

2. Ниска еластичност на носещата конструкция на PV панела, съизмерима с тази на силиция, с цел занижаване на пукнатините във PV-материала;

3. Установяването на неподвижност на платформата със система от датчици, респективно електродвигатели за позициониране.

4. Гъвкаво управление на PV панелите при силен вятър, дъжд, градушка. Възможност за реконфигуриране на системата, при екстремни метеорологични условия.

5. Описана е функцията на управление на отклоняващи електродвигатели.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] <http://www.solextra.com>
- [2] Д. Дечев, Слънчеви колектори и системи, Техника, София, 2005.
- [3] T. Kolarov, Statics and dynamics of floating structures. Practical guidance, Varna 2009г.
- [4] А. Н. Холодин, Стабилизация судна на волнении, Изд-во „Судостроение“, Ленинград, 1973г.

За контакти:

инж. Антим Йорданов, гл. асистент в Катедра „Електронна техника и микроелектроника“, ФЕ при ТУ-Варна, ул. Студентска № 1, 207РСС.

инж. Борислав Найденов, гл. асистент д-р. в Катедра „Комуникационна техника и технологии“, ФЕ при ТУ-Варна, ул. Студентска № 1, 405ЕФ.

инж. Емилиян Беков, гл. асистент, д-р. в Катедра „Електронна техника и микроелектроника“, ФЕ при ТУ-Варна, ул. Студентска № 1, 602ЕФ.

Рецензент:

доц. д-р. инж. Венцислав Вълчев – ТУ-Варна.

МЕТОД ЗА АНАЛИЗ НА УСЛОВИЯТА ЗА ПРИВЪРЗВАНЕ НА КОРАБИТЕ КЪМ КЕЯ И ИЗБИРАНЕ НА ВЪРЗАЛНИТЕ ВЪЖЕТА METHOD OF THE CHOSE OF THE SHIP MOORING ROPES

Харалан Хараланов

Резюме: В работата е описан метод за приблизителното оценяване на силите и въжетата при привързване на някои типове кораби към товарния кей.

Ключови думи: корабни вързални устройства, корабни вързални въжета.

Abstract: Some basic principle of the chose of the of the ship mooring ropes is shown in this paper.

Keywords: ship mooring ropes

I. ВЪВЕДЕНИЕ

С нарастване на дедвейта на корабите се увеличават силите от въздействието на външните фактори (силите от вятъра и течението) върху вързалните въжета и оттам върху вързалните устройства като цяло. Както се отбелязва в [2] това води до избиране на вързални въжета с все по-голяма здравина и до увеличаване на броя на въжетата, с които корабът се привързва към вързалния кей. От своя страна увеличаването на здравината води до повишаване на масата и диаметъра на въжетата и поражда трудностите при работа поради загуба на гъвкавост. Увеличаването на броя на въжетата създава проблеми, свързани главно с несъответствието между нарастването на здравината на въжетата и техния брой – увеличаването на броя не води до адекватни резултати, поради което се въвежда коефициент на неравномерност при определяне на необходимата здравина на въжетата [3].

При проектирането на корабите тези пролеми се решават или чрез проверка на различни схеми на трасиране на въжетата от кораба към кея или чрез търсене на методи с повишена точност за определяне на силите и на тази основа да се създадат оптимални условия за работа на вързалните устройства. При корабите с малък и среден тонаж се изследват различни схеми на трасиране на вързалните въжета. При тях има възможност да се разчита на по-голям запас на здравина. При голямотонажните кораби този запас се изчерпва с увеличаване на тонажа и тогава се търсят по-точни методи за определяне на

силите. В [2] е предложен метод за определяне на силите във въжетата на привързан кораб към кей, който условно може да се нарече „метод за определяне на силите във вързалните въжета чрез статически определима задача“. Основният недостатък на метода е, че води до приемането на въжета със сравнително по-голям диаметър и по-голям запас от здравина в сравнение с необходимите. Описаният в [4] метод е пригоден за решаване на задачата за определяне на силите във вързалните въжета (с брой по-голям от 3) чрез решаване на статически неопределима задача. В [5] са посочени някои резултати от реализацията на метода. Чрез него става възможно определянето на силите във всяко вързално въже, с което може да се изследват различни схеми на привързване на корабите. За да бъде пригоден този метод към процеса на проектиране на вързалните устройства е необходимо обвързването му с изискванията на правилата на класификационните организации. Като резултат от това е създаден метод за сравнително точно и бързо определяне на силите във всяко от вързалните въжета при конкретна схема на привързване на кораба. Методът се реализира на РС.

II. АНАЛИЗ НА УСЛОВИЯТА ЗА ПРИВЪРЗВАНЕ НА КОРАБИТЕ КЪМ КЕЯ И ОПРЕДЕЛЯНЕ НА НЕОБХОДИМАТА РАЗКЪСВАЩА СИЛА НА ВЪЖЕТАТА

Същността на метода се заключава в следните последователни стъпки:

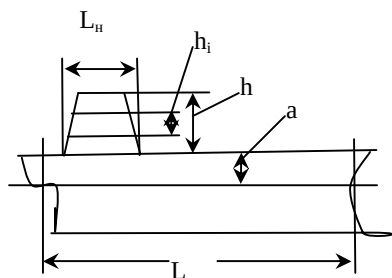
1.Разработване на схема на вързалното устройство и определяне на броя на въжетата $-i$ ($i > n$, където n е минималния брой на въжетата съгласно [1]) и минимално допустимата разкъсваща сила на въжетата F_{pi} [1].

2.Определяне на силите във всяко вързално въже T_i по метода в [4].

3.Определяне на коефициентите на сигурност във всяко въже $k_i = F_{pi}/T_i$. Приемат се въжета с предварително доказан коефициент на сигурност k_i .

За реализиране на метода са изпълнени следните предварителни решения, които позволяват автоматизиране на проектния процес.

2.1.Определяне на характеристиката на снабдяване на кораба – по Фиг. 1



Фиг.1.Към определяне на характеристиката на снабдяване N_i

Съгласно [1] характеристиката на снабдяване на корабите се определя по (1):

$$N_c = \nabla^{2/3} + 2Bh + 0,1A \quad (1)$$

където :

∇ - водоизместване на кораба, m^3 ;

B - широчина на кораба, m ;

A - странична ветрова площ на кораба, m^2 .

$$h = a + \sum h_i$$

Във формулата (1) могат да се направят следните преобразования на съставлящите:

$$\nabla^{2/3} = (c_B L B d)^{2/3} \quad (2)$$

и приблизително $A = La + L_H h$, където

c_B, L, d – съответно коефициент на обща пълнота, дължина и газене на кораба, m ;

L_H – дължина на надстройката, m .

Ако се приемат съотношенията на главните размери по зависимостите (3),

след заместването в (1) може да се получи формула за приблизителното определяне на характеристиката на снабдяване на корабите от вида (4):

$$k = \frac{L}{B}; \quad m = \frac{B}{d}; \quad b = \frac{L_H}{L} \quad (3)$$

$$N_c = PL^2 + QL \quad (4)$$

Където коефициентите P и Q са съответно:

$$P = \frac{c_B^{2/3}}{k^{4/3} m^{2/3}} \quad (5)$$

$$Q = \frac{2}{k}(a + h) + 0,1(a + bh) \quad (6)$$

Съотношенията на главните размери и коефициентите на обща пълнота c_B зависят от типа на корабите

2.2. Определяне на минимално допустимата големина на разкъсващата сила на вързалните въжета в съответствие с [1]

Големината на разкъсващата сила се определя в зависимост от характеристиката на снабдяване N_c , като за изразяване на тази зависимост е прието уравнението на параболата от вида (7)

$$F_p^2 = 2pN_c \quad (7)$$

където p е коефициент на параболата.

При определянето на стойностите на p цялата област на стойностите на N_c е разделена на 5 подгрупи (съответно за минималните и максималните значения на N_c). Стойностите на p при долните и горни граници в приетите интервали за N_c са показани в таблица 1. В същата таблица са дадени в графичен вид и сравненията между значенията, изисквани от правилата на БКР и получените по (7). Изследването на разликите за разкъсващата сила е предмет на специално разглеждане.

По предложения метод са изследвани някои възможни схеми за трасиране на вързалните въжета на три различни кораба. Резултатите са показани в таблици 2,3 и 4, съответно за кораби за генерални товари с dwt 5000 t, 11800 t и за кораб тип ОВО dwt 105000 t. В тези таблици са поместени резултати и данни

по отделните етапи на предложения метод:

- в колона 1- показани са някои от възможните схема на привързване на

корабите с различен брой въжета и ъглите в хоризонталната проекция при трасиране на въжетата.

Таблица 1. Резултати от определяне на коефициента на параболата p

Зависимост	при долни граници на N_c	при горни граници на N_c
$F_p^2 = 2pN_c$ - $p = 9,957$ – при долни граници на $N_c = 50-400$; - $p = 8,418$ – при долни граници на $N_c = 70-450$;	Зависимост на разкъсващата сила на вързалните въжета F_p от характеристиката на снабдяване на корабите N_c / при долни граници $N_c=50-400$/ Големината на разкъсващата сила, F_p, kN Характеристика на снабдяване /при долни граници/, N_c — $F_{p\text{кр}}$ — $F_p=(2*p*N_{c\text{min}})^{0,5}$	Зависимост на разкъсващата сила на вързалните въжета F_p от характеристиката на снабдяване N_c /при горни граници $N_c=70-450$/ Големината на разкъсващата сила, F_p, kN Характеристика на снабдяване /при горни граници/, N_c — $F_{p\text{кр}}$ — $F_p=(2*p*N_{c\text{max}})^{0,5}$
$F_p^2 = 2pN_c$ - $p = 23,474$ – при долни граници на $N_c = 450-1300$; - $p = 21,727$ – при долни граници на $N_c = 500-1390$;	Зависимост на разкъсващата сила на вързалните въжета F_p от характеристиката на снабдяване на корабите /при долни граници $N_c=450-1300$/ Големината на разкъсващата сила, F_p, kN Характеристика на снабдяване /при долни граници/, N_c — $F_{p\text{кр}}$ — $F_p=(2*p*N_{c\text{min}})^{0,5}$	ависимост на разкъсващата сила на вързалните въжета F_p от характеристиката на снабдяване на корабите /при горни граници $N_c=500-1390$/ Големината на разкъсващата сила, F_p, kN Характеристика на снабдяване /при горни граници/, N_c — $F_{p\text{кр}}$ — $F_p=(2*p*N_{c\text{min}})^{0,5}$
$F_p^2 = 2pN_c$ - $p = 41,499$ – при долни граници на $N_c = 1390-2870$; - $p = 38,881$ – при долни граници на $N_c = 1480-2040$;	Зависимост на разкъсващата сила на вързалните въжета F_p от характеристиката на снабдяване на корабите /при долни граници $N_c=1390-2870$/ Големината на разкъсващата сила, F_p, kN Характеристика на снабдяване /при долни граници/, N_c — $F_{p\text{кр}}$ — $F_p=(2*p*N_{c\text{min}})^{0,5}$	Зависимост на разкъсващата сила на вързалните въжета F_p от характеристиката на снабдяване на корабите /при горни граници $N_c=1480-2040$/ Големината на разкъсващата сила, F_p, kN Характеристика на снабдяване /при горни граници/, N_c — $F_{p\text{кр}}$ — $F_p=(2*p*N_{c\text{max}})^{0,5}$

Таблица 1 /продължение/

Зависимост	при долни граници на N_c	при горни граници на N_c
$F_p^2 = 2pN_c$ - $p = 48,553$ – при долни граници на $N_c = 2040-6100$; - $p = 46,162$ – при долни граници на $N_c = 3210-6500$;	Зависимост на разкъсващата сила на вързалните въжета F_r от характеристиката на снабдяване на корабите /при долни граници $N_c=3040-6100$/ Големината на разкъсващата сила, F_r, kN Характеристика на снабдяване/при долни граници/, N_c —♦— F_{rbkr} —■— $F_r=(2*p*N_{cmin})^{0,5}$	Зависимост на разкъсващата сила на вързалните въжета F_r от характеристиката на снабдяване на корабите /при горни граници $N_c=3210-6500$/ Големината на разкъсващата сила, F_r, kN Характеристика на снабдяване /при горни граници/, N_c —♦— F_{rbkr} —■— $F_r=(2*p*N_{cmax})^{0,5}$
$F_p^2 = 2pN_c$ - $p = 48,553$ – при долни граници на $N_c = 6500-14600$; - $p = 46,162$ – при долни граници на $N_c = 6900-16000$;	Зависимост на разкъсващата сила на вързалните въжета F_r от характеристиката на снабдяване на корабите /при долни граници $N_c=6500-14600$/ Големината на разкъсващата сила, F_r, kN Характеристика на снабдяване/при долни граници/, N_c —♦— F_{rbkr} —■— $F_r=(2*p*N_{cmin})^{0,5}$	Зависимост на разкъсващата сила на вързалните въжета F_r от характеристиката на снабдяване /при горни граници $N_c=6900-16000$/ Големината на разкъсващата сила, F_r, kN Характеристика на снабдяване /при горни граници/, N_c —♦— F_{rbkr} —■— $F_r=(2*p*N_{cmax})^{0,5}$

- в колона 2 са показани графиките на изменение на силите във въжетата T_i при условията на схемите в зависимост от скоростта на вятъра.

-в колона 3 е дадена необходимата минимална разкъсваща сила на въжетата F_i , определена съгласно зависимост (7) и данните в таблица 1;

- в колона 4 са дадени коефициентите на сигурност във всяко въже $k_i = \frac{F_{pi}}{T_i}$, при различни скорости на вятъра $v_s (m/s)$.

Таблица 2 . Възможни схеми за трасиране на вързалните въжета при кораб за НТ с 5000 t dwt

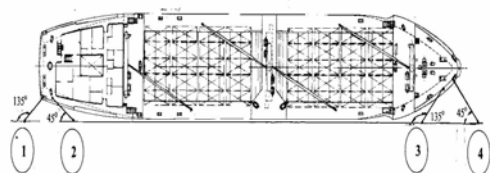
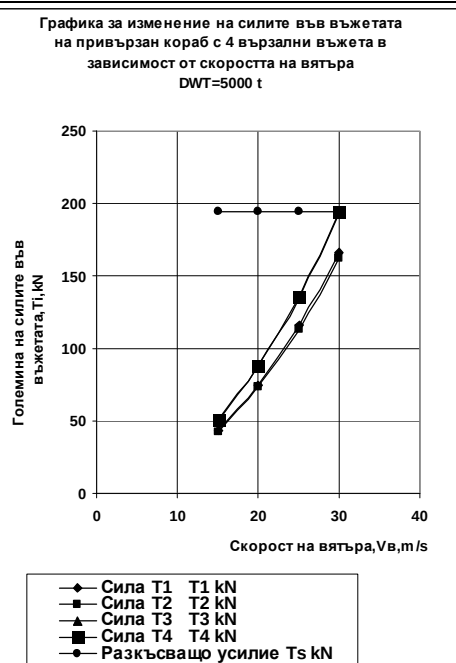
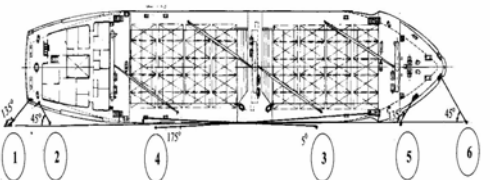
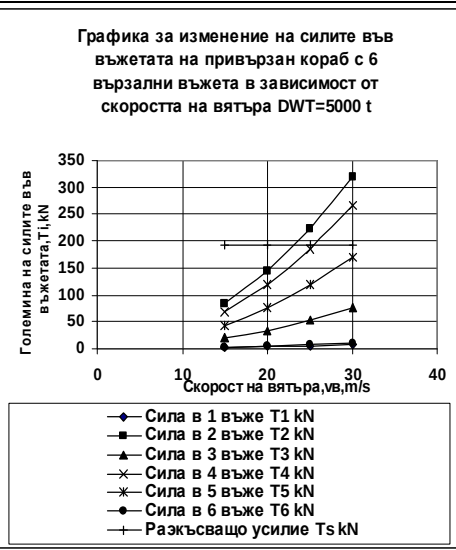
Схема на вързалното устройство	Сили във вързалните въжета, T_i , kN	Разкъсваща сила F_p , kN	Коеф.на сигурност във въжетата, k_i																					
 Дедвейт 5000 t Дължина между перпендикулярите-95,20 m; Широчина на кораба - 16, 00 m; Височина на борда - 8,00 m; Газене - 6,24 m. <table><tr><th>въже</th><th>№1</th><th>№2</th><th>№3</th><th>№4</th></tr><tr><td>x_i,m</td><td>-55,66</td><td>-52,44</td><td>40,33</td><td>44,38</td></tr><tr><td>y_i,m</td><td>4,0</td><td>4,8</td><td>4,8</td><td>1,6</td></tr></table>	въже	№1	№2	№3	№4	x_i ,m	-55,66	-52,44	40,33	44,38	y_i ,m	4,0	4,8	4,8	1,6	Графика за изменение на силите във въжетата на привързан кораб с 4 вързални въжета в зависимост от скоростта на вятъра DWT=5000 t  194 при $V_B=15$ m/s $k_1=4,49$ $K_2=4,58$ $K_3=3,85$ $K_4=3,83$ при $V_B=20$ m/s $k_1=2,59$ $K_2=2,64$ $K_3=2,22$ $K_4=2,20$ при $V_B=25$ m/s $k_1=1,67$ $K_2=1,71$ $K_3=1,44$ $K_4=1,43$								
въже	№1	№2	№3	№4																				
x_i ,m	-55,66	-52,44	40,33	44,38																				
y_i ,m	4,0	4,8	4,8	1,6																				
 Дедвейт 5000 t Дължина между перпендикулярите-95,20 m; Широчина на кораба - 16, 00 m; Височина на борда - 8,00 m; Газене - 6,24 m. <table><tr><th>въже</th><th>№1</th><th>№2</th><th>№3</th><th>№4</th><th>№5</th><th>№6</th></tr><tr><td>x_i, m</td><td>-55,6</td><td>-52,4</td><td>-27</td><td>29,85</td><td>40,33</td><td>44,3</td></tr><tr><td>y_i, m</td><td>4,0</td><td>4,8</td><td>6,8</td><td>6,8</td><td>4,8</td><td>1,6</td></tr></table>	въже	№1	№2	№3	№4	№5	№6	x_i , m	-55,6	-52,4	-27	29,85	40,33	44,3	y_i , m	4,0	4,8	6,8	6,8	4,8	1,6	Графика за изменение на силите във въжетата на привързан кораб с 6 вързални въжета в зависимост от скоростта на вятъра DWT=5000 t  194 при $V_B=15$ m/s $k_1=88,18$ $K_2=2,33$ $K_3=9,86$ $K_4=2,81$ $K_5=4,40$ $K_6=64,88$ при $V_B=20$ m/s $k_1=50,79$ $K_2=1,34$ $K_3=5,68$ $K_4=1,62$ $K_5=2,54$ $K_6=37,52$ при $V_B=25$ m/s $k_1=32,72$ $K_2=0,87$ $K_3=3,65$ $K_4=1,05$ $K_5=1,64$ $K_6=24,4$		
въже	№1	№2	№3	№4	№5	№6																		
x_i , m	-55,6	-52,4	-27	29,85	40,33	44,3																		
y_i , m	4,0	4,8	6,8	6,8	4,8	1,6																		

Таблица 3. Възможни схеми за трасиране на вързалните въжета при кораб за НТ с 11800 t dwt

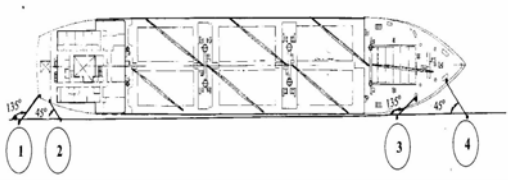
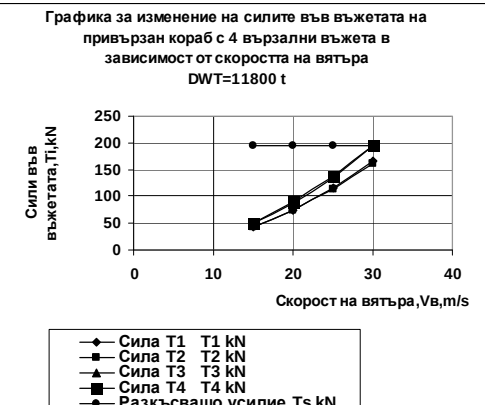
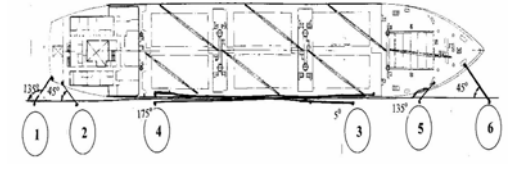
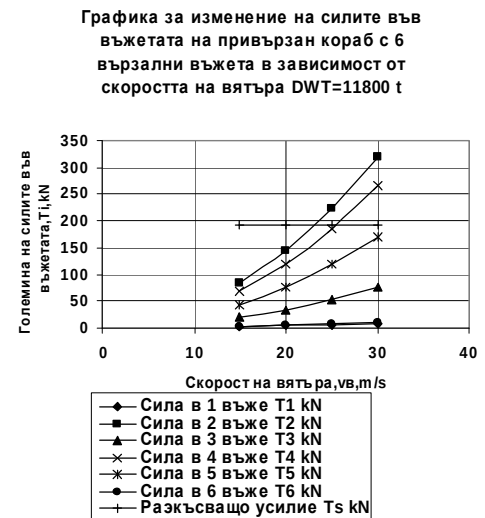
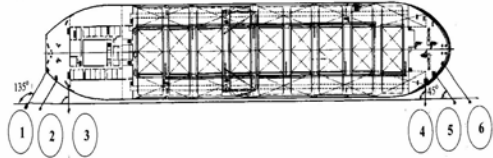
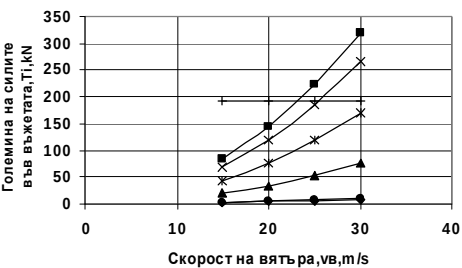
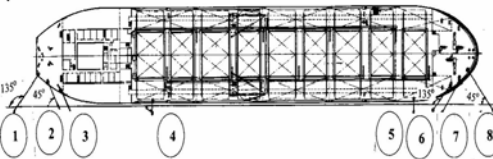
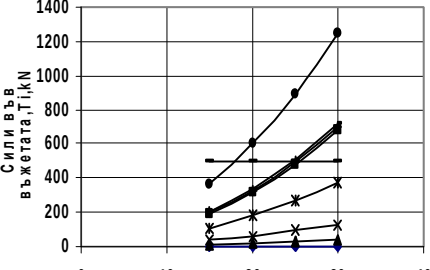
Схема на вързалното устройство	Сили във вързалните въжета, T_i , kN	Разкъсваща сила F_p , kN	Коеф. на сигурност във въжетата, k_i																					
 Дедвейт 11800 t Дължина между перпендикулярите-134,40 m; Широчина на кораба - 21, 50 m; Височина на борда - 11,30 m; Газене - 8,44 m. <table><tr><th>въже</th><th>№1</th><th>№2</th><th>№3</th><th>№4</th></tr><tr><td>x_i, m</td><td>-73,00</td><td>-68,62</td><td>58,40</td><td>65,70</td></tr><tr><td>y_i, m</td><td>6,53</td><td>7,26</td><td>6,53</td><td>4,35</td></tr></table>	въже	№1	№2	№3	№4	x_i , m	-73,00	-68,62	58,40	65,70	y_i , m	6,53	7,26	6,53	4,35	Графика за изменение на силите във въжетата на привързан кораб с 4 вързални въжета в зависимост от скоростта на вятъра DWT=11800 t 	237	при $V_v=15$ m/s $k_1=2,88$ $K_2=2,97$ $K_3=2,74$ $K_4=2,69$ при $V_v=20$ m/s $k_1=1,66$ $K_2=1,71$ $K_3=1,58$ $K_4=1,55$ при $V_v=25$ m/s $k_1=1,08$ $K_2=1,11$ $K_3=1,02$ $K_4=1,00$						
въже	№1	№2	№3	№4																				
x_i , m	-73,00	-68,62	58,40	65,70																				
y_i , m	6,53	7,26	6,53	4,35																				
 Дедвейт 11800 t Дължина между перпендикулярите-134,40 m; Широчина на кораба - 21, 50 m; Височина на борда - 11,30 m; Газене - 8,44 m. <table><tr><th>въже</th><th>№1</th><th>№2</th><th>№3</th><th>№4</th><th>№5</th><th>№6</th></tr><tr><td>x_i, m</td><td>-73,0</td><td>-68,62</td><td>36,5</td><td>5</td><td>58,4</td><td>65,7</td></tr><tr><td>y_i, m</td><td>6,53</td><td>7,26</td><td>11,62</td><td>11,62</td><td>6,53</td><td>4,35</td></tr></table>	въже	№1	№2	№3	№4	№5	№6	x_i , m	-73,0	-68,62	36,5	5	58,4	65,7	y_i , m	6,53	7,26	11,62	11,62	6,53	4,35	Графика за изменение на силите във въжетата на привързан кораб с 6 вързални въжета в зависимост от скоростта на вятъра DWT=11800 t 	237	при $V_v=15$ m/s $k_1=4,17$ $K_2=2,45$ $K_3=3,05$ $K_4=2,19$ $K_5=3,0$ $K_6=2,92$ при $V_v=20$ m/s $k_1=2,40$ $K_2=1,42$ $K_3=1,76$ $K_4=1,27$ $K_5=1,73$ $K_6=1,69$ при $V_v=25$ m/s $k_1=2,55$ $K_2=0,92$ $K_3=1,14$ $K_4=0,82$ $K_5=1,12$ $K_6=1,09$
въже	№1	№2	№3	№4	№5	№6																		
x_i , m	-73,0	-68,62	36,5	5	58,4	65,7																		
y_i , m	6,53	7,26	11,62	11,62	6,53	4,35																		

Таблица 4. Възможни схеми за трасиране на вързалните въжета при кораб за НТ с 105000 t dwt

		Сили във вързалните въжета, T_i , kN		Разкъсваща сила F_p , kN	Коеф.на сигурност във вързелата, k_i																											
 Дедвейт 105000 t Дължина между перпендикулярите-236,00 m; Широчина на кораба - 38,70 m; Височина на борда -22,00 m; Газене -16,00 m. <table><tr><th>въже</th><th>№1</th><th>№2</th><th>№3</th><th>№4</th><th>№5</th><th>№6</th></tr><tr><td>x_i, m</td><td>-122,93</td><td>-118,00</td><td>-112,12</td><td>105,23</td><td>113,10</td><td>118,00</td></tr><tr><td>y_i, m</td><td>7,74</td><td>9,675</td><td>10,64</td><td>13,51</td><td>9,67</td><td>5,8</td></tr></table>		въже	№1	№2	№3	№4	№5	№6	x_i , m	-122,93	-118,00	-112,12	105,23	113,10	118,00	y_i , m	7,74	9,675	10,64	13,51	9,67	5,8	Графика за изменение на силите във вързелата на привързан кораб с 6 вързални въжета в зависимост от скоростта на вятъра DWT=105000 t 		500	при $V_B=15$ m/s $k_1=7,07$ $K_2=6,27$ $K_3=4,95$ $K_4=4,67$ $K_5=6,62$ $K_6=6,61$ при $V_B=20$ m/s $k_1=4,17$ $K_2=3,81$ $K_3=2,96$ $K_4=2,81$ $K_5=3,94$ $K_6=3,93$ при $V_B=25$ m/s $k_1=2,72$ $K_2=2,59$ $K_3=1,95$ $K_4=1,88$ $K_5=2,59$ $K_6=2,59$						
въже	№1	№2	№3	№4	№5	№6																										
x_i , m	-122,93	-118,00	-112,12	105,23	113,10	118,00																										
y_i , m	7,74	9,675	10,64	13,51	9,67	5,8																										
 Дедвейт 105000 t Дължина между перпендикулярите-236,00 m; Широчина на кораба - 38,70 m; Височина на борда -22,00 m; Газене -16,00 m. <table><tr><th>въже</th><th>№1</th><th>№2</th><th>№3</th><th>№4</th><th>№5</th><th>№6</th><th>№7</th><th>№8</th></tr><tr><td>x_i, m</td><td>-122,93</td><td>-118,00</td><td>-112,12</td><td>62,94</td><td>10,94</td><td>1,13</td><td>1,13</td><td>1,13</td></tr><tr><td>y_i, m</td><td>7,74</td><td>9,675</td><td>10,64</td><td>17,41</td><td>17,41</td><td>13,54</td><td>9,67</td><td>5,8</td></tr></table>		въже	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7	№8	x_i , m	-122,93	-118,00	-112,12	62,94	10,94	1,13	1,13	1,13	y_i , m	7,74	9,675	10,64	17,41	17,41	13,54	9,67	5,8	Зависимост на силите във вързалните въжета на привързан кораб с 8 въжета от скоростта на вятъра, DWT=105000 t 		500	при $V_B=15$ m/s $k_1=54,55$ $K_2=2,63$ $K_3=44,11$ $K_4=13,49$ $K_5=4,60$ $K_6=1,36$ $K_7=2,54$ $K_8=2,48$ при $V_B=20$ m/s $k_1=271,74$ $K_2=1,57$ $K_3=26,59$ $K_4=8,14$ $K_5=2,80$ $K_6=0,83$ $K_7=1,52$ $K_8=1,48$ при $V_B=25$ m/s $k_1=180,51$ $K_2=1,04$ $K_3=17,78$ $K_4=5,44$ $K_5=1,88$ $K_6=0,56$ $K_7=1,0$ $K_8=0,98$
въже	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7	№8																								
x_i , m	-122,93	-118,00	-112,12	62,94	10,94	1,13	1,13	1,13																								
y_i , m	7,74	9,675	10,64	17,41	17,41	13,54	9,67	5,8																								

III. ИЗВОДИ

От резултатите, обобщени и представени на фигурите, могат да се направят следните по-важни изводи:

1. Представеният в [4] и доразвит в тази работа метод позволява да се изследват действителните (или близки до действителните) сили във всяко вързално въже в зависимост от много фактори, определящи схемата на привързване на корабите към кея чрез решаване на статически неопределими задачи при различни скорости на вятъра. По такъв начин може да се извърши изследване на поведението на корабните вързални устройства.

2. Направеният в т.1 извод има важно значение тъй като позволява да се изследват силите, които са различни за всяко вързално въже (при дадена схема на трасиране на въжетата) и следователно при всяко въже ще има различен коефициент на сигурност. От таблиците може да се види, че при определена схема на привързване на корабите, някои от приетите въжета с еднакъв диаметър, при различни скорости на вятъра, няма да издържат на натоварването. Това означава, че в процеса на проектиране може да се разполага с метод, с който да се проучи поведението на вързалното устройство и да се даде предписание за реализиране на схеми за привързване на кораба и за избягване на рисковото поведение на устройството.

3. Целесъобразно е да се извършат изследвания относно точността на предложения метод.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1]. Български корабен регистър. Правила за класификация и строеж на морски кораби, Варна.
- [2]. Гурович А.В. и др. Справочник по судовым устройствам, Л., Судостроение, 1975
- [3]. Погосов С.Г. Швартовка крупнотонажных судов, М., Транспорт, 1975.
- [4]. Трендафилов Хр., Х. Хараланов. Силов метод за изчисляване на статически неопределими групи от вързални въжета, Сборник НС на ТУ-Варна, 2000.
- [5]. Хараланов Х., Хр. Трендафилов. Някои резултати от изследване на поведението на корабните вързални въжета при отчитане на удълженията им. Сборник НС на ТУ-Варна, 2000.

За контакти: инж. Харалан Хараланов, доцент д-р в Катедра "Корабостроене" при КФ на ТУ-Варна, ул. Студентска № 1, 234УПБ
e-mail: hharalanow@abv.bg

Рецензент: доц. д-р инж. Христо Димов Трендафилов, ТУ-Варна

ИЗСЛЕДВАНЕ НА ВЪЗМОЖНОСТИТЕ ЗА СЪКРАЩАВАНЕ ВРЕМЕТО ЗА ДЕБАЛАСТИРАНЕ НА ТАНКЕР

RESEARCH ON THE POSSIBILITIES OF REDUCING THE TIME REQUIRED FOR TANKER DE-BALLASTING

Никола Петров, Владимир Йорданов, Иван Иванов, Фатих Дениз

Резюме: Времето необходимо за дебаластиране е една от важните характеристики на танкерите, тъй като влияе съществено на ефективността им. Поради необходимостта от изхвърляне на големи маси вода за кратко време се прилага паралелна работа на високо-производителни центробежни помпи. За да се нагодят максимално характеристиките на помпите, към изменящото се в големи граници ниво в баластните танкове, напоследък се прилага електрозадвигване с честотно модулиране на оборотите. Такъв е и случаят с баластната система на нефтен танкер, чийто проблем се състои в намаляване на времето за дебаластиране, съгласно изискванията на клиента.

Ключови думи: баластна система, помпи, време за дебаластиране.

Abstract: The time required for de-ballasting is one of the important characteristics of a tanker, as it has a significant influence on their effectiveness. Due to the need for disposal of large amounts of water for a short period of time, parallel operation of high-performance centrifugal pumps is applied. For maximum adjustment of the pump's characteristics to the changing in a wide range level in ballast tanks, electric drive with frequency modulation of revolutions, recently is applied. Such is the case with the ballast system of an oil tanker whose problem is to reduce the time for de-ballasting, in accordance with customer requirements.

Keywords: ballast system, pumps, time of the de-ballasting.

I. ВЪВЕДЕНИЕ

Американска корабостроителна фирма изгражда несамоходен танкер за суров нефт, но има проблем с удовлетворяване изискванията на клиента по отношение на допустимото време за дебаластиране. В стремежа си да се вмести в зададения лимит от 9 часа, прилагайки определен тип потопяеми помпи, фирмата-проектант е направила изчисленията си при положение, че задвижването се осъществява с електродвигатели с честотно модулиране на оборотите. За да достигне максимално възможния дебит е предвидено степенчато намаляване на оборотите, в зависимост от спадането на нивото в баластните танкове, от там и подпора с който работят помпите.

Предвиденият метод за регулиране на оборотите в зависимост от момента на възникване на кавитация, по характерен шум в помпите, е крайно ненадежден, тъй

като последните са недостъпни и разположени дълбоко в танковете, а електродвигателите са на палубата. По тази причина клиентът иска да се увеличи броят на баластните помпи от 2 на 4 (по две на всеки борд), като новите помпи са от същия тип, за което е необходимо да се коригира принципната схема на баластната система и да се преизчисли новото време за дебаластиране.

В тази връзка Корабостроителната фирма представя исканията на клиента и условията, на които трябва да отговарят проектните и изчислителни процедури в свое писмо „DEBALLASTING CRITERIA”. Накратко, насоките за корекция са следните:

1. Новите помпи трябва да бъдат от същата марка и модел, както настоящите помпи. Това включва VFD двигатели(с честотно модулиране на оборотите). Предните(към носа на кораба) помпи ще бъдат свързани с цистерните за баласт 1, 2

и 3, P/S. В допълнение към цистерните от ляв и десен борд (горни и долни), един изолиращ (отсичащ) вентил ще бъде поставен в съществуващата магистрала, за разделяне на предната и задната част от тръбопровода.

2. Всички изпомпващи операции да бъдат в допустим диапазон на ефективност. Например, при 80-115% от най-голямата по ефективност точка (ANSI / HI 9.6.3-1997). Или в съотношение от 1,3 от NPSH_r или с резерв от 5 фута (NPSH_r+5), в зависимост от това кое е по-голямо (ANSI / HI 9.6.1-1998). Маржът (съотношението) се определя като NPSH_a / NPSH_r.

3. Дизайнът на новата помпа да бъде, като този на кърмовата помпа. Отбелязва се, че програмата "Flowserve" е посочила, че вихър елиминаторите в рамките на помпата не са задължителни.

4. Максималният капацитет на изпомпване е 5000 GPM във всяка точка на симулацията. (Това налага използването на ниски обороти при липса на «ПОДПОР»).

5. Максималната честота на въртене трябва да бъде 1770 оборота в минута при за всяка точка от изчисленията. (Това е оригиналната избрана скорост в об/мин. Въпреки това, помпата може да бъде задвижвана с честота на въртене до 1900 об/мин).

6. На ляв и десен борд танковете се считат симетрични. Изчисленията се провеждат за помпи от лявата страна, тъй като дясното изпълнение ще се разглежда като аналогично.

7. Съгласно изчисленията се счита, че корабът трябва да бъде на равен кил и газене 20,5 фута (6,2 метра), без диферент и без крен.

8. Долната част на смукателя е 2,5 инча над дъното на танка.

9. Изпомпването се осъществява, докато има приблизително 4 инча течност, останала за всеки резервоар. Това се приема за една практическа граница. Баластните цистерни 1 и 2 ще имат пълно изтичане в долния танк, така че няма да има остатъчна течност в горните танкове.

10. В началото на изчисленията танковете се считат за 100% пълни.

Принципната схема на баластната система представена от корабостроителната фирма, има вида показан на фиг.1.а.

II. АНАЛИЗ

1. За да се пристъпи към преизчисляване на системата трябва да се установи физическият смисъл на параметъра NPSH_a, чиято стойност не трябва да бъде по-малка от NPSH_r.

Този параметър не съществува в методиките прилагани за изчисляване на помпени системи в използваната у нас литература [1], [2]. Съгласно [3] тези параметри са следните:

NPSH_a - Net Positive Suction Head Available - Абсолютно положително налягане в зоната на засмукване, във футове.

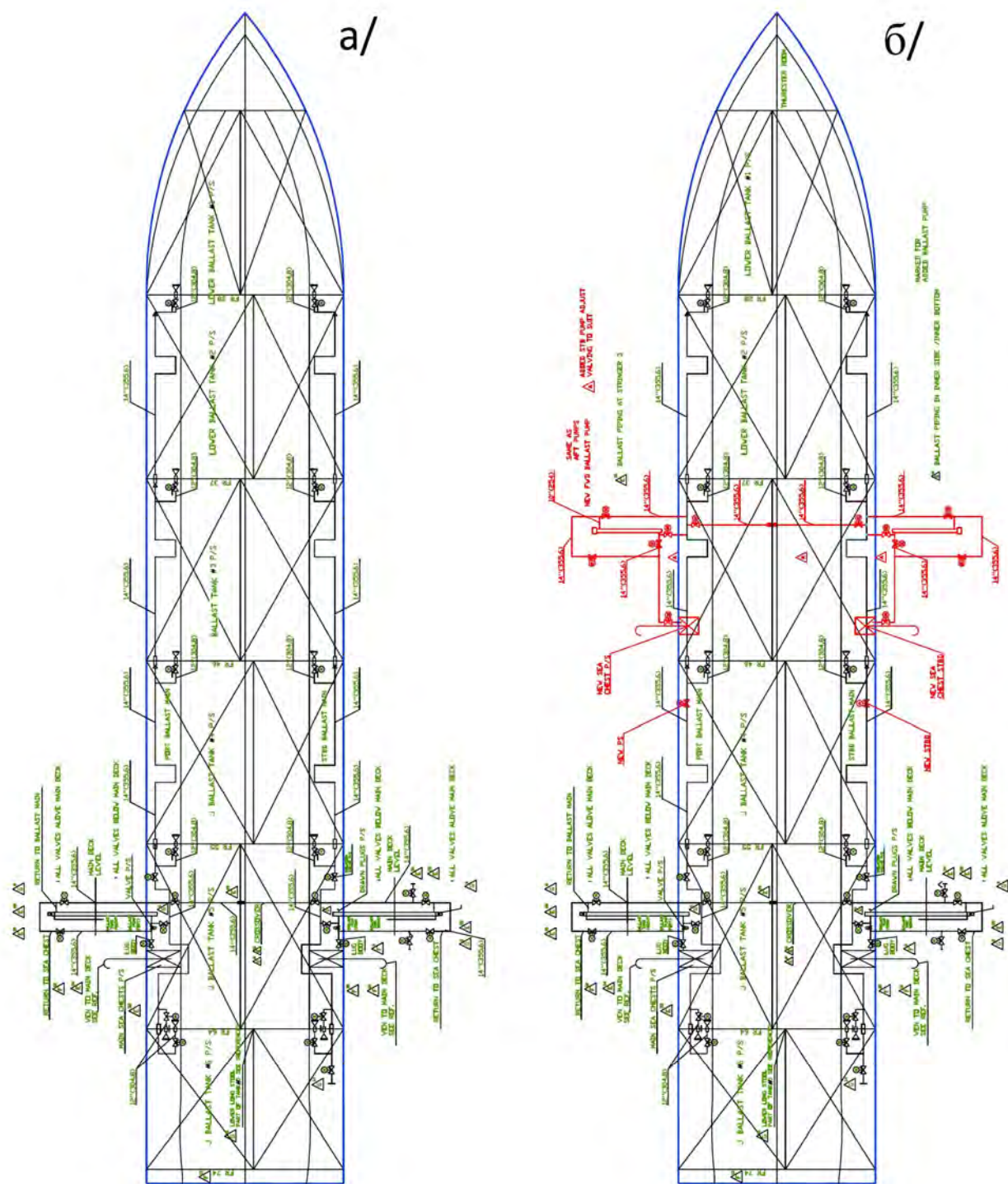
$$NPSH_a = \text{Atmospheric Pressure (-)} + \text{Elevation Correction (-)} - \text{Vapor Pressure (+)}$$

Suction Head (Atmospheric Pressure = 33,96 ft)

Аналогичен параметър на NPSH_r прилаган в методиките и проспектите у нас е допустимата вакууметрична височина на помпите - Нвак.доп.

2. Преди да се пристъпи към удовлетворяване изискванията на клиента, в съответствие с условията посочени в „DEBALLASTING CRITERIA” и принципната схема да бъде преработена (във вида от фиг.1.б), трябва да бъдат упоменати следните съображения - в съответствие с точки 1, 2 и 3:

2.1 Използването на посочения тип помпи (артезиански помпи) не е характерно за баластните системи. Такива помпи се прилагат предимно при продуктовозите и химикаловозите, като във всеки танк се спуска отделна помпа, засмукваща директно от танка, без смукателна магистрала. Прилагането им в дадения случай е възможно, но не е най-удачното.



Фиг. 1. Принципна схема на баластната система:
 а/ стар вариант на системата
 б/ нов вариант на системата

2.2 Ако се налага непременно да се прилагат потопяеми помпи, по-добри са центробежните помпи с хидрозадвигване, или такива монтирани в изолирани отсеци.

2.3 Не е удачно използването на този тип помпи, защото конструкцията им изисква, особено в края на процеса на дебаластиране, излишно да се издига водата до главна палуба, на височина ~56 ft и след това да се спуска. Тогава, в горния край на тръбопровода се появява дълбок вакуум и в резултат на сифонния ефект има опасност от прекъсване на потока.

2.4 По отношение на първоначалния вариант с 2 помпи, задвижвани с DVD мотори, въпреки подробната „имитация“, процесът е твърде уязвим по отношение на кавитация. Предложеният вариант за коригиране на оборотите, при появяване на характерния шум от кавитацията е крайно ненадежден и неприложим. Особено като се има предвид квалификацията на екипажа на един несамоходен кораб.

2.5 Задвижването с DVD мотори излишно оскъпява проекта, тъй като цената се увеличава приблизително двойно. От друга страна помпите не са особено удачно подбрани - би трябвало да са с по-голям дебит Q и по-малък напор (Total Head).

3. Въпреки всичко, при дадените обстоятелства ще бъде направен опит за определяне времето за дебаластиране.

Тъй като липсват данни за хидравличните характеристики на системата, такива като коефициенти на местни съпротивления и най-вече коефициентът на хидравлично триене за прилаганите тръби от полиестерна смола, армирана със стъкловлакна, ще бъде решена обратната задача. По посочените резултати за загубите при определен дебит, от фирмената таблица на „EXCEL“, ще бъде определен обобщения коефициент на съпротивление за определени участъци от системата.

3.1. Определяне на ξ_{suct} за изпомпване само на танкове 1, 2 и 3 през смукателния участък на системата :

Време 8ч 30мин

$Q = 3861 \text{ gal/min}$ – от графиката (curve 3579 – $n=1500 \text{ rpm}$)

$$\text{NPSHa} = H_{\text{atm.pr.}} - H_{\text{vapor.pr.}} - h_{\text{liquid}} - h_{\text{frict}}$$

The NPSH available in a suction lift system is: Atmospheric Pressure (-) Vapor Pressure (-) Liquid Ht (-) Friction in the Suction Line

$$h_{\text{frict.}} = H_{\text{atm.pr.}} - H_{\text{vapor.pr.}} - h_{\text{liquid}} - \text{NPSHa}$$

където:

$$H_{\text{atm.pr.}} = 33,96 \text{ ft}; H_{\text{vapor.pr.}} \approx 1 \text{ ft} (t = 25^\circ\text{C})$$

$$h_{\text{liquid}} = 0,86 \text{ ft за 4 танк (най-ниското ниво)}$$

$$\text{NPSHa} = 22 \text{ ft (от таблицата EXCEL)}$$

$$h_{\text{frict.}} = H_{\text{atm.pr.}} - H_{\text{vapor.pr.}} - h_{\text{liquid}} - \text{NPSHa} = 10,1 \text{ ft} = 3,08 \text{ m}$$

$$h_{\text{frict.}} = \xi_{\text{suct}}(456) \cdot V^2 / (2 \cdot g) \quad g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$\text{но } V = Q/F = 0,243/0,1 = 2,43 \text{ m/s,}$$

$$\text{където: } Q = 3861 \text{ gallon/min} = 0,243 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$F = \pi \cdot d^2 / 4 = \pi \cdot (14 \text{ inch} \cdot 2,54/100)^2 / 4 = 0,099315 \approx 0,1 \text{ m}^2$$

3.2. Определяне на необходимото време за дебаластиране при изпомпване с 4 помпи от тип 13LSPR ($n = 1770 \text{ RPM}$ Curve 3579), при което в началото изпомпването става с дебит $Q=4600 \text{ gpm}$, а от определен момент до края с дебит $Q=3200 \text{ gpm}$.

Съгласно новите изисквания №2 (DEBALLASTING CRITERIA), производителността на помпата трябва да е в пределите 80-115 % от номиналната, т.е. при максимален КПД.

За помпа с $n=1770$ об/мин :

$$Q_{\text{ном}} = 4000 \text{ gal/min}$$

$$\text{Efficiency(КПД)} = 72 \%$$

$$Q_{\text{max}} = 1,15 \cdot 4000 = 4600 \text{ gal/min}$$

$$Q_{\text{min}} = 0,8 \cdot 4000 = 3200 \text{ gal/min}.$$

За да се определи минималното ниво до което помпата може да работи с дебит $Q=4600 \text{ gal/min}$ изхождаме от минимално допустимото налягане $NPSH_a$, което съгласно изискване №3 (7801 – DEBALLASTING CRITERIA) е равно на 1,3 от $NPSH_r$ или равно на $NPSH_r + 5$, в зависимост от това кое е по-голямо. От това изискване се получава, че:

$$NPSH_a > \text{or} = 34 \text{ ft}$$

От формулата за $NPSH_a$:

$$NPSH_a = H_{\text{atm.pr.}} - H_{\text{vapor.pr.}} + h_{\text{liquid}} - h_{\text{frict.}}$$

$$h_{\text{liquid}} = NPSH_a - H_{\text{atm.pr.}} + H_{\text{vapor.pr.}} + h_{\text{frict.}}$$

$$\text{Където: } H_{\text{atm.pr.}} = 33,96 \text{ ft}$$

$$H_{\text{vapor.pr.}} \approx 1 \text{ ft} - \text{при } t=25^\circ\text{C}$$

$$NPSH_a \approx 34 \text{ ft}$$

$$h_{\text{frict}} = \xi_{\text{suct}} \cdot V^2 / (2g)$$

$$\xi_{\text{suct}} = 10,2 - \text{от параграф I}$$

$$Q = 4600 \text{ gal/s}$$

$$Q = 4600 \cdot 0,00378 / 60 = 0,289 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = Q / F = 0,289 / 0,1 = 2,89 \text{ m/s}$$

$$(F = \pi \cdot d^2 / 4 \text{ при } d = 12 \text{ inch})$$

$$H_{\text{frict}} = 10,2 \cdot (2,89)^2 / (2 \cdot 9,81) = 4,342 \text{ m}$$

$$H_{\text{frict}} = 4,342 / (30,48 / 100) = 14,2456 \text{ ft}$$

$$h_{\text{liquid}} = NPSH_a - H_{\text{atm.pr.}} + H_{\text{vapor.pr.}} + h_{\text{frict.}}$$

$$h_{\text{liquid}} = 34 - 33,16 + 1 + 14,246 = 16,086 \text{ ft}$$

$$h_{\text{liquid head}} = 16,1 \text{ ft}$$

От получения резултат се получава, че помпата може да работи с

производителност 4600 gal/min , докато нивото в танк №4 стане **16,1 ft**.

Показанията на вакуумера монтиран на помпата:

$$h_{\text{vacuum}} = NPSH_a - H_{\text{atm.pr.}} = -33,96 + 34 = 0,04 \text{ ft}$$

но от друга страна:

$$h_{\text{vacuum}} = h_{f2\text{-suct}} + h_{\text{liquid}} \approx 0$$

$$\text{т.е. } h_{\text{frict}} \approx h_{\text{liquid}}$$

За да не се допусне работа на помпата с повече от 4600 gal/min при $n=1770 \text{ rpm}$, каквото е изискването 2 (по-малко или равно на 114 %), трябва да се следи разликата между показаниято на мано-вакууметъра поставен на смукателния фланец на помпата и показаниято на нивомера да е близко до нулата. Това ще означава, че загубите от триене в смукателния тракт ще са равни $\approx 13,22 \text{ ft}$, което отговаря на дебит 4600 gal/min .

Регулирането се постига посредством притваряне на регулиращия клапан монтиран след помпата. След достигане на ниво от около **16,1 ft** регулиращият клапан се притваря до достигане дебит от 3200 gal/min , т.е. 80 % от максималния.

В този случай, в най - уязвимия режим, когато h_{liquid} стане ≈ 0 , т.е. приближи 4 ft , необходимото налягане $NPSH_a$ ще бъде равно на:

$$NPSH_a = H_{\text{atm.pr.}} - H_{\text{vapor.pr.}} + h_{\text{liquid}} - h_{\text{frict.}}$$

$$h_{\text{frict}} = \xi_{\text{suct}} \cdot V^2 / (2g); \quad \xi_{\text{suct}} = 10,2$$

$$V = Q / F = 0,2016 / 0,1 = 2,43 \text{ m/s},$$

$$\text{където: } Q = 3200 \text{ gallon/min} = 0,2016 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$F = \pi \cdot d^2 / 4 = \pi \cdot (14 \text{ inch} \cdot 2,54 / 100)^2 / 4 = 0,099315 \approx 0,1 \text{ m}^2$$

$$h_{\text{frict}} = \xi_{\text{suct}} \cdot V^2 / (2g) = 2,11 \text{ m} = 6,88 \text{ ft}$$

$$NPSH_a = 33,96 - 1 + 0 - 6,88 = 26,08 \text{ ft}$$

$$NPSH_a = 26 \text{ ft} > NPSH_2 + 5$$

$$NPSH_2 = 14 \text{ ft}$$

За да се поддържа дебит около 3200 gal/min е необходимо разликата в показанията във футове воден стълб между това на вакууметъра и нивомера да не надвишава 7 ft воден стълб.

$$t = V/Q \text{ часа}$$

$$t_{4600-T 456} = 1,93 \text{ часа} \quad Q = 4600 \text{ gal/min}$$

$$V_{3200-T 456} = 125995 \text{ ft}^3 \quad Q = 3200 \text{ gal/min}$$

$$t_{3200-T 456} = 125995 \cdot 7,48 / (3200 \cdot 60) = 4,9 \text{ часа}$$

$$t_{06-T 456} = 1,93 + 4,9 = 6,83 \text{ часа}$$

$$V_{4600-T 123} = 98197 \text{ ft}^3 \quad Q = 3200 \text{ gal/min}$$

$$Q = 4600 \text{ gal/min}$$

$$t_{3200-T 123} = 98197 \cdot 7,48 / (3200 \cdot 60) = 3,82 \text{ часа}$$

$$t_{4600-T 123} = 57835 \cdot 7,48 / (4600 \cdot 60) = 1,57 \text{ часа}$$

$$t_{06} = 3,82 + 1,57 = 5,39 \text{ часа}$$

При спазване на по-горе посочените изисквания за регулиране, с цел поддържане на дебит $Q = 4600 \text{ gal/min}$ до ниво $h_{\text{liquid head}} = 16,1 \text{ ft}$, съответно 3200 gal/min до ниво $h_{\text{liquid head}} = 0 \text{ ft}$, времето за дебалансиране ще е съответно:

$$t \text{ за танкове } 456 = 6,83 \text{ часа}$$

$$t \text{ за танкове } 123 = 5,39 \text{ часа}$$

III. ИЗВОДИ

Полученото време за дебалансиране и на двете групи танкове е значително по-малко от изискваните 8-9 часа.

Следенето на показанията на мановакууметъра (монтиран на смукателния фланец на помпата) и на нивомера за нивото на баласта, е един надежден начин за гарантиране на изискваната производителност, при това не е необходима промяна на оборотите на помпата.

Предложеният метод за следене и регулиране на помпата при постоянни

обороты и само с притваряне на регулиращия клапан, е много по-лесно реализуем и надежден метод, отколкото следенето на момента на възникване на кавитация по характерния шум и от там коригиране на оборотите, както е в предишния проект.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1]. Геров В. Помпи, компресори и вентилатори. София, ДИ-Техника. 1979.
- [2]. Хараланов Х., Петров Н. Корабни системи. Ръководство за курсово проектиране. Варна. ВМЕИ-Варна, 1987, 2004.
- [3]. <http://www.pumpworld.com/npsa>

За контакти:

инж. Никола Петров, доцент д-р в Катедра "Корабостроене" при КФ на ТУ-Варна, ул. Студентска № 1
e-mail: n_petrov@abv.bg

инж. Владимир Йорданов, асистент д-р в Катедра "КММ" при КФ на ТУ-Варна, ул. Студентска № 1
e-mail: vla_jord@yahoo.com;

инж. Иван Иванов, доцент д-р в Катедра "Корабостроене" при КФ на ТУ-Варна, ул. Студентска № 1
e-mail: ivan_kf2002@yahoo.com

инж. Фатих Дениз
e-mail: inebolu_fatih@hotmail.com;

Рецензент:

доц. д-р. инж. Харалан Хараланов
Катедра "Корабостроене" при КФ на ТУ-Варна, ул. Студентска № 1

ОТНОСИТЕЛНО ТЕГЛО НА ГРЕДИ СПРЯМО ДОПУСТИМИЯ ЗА ТЯХ ТОВАР

RELATIVE WEIGHT OF BEAMS RELATED TO THEIR ALLOWABLE LOAD

Теодора Андреева – Недялкова, Христо Трендафилов

Резюме: При проектирането на елементите на всякакви инженерни съоръжения и в частност на тези на корабния корпус се цели удовлетворяването на якостните изисквания да става при минимален разход на материал. Представят се резултати за отношението на теглото на вложения материал към допустимия товар за най-често срещаните в корабостроенето греди.

Ключови думи: якостно изчисляване на греди, относително тегло на греди, натоварване на греди;

Abstract: The main purpose of the designer by the dimensioning of the elements of engineering constructions and particular the ship's construction always is to satisfy the strength requirements using minimum material. In the present paper are presented the results of calculation of the relationship between weight and permissible load of the beams, most used in the shipbuilding.

Key words: strength calculations of beams, relative weight of beams, load of beams;

I. ВЪВЕДЕНИЕ

При оразмеряването на елементите на която и да е конструкция, стремежът винаги е удовлетворяването на изискванията по отношение на нейната якост и функционалност да става при минимален разход на материал.

В настоящия доклад ще бъдат преведени резултати за относителното тегло на греди спрямо максималния товар, който те могат да поемат.

Разгледани са най-често срещаните в корабостроенето типове греди: стандартни валцувани профили и съставни греди широк диапазон от типоразмери. Направени са изчисления за различни натоварвания и закрепвания. Изчисленията са извършени на база зависимости от справочната литература по строителна механика на кораба.

II. ЯКОСТНО ИЗЧИСЛЕНИЕ НА ГРЕДИ [1],[2]

Задачата за проектиране на конструктивния елемент „грета“ е често срещана в техническата област и в корабостроенето. Определянето на напрегнатото и деформирано състояние на гредите обикновено се извършва по зависимости от „Техническата теория за

огъване на греди“. В нея се изхожда от диференциалното уравнение, описващо огъването на гредата, както следва:

$$EIW''''(x) = q(x)$$

където: $W(x)$ е провисването на гредата в направление на ос „oz“;

$q(x)$ - интензивността на разпределения товар върху гредата;

I - инерционен момент на площта на напречното сечение на гредата, спрямо главната централна инерционна ос „oy“;

Решението на диференциалното уравнение има вида:

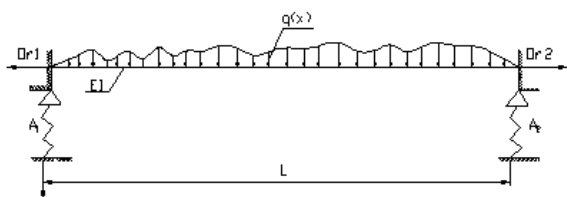
$$W(x) = \frac{1}{EI} \int_0^x \int_0^x \int_0^x \int_0^x q(x) dx dx dx dx + \frac{N_0 x^3}{6EI} + \frac{M_0 x^2}{2EI} + Q_0 x + w_0$$

, където:

N_0 , M_0 , Q_0 , w_0 са интеграционни константи, имащи смисъл съответно на: срязваща сила, огъващ момент, ъгъл на завъртане на напречното сечение на гредата и провисване на гредата при $x=0$. Тези интеграционни константи се определят от граничните условия, които са следствие от начина на закрепване на гредата.

На фигурата е показана схема на дискутираната задача за огъване на греди – в обобщен вид, включващ в себе си цялото

разнообразие от закрепвания и натоварвания.



Фиг. 1 Обобщена схема на задачата за огъване на греди

Тук с $0\zeta_1$ и $0\zeta_2$ са означени коефициентите на еластично запъване и с A_1 и A_2 – коефициентите на поддаване на еластично поддаваемите опори.

За този обобщен случай на закрепване, граничните условия са както следва:

$$\text{При } x=0 \begin{cases} W(0) = -A_1 \cdot EI W'''(0), \\ W'(0) = -0\zeta_1 \cdot EI W''(0) \end{cases} e$$

$$\text{При } x=l \begin{cases} W(l) = -A_2 \cdot EI W'''(l), \\ W'(l) = -0\zeta_2 \cdot EI W''(l) \end{cases}$$

След решаването на получената от граничните условия система за конкретния случай на закрепване се определят интеграционните коефициенти N_0 , M_0 , Q_0 , w_0 , с което аналитичния вид на провисването $W(x)$ е известен и е възможно определянето на срязващата сила $N(x)$ и огъващия момент $M(x)$ по следните зависимости:

$$N(x) = EI W'''(x) = \int_0^x q(x) dx + N_0$$

$$M(x) = EI W''(x) = \int_0^x q(x) dx + N_0 \cdot x + M_0$$

За удобно и бързо решаване на задачата за огъване на греди се използват от справочната литература т.н. таблени решения, които представляват зависимости за изчисляване на резултатите за $W(x)$, $N(x)$, $M(x)$ и техните максимални стойности за най-често срещаните закрепвания и случаи на натоварване [3], [4]. Те са получени по накратко описаната теория [1], [2].

При вече известен огъващ момент $M(x)$ могат да се определят нормалните напрежения:

$$\sigma_{x \max} = \frac{M_{\max}}{I} \cdot z_{\max} = \frac{M_{\max}}{I / z_{\max}} = \frac{M_{\max}}{W}$$

, където $W = I / z_{\max}$ е съпротивителният момент на напречното сечение на гредата, а разстоянието $z_{\max}$ е абсолютната стойност на апликата на най-отдалечената от неутралната ос на сечението точка.

Общият товар върху гредата е:

$$Q = \int_0^x q(x) dx$$

а в справочната литература максималният съпротивителен момент се дава в зависимост от вида:

$$W_{\max} = \mu \cdot \frac{Q l^3}{EI}, [m]$$

Където μ е числен коефициент, зависещ както от разпределението на товара Q , така и от начина на закрепване на гредата.

От последните зависимости е видно, че максималните стойности на напреженията и на съпротивителния момент пряко зависят от инерционния момент на площта на напречното сечение на гредата спрямо неутралната ѝ ос. За постигане на оптимални резултати следва да се търси такова напречно сечение на гредата, че при възможно най-малка площ на сечението инерционният му момент да е максимално голям.

В техническата теория на огъване на греди инерционният момент се изразява по следната зависимост:

$$I = \int_F z^2 da$$

Където $da = dy \cdot dz$ – е елементарната площ на напречното сечение на гредата, която се интегрира по цялата площ на напречното сечение.

Очевидно е, че инерционният момент ще нараства значително с отдалечаване на части от сечението от неутралната ос. С други думи формата на напречното сечение и разпределението на площите на отделните участъци оказват съществено

влияние върху инерционния и съпротивителния моменти. Връзка с I и W, чрез F имат и теглото на гредата G и товара Q.

III. ОПРЕДЕЛЯНЕ ОТНОШЕНИЕТО G/Q_{max} (m%). ИЗСЛЕДВАНИ СЛУЧАИ

В началото на проектирането на една греда, нейното тегло все още е неизвестно. След определяне на необходимия съпротивителен момент W на напречното сечение на гредата се избира конкретен профил с конкретна площ F на напречното сечение и конкретно тегло „a” на единица дължина на гредата. Теглото на гредата се получава като произведение $G=a.l$. Интересът на проведеното изследване е насочен към определянето на m% - отношението на теглото на гредата към общия допустим за нея товар Q.

Необходимият съпротивителен момент на гредата се определя по:

$$W = \frac{M_{ог. max}}{[\sigma]}$$

Където $M_{ог. max}$ е максималният огъващ момент на греда, който за различните случаи се изразява с обобщената зависимост:

$$M_{ог. max} = \frac{Q.l}{K}$$

Тук „K” е числен коефициент, зависещ от начина на закрепване на гредата и от характера на разпределение на товара Q.

$[\sigma]$ е допустимото напрежение за материала на гредата.

След поредица преобразувания за търсеното съотношение се получава:

$$Q = \frac{K.[\sigma].W}{l}$$

Теглото на гредата е:

$$G = a.l$$

$$m\% = \frac{G}{Q} \cdot 100\% = \frac{a.l^2}{W.K.[\sigma]} \cdot 100\%$$

При $[\sigma]=100 \cdot 10^6 [N/m^2]$;
 $l[m]$; $W=C \cdot 10^{-6} [m^3]$ за m% е получава:

$$m\% = \frac{a.l^2}{C.K}$$

Където:

l – дължина на гредата [m]

a – тегло на гредата на линеен метър [N/m]

C – съпротивителен момент на напречното сечение на гредата [cm³]

Изследвани са следните често използвани в корабостроенето греди при следните натоварвания и начини на закрепване:

A: Двойно Т-образни греди профили с номера 10-60 и дължини 0,4; 0,6; 1,0; 2,0; 4,0; 6,0; 8,0; 10,0m.

B: Съставни Т – образни профили с дължини 0,4; 0,6; 1,0; 2,0; 4,0; 6,0; 8,0; 10,0m и напречни сечения както следва:

– №1 - пояси 4cm², 20cm², стена 5cm² и височина 10cm;

– №2 - пояси 12cm², 40cm², стена 22cm² и височина 30cm;

– №3 - пояси 35cm², 80cm², стена 65cm² и височина 50cm;

B: П – образни профили – стандартни с номера: 10, 16, 20, 24, 30 и 40 и дължини 0,4; 0,6; 1,0; 2,0; 4,0; 6,0; 8,0; 10,0m;

При всички греди са изследвани следните случаи на натоварване и закрепване:

«1» свободно подпряна в двата края греда с равномерно разпределен товар Q;

«2» греда запъната в двата края с равномерно разпределен товар Q;

«3» свободно подпряна в двата края греда с разпределен по триъгълник товар Q;

«4» запъната в двата края греда с разпределен по триъгълник товар Q;

«5» греда запъната в единия край и свободно подпряна в другия с равномерно разпределен товар Q;

«6» греда запъната в единия край и свободно подпряна в другия с разпределен по триъгълник Q;

«7» греда свободно подпряна с концентриран товар Q в средата;

«8» греда запъната в двата си края с концентриран товар Q в средата;

«9» греда запъната само в единия край с равномерно разпределен товар Q;

«10» гредата запъната само в единия край с концентриран товар Q в другия край;

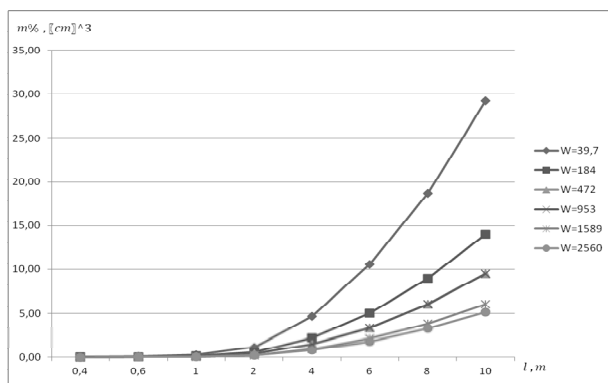
«11» гредата запъната само в единия край с разпределен по триъгълник товар Q ;

«12» гредата запъната в единия край, подпряна в другия с концентриран товар Q в редата;

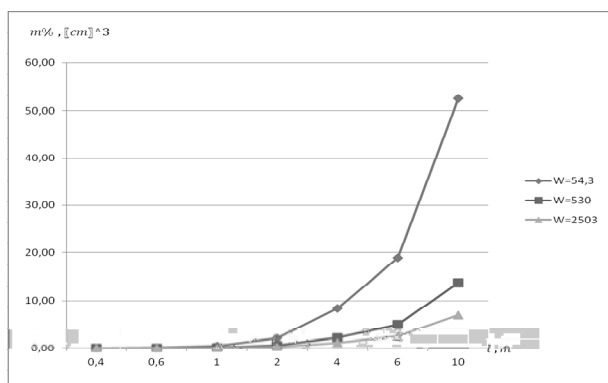
IV. ПОЛУЧЕНИ РЕЗУЛТАТИ

За илюстрация тук ще бъдат приведени графично само част от получените резултати, тъй като в хода на изследването тенденциите на разпределения на относителното тегло на гредите се оказват сходни за всички разглеждани случаи.

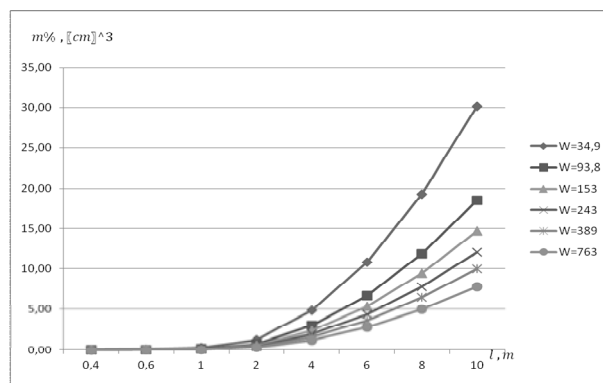
«1»: А, Б, В: свободно подпряна с равномерно разпределен товар Q ;



Фиг. 2 Двойно Т- образна гредата

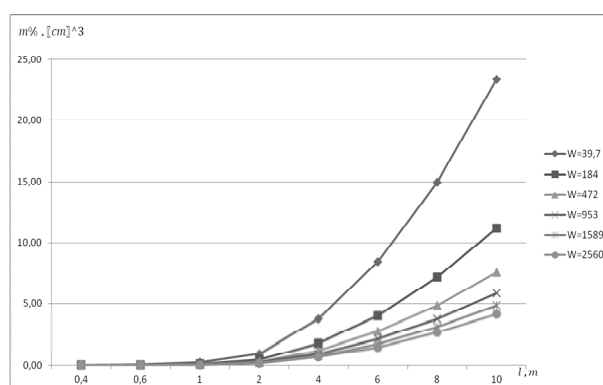


Фиг. 3 Съставен профил

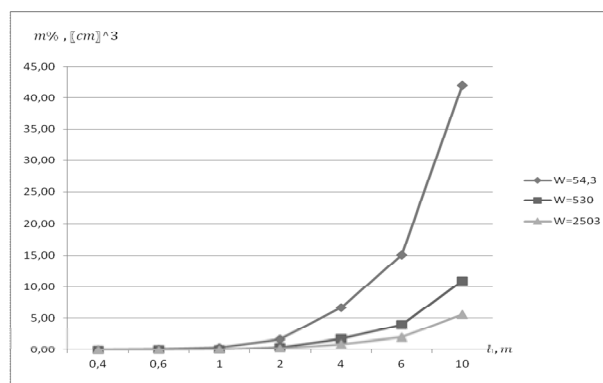


Фиг. 4 П – образен профил

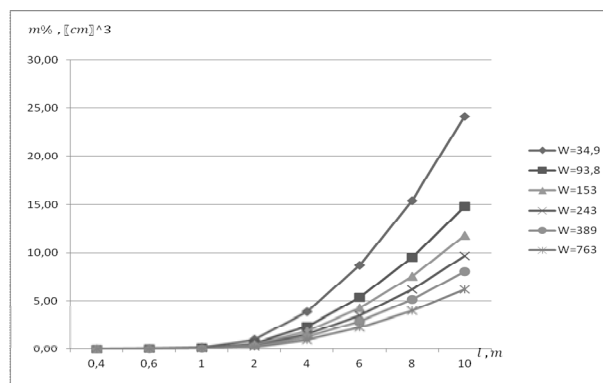
«4»: А, Б, В: запъната в двата края с разпределен по триъгълник товар Q ;



Фиг. 5 Двойно Т- образна гредата

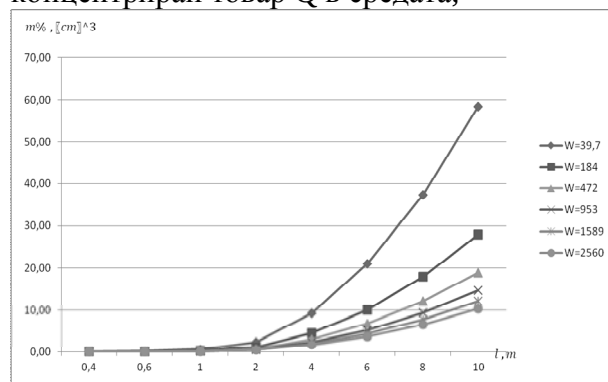


Фиг. 6 Съставен профил

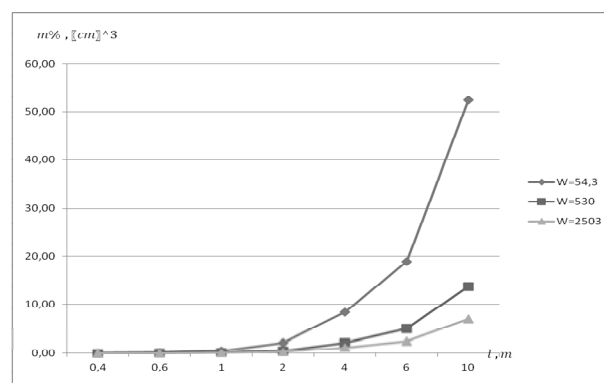


Фиг. 7 П – образен профил

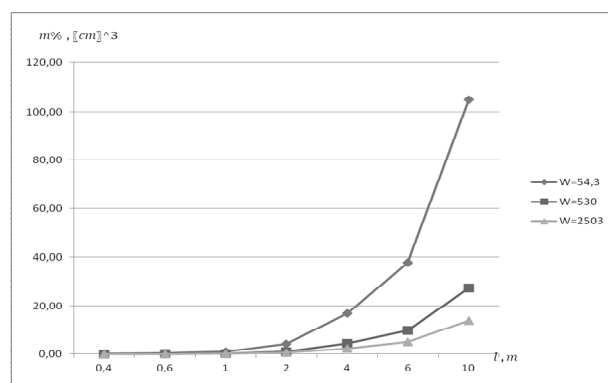
«7»: А, Б, В: свободно подпряна с концентриран товар Q в средата;



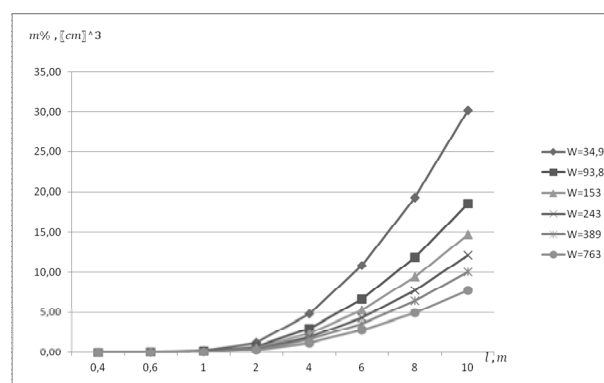
Фиг. 8 Двойно Т- образна греда



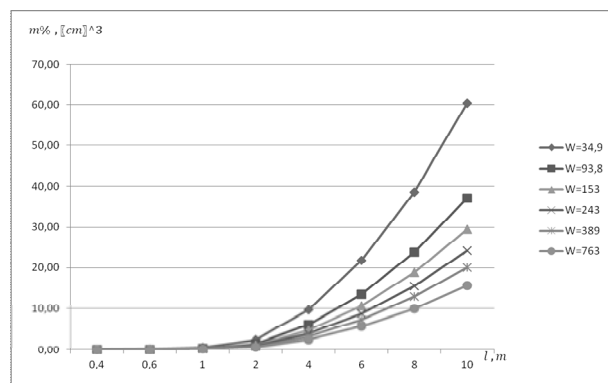
Фиг. 12 Съставен профил



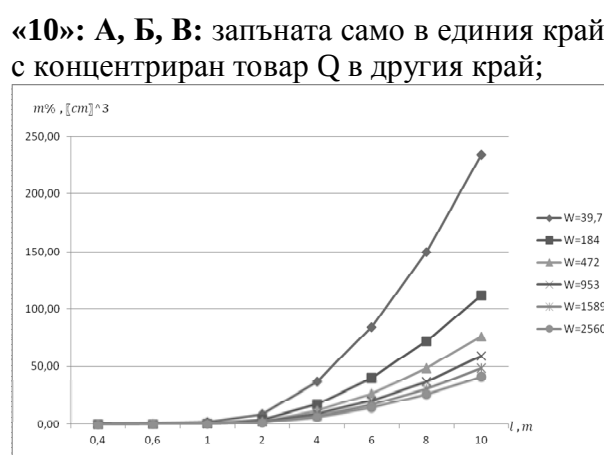
Фиг. 9 Съставен профил



Фиг. 13 П – образен профил

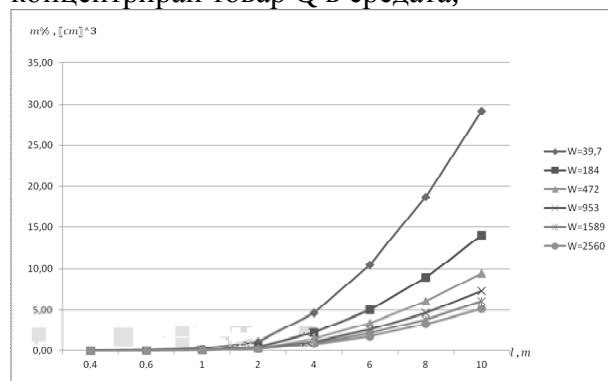


Фиг. 10 П – образен профил

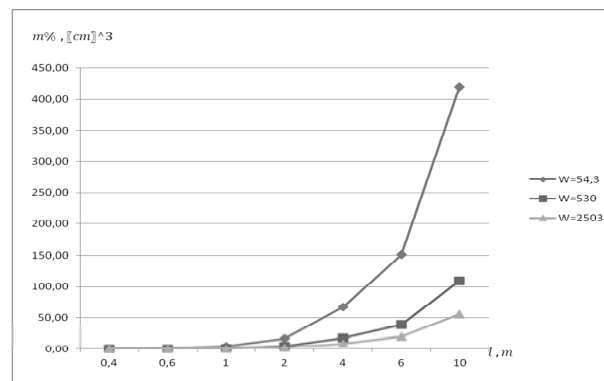


Фиг. 14 Двойно Т- образна греда

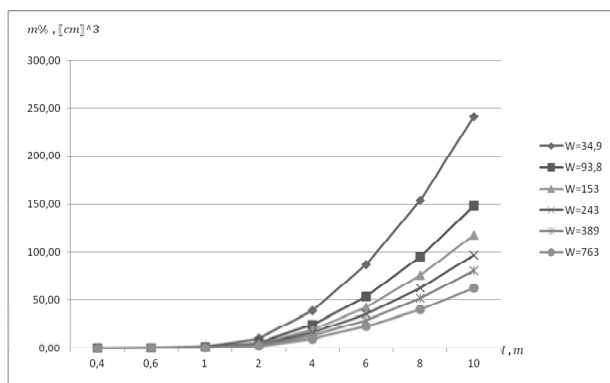
«8»: А, Б, В: запъната в двата си края с концентриран товар Q в средата;



Фиг. 11 Двойно Т- образна греда

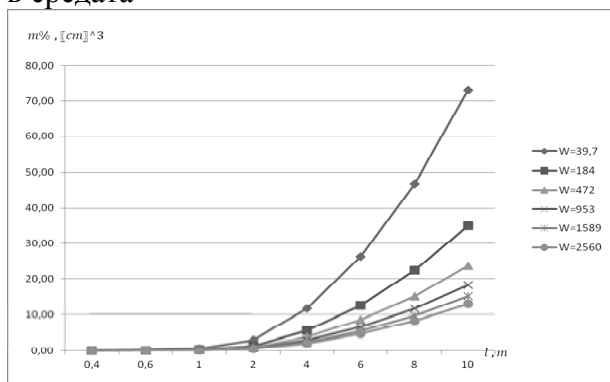


Фиг. 15 Съставен профил

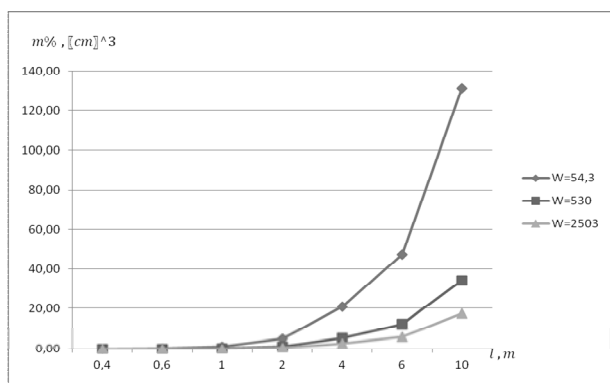


Фиг. 16 П – образен профил

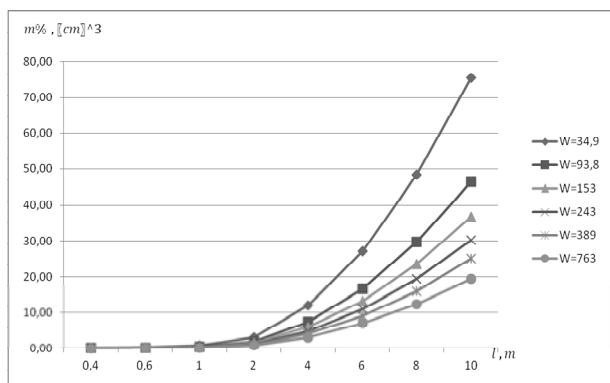
«12»: А, Б, В: запъната в единия край, подпряна в другия с концентриран товар Q в средата



Фиг. 17 Двойно Т- образна греда



Фиг. 18 Съставен профил



Фиг. 19 П – образен профил

V. ИЗВОДИ

От анализа на получените при изследването резултати могат да се направят следните изводи, относно процентното отношение на теглото на гредите към максималния товар които могат да поемат като допустим:

☞ До определена стойност на дължината на гредата теглото ѝ нараства бавно ($m\%$ е около 5%), но след това нарастването е бързо;

☞ Относителното тегло на профилите с по-малък съпротивителен момент е по-голямо от това на греди с по-голям съпротивителен момент при една и съща дължина, което е обратно при теглата им.

☞ При греди с големи дължини ($l/h \sim 10-12$) не е удачно да се използват плътни сечения. В тези случаи най-подходяща е употребата на “фермени” конструкции.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Постнов В. А. и др. „Строительная механика корабля и теория упругости“ т.2. „Судостроение“, Ленинград 1987г.
- [2] Хр. Трендафилов, „Строителна механика на кораба и морските съоръжения“, ТУ-Варна 2007г;
- [3] Справочник по строительной механике корабля, „Судостроение“, Ленинград 1982г.
- [4] Кисъв И. Д., „Таблицы по сопротивлению на материалы“, пето издание, „Техника“ София 1977г.

За контакти: инж. Т. Недялкова, гл.ас. д-р в Катедра „Корабостроене“, при КФ на ТУ-Варна ул. Студентска № 1, 235 УПБ
t.nedjalkova@tu-varna.bg

инж. Хр. Трендафилов, доц. д-р в Катедра „Корабостроене“, при КФ на ТУ-Варна ул. Студентска № 1, 225 УПБ

Рецензент: доц. д-р инж. Дамян Дамянов при КФ на ТУ-Варна ул. Студентска № 1, 807 МФ

ВЛИЯНИЕ НА ЕЛЕМЕНТИТЕ НА НАПРЕЧНОТО СЕЧЕНИЕ НА ГРЕДИ ВЪРХУ ГЕОМЕТРИЧНИТЕ ИМ ХАРАКТЕРИСТИКИ

INFLUENCE OF THE ELEMENTS OF THE CROSS SECTIONS OF THE BEAMS ON THEIR GEOMETRICAL CHARACTERISTICS

Теодора Андреева – Недялкова, Христо Трендафилов

Резюме: Стремехът при проектиране на инженерни конструкции винаги е да се удовлетворят определени якостни критерии при минимален разход на материал. Съставните профили дават възможност за промяна на съпротивителния момент на напречното сечение на профила при промяна на топологията му. Изследването на влиянието на елементите на напречното сечение на съставните профили върху техните инерционни и съпротивителни моменти дава в резултат зависимости и положения за избор на оптимален профил, удовлетворяващ както якостните така и масовите критерии.

Ключови думи: инерционен момент, оптимално напречно сечение, съставни греди, съпротивителен момент, якостни изчисления

Abstract: When designed engineering structures always must be satisfied both strength of the construction and minimum weight. The assembly profiles allow to be changed the section modulus and moment of inertia only with change in their geometry. By examining the influence of the elements of the cross section of a profile on their moment of inertia and section modulus can establish relationships and situations to select the optimal profile, satisfying both strength and mass criteria.

Key words: moment of inertia, optimal cross section, assembly beams, section modulus, strength calculations

I. ВЪВЕДЕНИЕ

При проектиране на инженерни съоръжения, каквото е конструкцията на корабния корпус, е важно осигуряването на якостните качества на конструкцията да стават при минимално тегло. Този проблем е особено належащ при проектирането на корабния корпус, тъй като завишаването на неговото тегло води не само до оскъпяване на конструкцията, както е при всички други инженерни съоръжения, но и до намаляване на неговата товароносимост и ефективност.

Целта винаги е да се осигури минималния необходим съпротивителен момент на гредите, при най-малка площ.

В зависимост от формата и размерите на напречното сечение при една и съща площ F , могат да се постигнат различни стойности на инерционния момент I и съпротивителния момент W . От гледна точка на технологията за изготвяне на греди, рационална се оказва формата на двойно Т-образния профил.

Настоящият доклад има за цел да представи получените резултати за

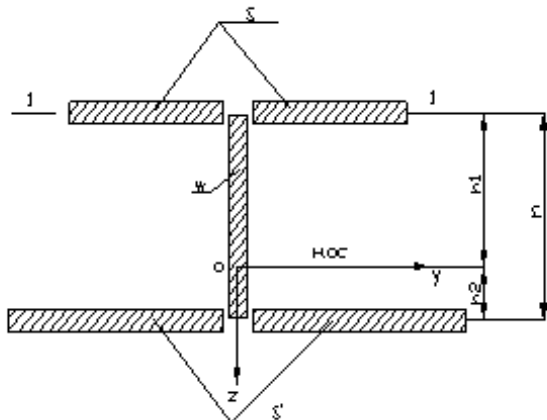
влиянието на съотношението на площите на напречните сечения на елементите на двойно Т – образни профили, с различни височини “ h ” върху получените инерционен и съпротивителен моменти.

II. ФОРМУЛИ НА И.Г. БУБНОВ ЗА ИНЕРЦИОННИЯ И СЪПРОТИВИТЕЛНИЯ МОМЕНТИ НА НАПРЕЧНОТО СЕЧЕНИЕ НА ГРЕДИ

Определянето на инерционния и съпротивителния моменти на напречното сечение на греда (в това число и на напречното сечение на кораба, разглеждан като съставна греда) може да се извърши в табличен вид и аналитичен вид. При изследване на характеристиките на двойно Т-образно напречно сечение, по-удобно е инерционният и съпротивителният моменти да се изчисляват в аналитичен вид. Такива аналитични формули е получил И. Г. Бубнов.

Постановката на неговото аналитично решение има следния вид [1], [2], [3]:

✓ Разглежда се тънкостенно Т-образно сечение със следните размери, в съответствие с фигурата:



Фиг. 1 Означения на напречните сечения на профилите

Където:

h - височина на сечението

s - площ на напречното сечение на малкия пояс

s' - площ на напречното сечение на големия пояс $s' > s$;

ω – площ на стената на напречното сечение

ou – неутрална ос на напречното сечение, минаваща през центъра му на тежест;

Общата площ на напречното сечение на гредата е:

Площта на сечението е :

$$A = s' + s + \omega$$

Статичният момент на сечението спрямо ос 1-1 е:

$$B = s'h + \frac{1}{2}\omega h;$$

Разстоянието h_1 от оста 1-1 до неутралната ос ou е :

$$h_1 = \frac{B}{A} = h \frac{s' + 0,5\omega}{s' + s + \omega}$$

, а разстоянието от неутралната ос до големия пояс е :

$$h_2 = h - h_1 = h \frac{s + 0,5\omega}{s' + s + \omega}$$

Въвежда се коефициент β :

$$\beta = \frac{h_2}{h_1} = \frac{2s + \omega}{2s' + \omega}$$

При $s' = s$, $\beta = 1$ - симетричен профил .

При $s' \rightarrow \infty$, то $\beta \rightarrow 0$; $s' \gg s$.

Коефициентът β може да заема стойности: $0 \leq \beta \leq 1$, т.е. $h_2 \leq h_1$.

Инерционният момент спрямо неутралната ос ou (без да се отчитат собствените инерционни моменти на поясите) по формулата на Щайнер е:

$$I = s'h^2 + \omega \left(\frac{h}{2} \right)^2 + \omega \frac{h^2}{12} - Ah_1^2$$

Минималният съпротивителен момент W е :

$$W = \frac{I}{h_1}$$

След редица преобразувания на дадените зависимости се получава:

$$W = h \left(s + \frac{\omega}{6} \frac{4s' - 2s + \omega}{2s' + \omega} \right)$$

Ако с „ K “ се обозначи израза:

$$K = 6 \frac{2s' + \omega}{4s' - 2s + \omega}$$

$$W = h \left(s + \frac{\omega}{K} \right).$$

Коефициент „ K “ заема стойности от $K=3$, ($s' \rightarrow \infty$) до $K=6$, ($s' = s$).

Отчитайки , че

$$\frac{4s' - 2s + \omega}{2s' + \omega} = 2 - \frac{2s + \omega}{2s' + \omega} = 2 - \beta ,$$

то, K може да се опрости до:

$$K = \frac{6}{2 - \beta}$$

Като се отчете, че $h_1 + h_2 = h$ се получава

$$h_1 = \frac{h}{1 + \beta}$$

А инерционният момент I ще се получи:

$$I = h_1 \cdot W$$

$$I = \frac{h_2}{1 + \beta} \left[s + \frac{\omega}{K} \right]$$

С използване на описаната методика за аналитичното определяне на W и I на един двойно т-образен профил е необходимо да се подходи в следната последователност:

1. Да се изчисли „ K ”;
2. Да се определи β ;
3. Да се определи съпротивителният момент W ;
4. Да се определи инерционният момент I ;

Чрез описаната методика, ще бъде изследвано влиянието на s , s' , ω и h върху стойностите на съпротивителния и инерционния моменти на напречното сечение.

III. ВЛИЯНИЕ НА РАЗМЕРИТЕ НА ПОЯСИТЕ НА ДВОЙНО Т – ОБРАЗНИ ГРЕДИ ВЪРХУ ИНЕРЦИОННИ И СЪПРОТИВИТЕЛНИ МОМЕНТИ НА НАПРЕЧНОТО СЕЧЕНИЕ

Изследвано е влиянието на площите на напречното сечение на елементите на двойно Т – образни греди върху стойностите на инерционните и съпротивителни моменти.

- ✓ Прието е $s+s'=\text{const}$ и са изследвани следните съотношения между поясите:
 $s/s' = 0; 0.1; 0.2; 0.4; 0.5; 0.6; 0.7; 0.8; 0.9;$

1.0;

„1”: $h=\text{const}=10\text{cm}$; $\omega=\text{const}= 5\text{cm}^2$
 $s+s'=\text{const}= 24\text{cm}^2$;

“2”: $h=\text{const}=30\text{cm}$; $\omega=\text{const}= 22\text{cm}^2$
 $s+s'=\text{const}= 54\text{cm}^2$;

“3”: $h=\text{const}=50\text{cm}$; $\omega=\text{const}= 65\text{cm}^2$
 $s+s'=\text{const}= 115\text{cm}^2$;

- ✓ Прието е изменение на единия от поясите със стъпка Δs и константна стойност на другия пояс. За тази задача са решени следните случаи:

“4”: $h=\text{const}=10\text{cm}$; $\omega=\text{const}= 5\text{cm}^2$
 $s'=\text{const}= 20\text{cm}^2$; $s=s+ \Delta s$

$\Delta s: 0; 2; 4 \dots 18 \text{ cm}^2$;

$s: 4, 6, 8 \dots 22\text{cm}^2$;

“5”: $h=\text{const}=30\text{cm}$; $\omega=\text{const}= 22\text{cm}^2$

$s=\text{const}= 4\text{cm}^2$; $s'=s+ \Delta s$

$\Delta s: 0; 2; 4 \dots 18 \text{ cm}^2$

$s': 20, 22, 24 \dots 38 \text{ cm}^2$;

“6”: $h=\text{const}=30\text{cm}$; $\omega=\text{const}= 22\text{cm}^2$

$s'=\text{const}= 40\text{cm}^2$; $s=s+ \Delta s$

$\Delta s: 0; 3; 6 \dots 27 \text{ cm}^2$

$s: 12, 15, 18 \dots 39 \text{ cm}^2$;

“7”: $h=\text{const}=30\text{cm}$; $\omega=\text{const}= 22\text{cm}^2$

$s=\text{const}= 12\text{cm}^2$; $s'=s+ \Delta s$

$\Delta s: 0; 3; 6 \dots 27 \text{ cm}^2$

$s': 40, 43, 46 \dots 67 \text{ cm}^2$;

“8”: $h=\text{const}=50\text{cm}$; $\omega=\text{const}= 65\text{cm}^2$

$s'=\text{const}= 80\text{cm}^2$; $s=s+ \Delta s$

$\Delta s: 0; 5; 10 \dots 45 \text{ cm}^2$

$s: 35, 40, 45 \dots 80 \text{ cm}^2$;

“9”: $h=\text{const}=50\text{cm}$ $\omega=\text{const}= 65\text{cm}^2$

$s=\text{const}= 35\text{cm}^2$; $s'=s+ \Delta s$

$\Delta s: 0; 5; 10 \dots 45 \text{ cm}^2$

$s': 80, 85, 90 \dots 125 \text{ cm}^2$;

IV. ВЛИЯНИЕ НА ПЛОЩТА НА СТЕНАТА ВЪРХУ СТОЙНОСТТА НА СЪПРОТИВИТЕЛНИЯ И ИНЕРЦИОННИ МОМЕНТИ НА НАПРЕЧНОТО СЕЧЕНИЕ НА ГРЕДАТА

Изследвано е влиянието площта на стената върху съпротивителния и инерционен моменти на напречното сечение на греди със следните размери:

“10”: $h=\text{const}=10\text{cm}$

$\omega=0.5; 1.0; 1.5; 2.5; 3.5; 4.5 \text{ cm}^2$

$s=s'= 12 \text{ cm}^2$

“11”: $h=\text{const}=30\text{cm}$

$\omega=2.2; 4.4; 6.6; 11; 15.4; 19.8 \text{ cm}^2$

$s=s'= 26 \text{ cm}^2$

“12” : $h=\text{const}=50\text{cm}$

$\omega=6.5; 13; 19.5; 32.5; 45.5; 58.5 \text{ cm}^2$

$s=s'= 57.5 \text{ cm}^2$

V. ВЛИЯНИЕ НА ВИСОЧИНАТА НА СТЕНАТА ВЪРХУ СТОЙНОСТТА НА СЪПРОТИВИТЕЛНИЯ И ИНЕРЦИОННИ МОМЕНТИ НА НАПРЕЧНОТО СЕЧЕНИЕ НА ГРЕДАТА

Изследвано е влиянието на промяната на височината на стената на профила върху стойностите на инерционните и съпротивителни моменти на напречното сечение на следните профили [4]:

“13”: $\omega = \text{const} = 5 \text{ cm}^2$

$h = 5, 10, 15, 20 \text{ cm}$

$s = s' = 12 \text{ cm}^2$

“14”: $\omega = \text{const} = 22 \text{ cm}^2$

$h = 10, 20, 30, 40, 50, 60 \text{ cm}$

$s = s' = 26 \text{ cm}^2$

“15”: $\omega = \text{const} = 65 \text{ cm}^2$

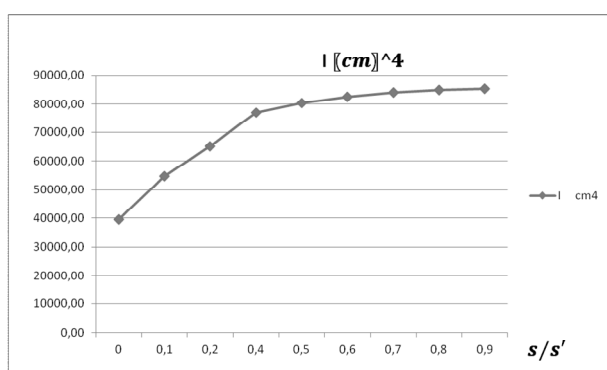
$h = 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 \text{ cm}$

$s = s' = 57,5 \text{ cm}^2$

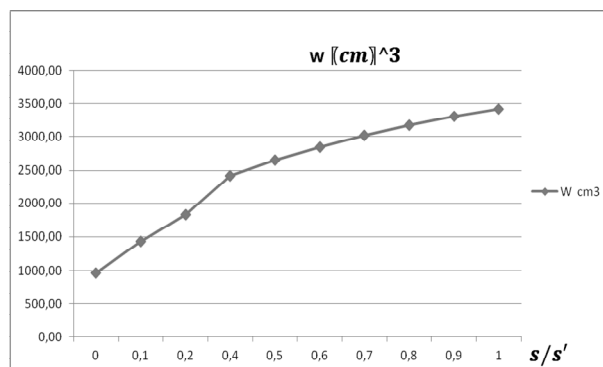
VI. ЧИСЛЕНИ РЕЗУЛТАТИ

Резултатите от проведеното проучване ще бъдат представени графично, като за сходните случаи, където тенденцията е еднаква ще бъде представена само по една графика.

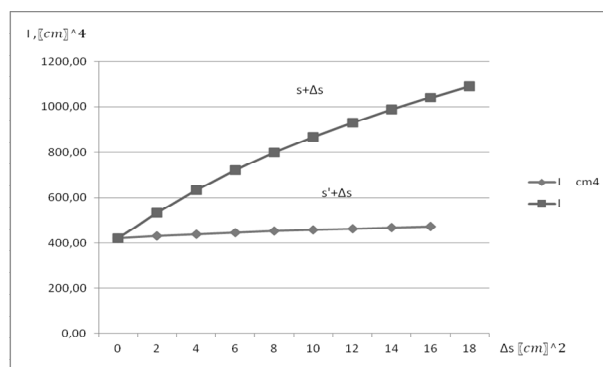
Постановка «1»-«3»:



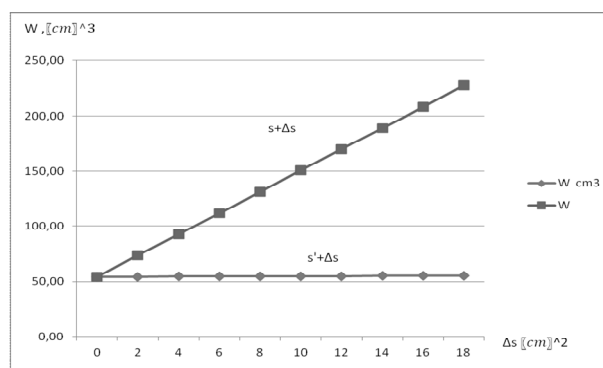
Фиг. 2 Инерционен момент на напречното сечение за случай „3“



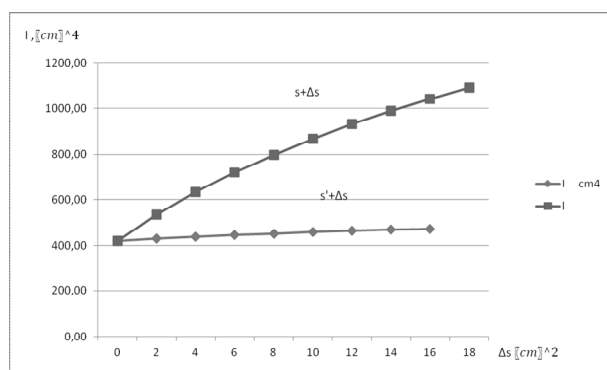
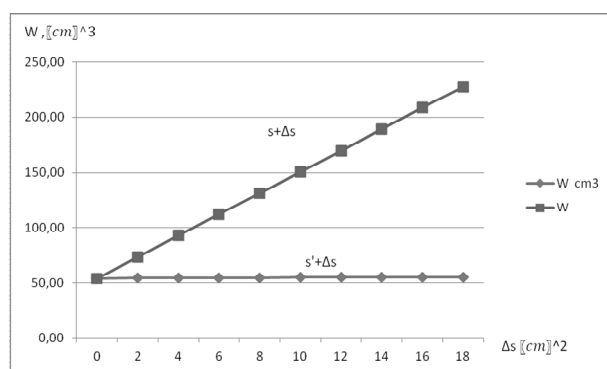
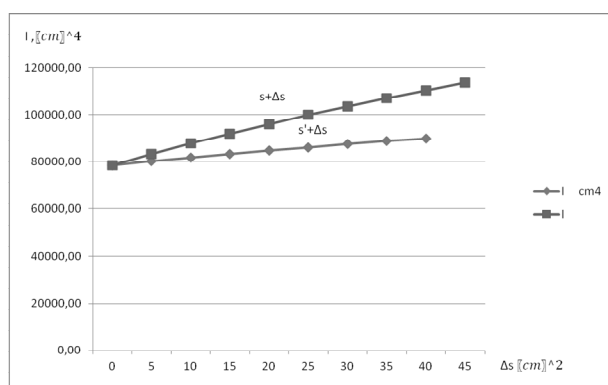
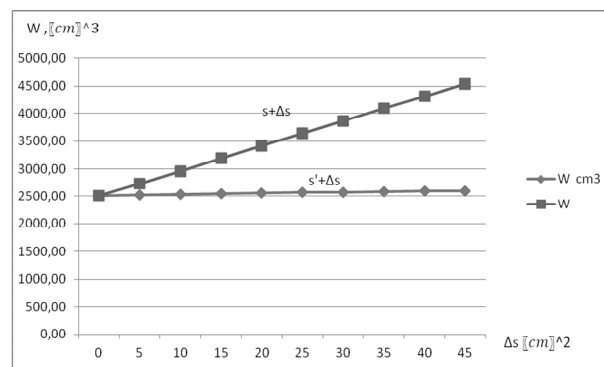
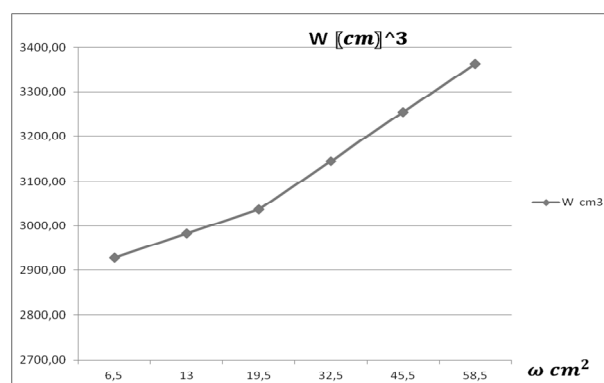
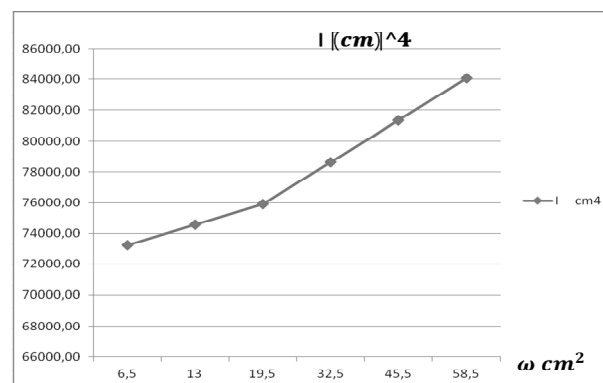
Фиг. 3 Съпротивителен момент на напречното сечение за случай „3“
Постановка 4-5

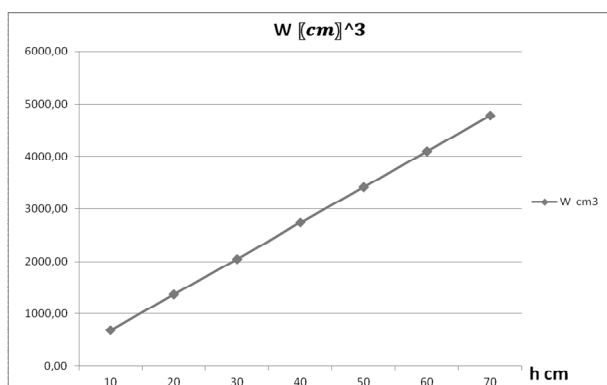


Фиг. 4 Инерционен момент на напречното сечение за греди „4“ и „5“

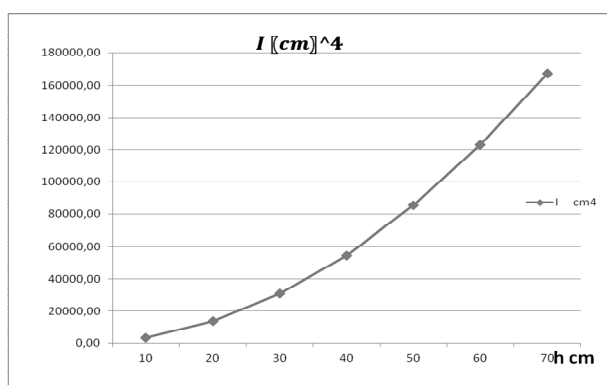


Фиг. 5 Съпротивителен момент на напречното сечение за греди „4“ и „5“

Постановка «6»-«7»**Фиг. 6** Инерционен момент на напречното сечение за греди „6” и „7”**Фиг. 7** Съпротивителен момент на напречното сечение за греди „6” и „7”**Постановка «8»-«9»****Фиг. 8** Инерционен момент на напречното сечение за греди „8” и „9”**Фиг. 9** Съпротивителен момент на напречното сечение за греди „8” и „9”**Постановка „10”- „12”****Фиг. 10** Съпротивителен момент на напречното сечение за греди „12”**Фиг. 11** Инерционен момент на напречното сечение за греди „12”

Постановка 12-15

Фиг. 12 Съпротивителен момент на напречното сечение за греди „15”



Фиг. 13 Инерционен момент на напречното сечение за греди „15”

ВІІ. ИЗВОДИ

От анализа на получените при изследването резултати могат да се направят следните изводи относно влиянието на размерите на елементите на напречното сечение на профилите върху неговите съпротивителен и инерционни моменти:

☞ Площите на поясите на профила и съотношението между тях при $s' + s = \text{const.}$ оказват съществено влияние върху инерционния и съпротивителен моменти;

☞ При $s' + s = \text{const.}$ най-големи съпротивителни моменти се получават при $s/s' = 1,0$, а най-малки при $s = 0$. Следователно от гледна точка най-малко тегло на проектираната греда е целесъобразно профилите да се проектират симетрични. Но при корпуса на кораба това условие е трудно постижимо, тъй като единият пояс е

присъединен от обшивката на настила на корпуса;

☞ Добавянето на материал Δs към малкия пояс довежда до по-бързо увеличение на I и W , отколкото добавянето на материал към големия пояс;

☞ Площта на стената на гредата ω оказва по-слабо влияние върху I и W , но профилът задължително трябва да има стена, тъй като тя поема срязващата сила за гредата. Намаляването на площта на стената става обикновено с изрези.

☞ Височината на профила влияе пряко върху I и W . За W зависимостта е линейна, а за I е квадратична, откъдето следва, че увеличението или намалението на височината на профила води до по-големи увеличения/ намаления на инерционния момент, откъдето по-големи намаления/ увеличения на нормалните напрежения и на провисването на гредата;

☞ От гледна точка на минимална площ на напречното сечение на гредата и съответно минимално тегло, стремежът трябва да бъде към по-големи пояси и приблизително равни площи $s/s' = 1$.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Постнов В. А. и др. „Строительная механика корабля и теория упругости” т.2. „Судостроение”, Ленинград 1987г.
- [2] Хр. Трендафилов, „Строительна механика на кораба и морските съоръжения”, ТУ-Варна 2007г;
- [3] Справочник по строительной механике корабля, „Судостроение”, Ленинград 1982г.
- [4] Кисъев И. Д., „Таблицы по сопротивлению на материалы”, пето издание, „Техника” София 1977г.

За контакти: инж. Т. Недялкова, гл.ас. д-р в Катедра „Корабостроене”, при КФ на ТУ-Варна ул. Студентска № 1, 235 УПБ
t.nedjalkova@tu-varna.bg

инж. Хр. Трендафилов, доц. д-р в Катедра „Корабостроене”, при КФ на ТУ-Варна ул. Студентска № 1, 225 УПБ

Рецензент: доц. д-р инж. Дамян Дамянов при КФ на ТУ-Варна ул. Студентска № 1, 807 МФ

МЕТОДИКА ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ НА НАЙ-ДОБРАТА ОФЕРТА ЗА ДОСТАВКА НА СИМУЛАТОР НА КОРАБНА ЕНЕРГЕТИЧНА УРЕДБА

METHOD FOR DETERMINATION OF THE BEST QUOTATION FOR DELIVERY OF SHIP'S POWER PLANT DESKTOP SIMULATOR

Ирина Костова, Златозар Алексиев

Резюме: В доклада е разработена методика за определяне на най-добрата оферта за доставка на симулатор на корабна енергетична уредба. Оценката е извършена въз основа на многокритериална хипер-функция. Използвани са методите за експертна оценка за определяне на коефициента на тежест на всеки отделен критерий. Направен е анализ на информацията, включена в офертите на четири водещи компании, производителки на симулатори на корабни енергетични уредби. Определена е най-добрата оферта.

Ключови думи: корабна енергетична уредба, критерий за ефективност, симулатор.

Abstract: The work is dedicated to the development of method for determination of the best quotation for delivery of desktop simulator of ship's power plant. The evaluation is provided on the basis of multicriterion utility function. Using the method of "expert estimation" is defined the weight coefficient of every criterion. It is worked out information included in the quotations of four leading companies, producers of engine room simulators. The best one is defined.

Keywords: ship power plant, criterion of effectiveness, simulator.

I. ВЪВЕДЕНИЕ

За нуждите на учебния процес на студентите от морските специалности от ТУ – Варна е необходимо да се създаде симулационна лаборатория по корабна енергетика. Тя ще има за цел да подпомогне преподавателската и научно-изследователската работа в областта на корабната енергетика чрез създаване на симулационни модели на подсистемите на корабните енергетични уредби (КЕУ). При направеното пазарно проучване на фирми, произвеждащи симулатори на корабни енергетични уредби, се установиха различия както в комплектацията от софтуерно и хардуерно оборудване, така и в тяхната цена. Затова е необходимо да се обоснове изборът на най-добрата оферта от предложените. За целта е разработена методика за вземане на решение на базата на многокритериалната оптимизация по обобщената функция на полезност.

II. МЕТОДИКА ЗА ОПРЕДЕЛЯНЕ НА НАЙ-ДОБРАТА ОФЕРТА

След събиране на информация относно предлаганите на международния пазар симулатори на корабна енергетична

уредба се установи, че различните фирми предоставят различни по качество и цена оферти. Налага се да се разгледат множество възможни варианти и да се вземе решение за избора на един от тях. Изборът на най-доброто решение, удовлетворяващо даден критерий за оптималност е свързан с процес на търсене чрез методите на многокритериалната оптимизация.

Качеството на функциониране на един обект или система се определя от комплексни показатели, съставени от множество индикатори на качеството ($y_1, y_2, \dots, y_m$). Всеки от тях има определено значение, но не е достатъчен за оптимизацията на процеса. Оптималните стойности на различните индикатори обикновено се получават при различни стойности на множеството на управляващите параметри ($x_1, x_2, \dots, x_n$), а оптимизацията само по един критерий не винаги дава най-доброто решение. В действителност реалните оптимизационни задачи обикновено са многоцелеви.

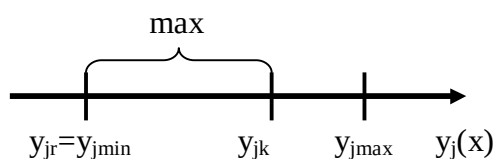
Управляващите параметри (фактори) $x = x_1, x_2, \dots, x_n$ обикновено се дефинират в определени граници, определящи т.н.

допустимо множество на управляващите параметри (факторни ограничения):

$$x_{\min i} \leq x_i \leq x_{\max i}, i = 1, 2, \dots, n \quad (1).$$

Многокритериална оптимизация по обобщената функция на полезност е модификация на метода на препоръчаните решения. Този подход се нарича „песимистичен“, защото се задават „песимистични“ (минимално допустими) изисквания за препоръчаните стойности y_{jr} на индикаторите на качеството $y_j(x)$ и се максимизират надхвърлянията над тях. Идеята за максимизиране на надхвърлянията над песимистично зададената стойност $y_{jr}=y_{j\min}$ за j -тия индикатор $y_j(x)$ и намиране на компромисно решение y_j^k е илюстрирана на фиг.1.

Когато индикаторите на качеството имат различни физически измерения, те трябва да се приведат към единна скала на измерение и след това да се състави обобщен критерий. За такава скала се използва полезността на получените резултати за индикаторите на качеството при различни стойности на x . Според теорията на полезността на всеки индикатор на качеството може да се постави в съответствие положително число от 0 до +1, което да изразява полезността на индикатора.



Фиг.1 Максимизиране на надхвърлянията над песимистично препоръчана стойност.

Индикаторът на качеството $y_j(x)$ в условията x се трансформира в коефициент на полезност $\eta_j(x)$ [2]:

$$\eta_j(x) = \frac{k_j \cdot [y_j(x) - y_{jr}]}{y_{j\max} - y_{j\min}}, j=1, 2 \dots m, \quad (2)$$

k_j – код на полезност, $k_j = +1$, когато повишаването на y_j е полезно и $k_j = -1$, когато намаляването на y_j е полезно;

y_{jr} – най-безполезният резултат за индикатора на качеството, зададен по стандарт, изискване и др. получен в границите на допустимото за управляващите параметри пространство;

$y_{j\max}, y_{j\min}$ – граници на полезност, т.е. максималната и минималната стойност.

Както се вижда от формула (2), всеки индикатор на качеството y_j ще се трансформира в коефициент на полезност η_j в границите от 0 за най-безполезния резултат до +1 за на-полезния резултат.

След трансформиране на физическите параметри в безразмерни полезности се съставя обобщена функция на полезност $F(x)$, на която се търси максимум. Тя може да бъде от типа:

$$F(x) = \frac{1}{m} \cdot \sum_{j=1}^m \eta_j(x) \cdot W_j. \quad (3)$$

Обобщената функция на полезност $F(x)$ се прилага не само при аналитично зададени индикатори на качеството $y_j(x)$, $j=1, 2, \dots, m$, но също така и при търсене на компромисно оптимално решение от множество дискретни данни за индикаторите на качеството.

Оптималното решение при многокритериалната оптимизация силно зависи от тегловните коефициенти W_j на различните индикатори. Те характеризират степента на неудовлетвореност от съответния индикатор. За определяне на важността на индикаторите и съответните им тегловни коефициенти няма строго формализирани методи. Сравнително надеждни тегловни коефициенти могат да се определят при допитване на множество специалисти (експерти) и прилагане на обективни методи за оценка на субективните им мнения.

Един от методите за определяне на тегловните коефициенти по мнения на експерти е следният [1]. На R експерти се предлага да дадат своето мнение за m индикатора на качество чрез анкетен лист, като ги подредят по степен на важност от 1 до m . Препоръчва се в анкетния лист индикаторите на качество да се

разположат в случайна последователност, така както е показано в таблица 1. Получените резултати се записват в т.н. “Тегловна матрица”. Всяко число $a_{\lambda j}$ в нея определя теглото (ранга), което експертът дава на индикатора на качество с индекс j .

Съгласуваността в мнението на експертите се проверява, като се изчисли коефициента на конкордация (съгласие) w_k по методите на ранговата корелация. Пресмятането на w_k при отсъствие на съвпадащи се рангове се извършва чрез:

$$w_k = \frac{12 \cdot \sum_{j=1}^m \Delta_j^2}{R^2 \cdot (m^3 - m)}, \quad (4)$$

$$\Delta_j = \sum_{\lambda=1}^R a_{\lambda j} - S_{cp}, \quad (5)$$

$$S_{cp} = \frac{R \cdot (m+1)}{2}, \quad (6)$$

S_{cp} – средна сума от всички тегла;

Δ_j – отклонение на сумата от теглата за всеки целеви параметър от средната сума.

Таблица 1. Анкетен лист

№	ИНДИКАТОР ЗА КАЧЕСТВО	Y_j	РАНГ
1	Брой на системите на КЕУ, чиято работа може да се симулира.	Y_1	
2	Наличие на конзола (Пулт) за управление.	Y_2	
3	Включена ли е доставката на компютри в цената на симулатора?	Y_3	
4	Предлага ли се безплатно обучение на инструктори за работа със симулатора?	Y_4	
5	Включена ли е в цената доставката, монтажа и пускането на системата, както и транспортните разходи?	Y_5	
6	Цена на симулатора.	Y_6	
7	Съществува ли възможност за симулиране на външни въздействия върху системите на КЕУ?	Y_7	
8	Симулаторът притежава ли сертификат от DNV?	Y_8	

След определянето на коефициента на конкордация трябва да се направи проверка на значимостта му. Той може да се изменя от 0 при пълна несъгласуваност в мненията на експертите до 1 при пълна съгласуваност. Оценка на значимостта на w_k може да стане по χ^2 – критерий при $m \geq 7$, който се определя по:

$$\chi^2_{изч} = R \cdot (m-1) \cdot w_k. \quad (7)$$

Коефициентът на конкордация е значим, ако:

$$\chi^2_{изч} > \chi^2_{табл}(\alpha, v) \quad (8)$$

$\chi^2_{табл}$ – се взема от таблица при степени на свобода $v = m - 1$ и ниво на значимост α .

При условие, че има съгласуваност в субективните мнения на експертите могат да се изчислят тегловните коефициенти W_j по зависимостта:

$$W_j = \frac{V_j}{\sum_{j=1}^m V_j}, \quad (9)$$

$$V_j = \frac{R \cdot m - \sum_{\lambda=1}^R a_{\lambda j}}{R \cdot m - R}. \quad (10)$$

За така получените тегловни коефициенти е изпълнено условието:

$$\sum_{j=1}^m W_j = 1. \quad (11)$$

Средно-аритметична функция на полезност $F(x)$ при наличие на тегловни коефициенти се пресмята по формула (3) и нейната максимална стойност ни дава оптималното решение на поставената задача.

III. ОПРЕДЕЛЯНЕ НА НАЙ-ДОБРАТА ОФЕРТА ЗА СИМУЛАТОР НА КЕУ

Целта на настоящата разработка е да се избере най-добрата оферта за закупуване на симулатор на КЕУ. За нейния избор ще се приложи методът на многокритериалната оптимизация. Ще се търси максимума на обобщената функция на полезност $F(x)$ при наличие на тегловни коефициенти. Определени са осем индикатора за качество, т.е. $m = 8$.

Таблица 2. Тегловна матрица за определяне на тегловните коефициенти

Индикатор на качеството Експерт	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₅	Y ₆	Y ₇	Y ₈
1	4	3	5	6	7	8	1	2
2	1	4	8	7	6	2	5	3
3	2	4	8	5	6	7	3	1
4	6	5	8	4	3	7	2	1
5	5	7	8	3	2	6	4	1
6	1	2	3	5	4	6	8	7
7	1	3	6	8	7	2	4	5
8	3	6	1	4	2	5	7	8
9	5	4	6	8	7	3	1	2
10	2	3	4	5	6	8	1	7
$\sum_{\lambda=1}^{10} a_{\lambda j}$	30	41	57	55	50	54	36	37
Δ_j	-15	-4	12	10	5	9	-9	-8
V_j	0.714	0.557	0.328	0.357	0.428	0.371	0.628	0.614
W_j	0.179	0.139	0.082	0.089	0.107	0.093	0.157	0.154
Ранг	1	4	8	7	5	6	2	3

За определянето на тегловните коефициенти W_j се направи анкетен лист (Таблица 1), която се попълни от 10 експерти. Всеки от тях е помолен да даде анонимно своето мнение за класиране по важност (ранг) на всеки един индикатор за качество.

За коефициента на конкордация w_k се получава:

$$w_k = \frac{12 \cdot \sum_{j=1}^m \Delta_j^2}{R^2 \cdot (m^3 - m)} = \frac{12 \cdot \sum_{j=1}^8 \Delta_j^2}{10^2 \cdot [8^3 - 8]} = 0,175$$

Значимостта на коефициента на конкордация w_k се проверява по χ^2 – критерий при $m \geq 7$.

$\chi^2_{\text{изч}} = R \cdot (m-1) \cdot w_k = 10 \cdot (8-1) \cdot 0,175 = 11,889$
 Степента на свобода $\nu = m-1 = 8-1 = 7$.
 Резултатите от допитването се нанасят в тегловната матрица, която придобива вида, показан в таблица 2. Въз основа на направените анкети са определени $\sum_{\lambda=1}^{10} a_{\lambda j}$ и

Δ_j . При ниво на значимост $\alpha = 0,20$ и степен на свобода $\nu = 7$ се получава:

$$\chi^2_{\text{изч}} = 11,889 > \chi^2_{\text{табл}} = 9,803.$$

Следователно, с вероятност не по-малка от 80%, има съгласуваност в мненията на експертите и тегловните коефициенти могат да се пресметнат. Тегловните коефициенти са изчислени по формули (9) и (10) и са показани в последния ред на таблица 2. С най-голяма тежест се оказват 1, 7 и 8 индикатор за качеството.

След направено проучване на производители на симулатори (тренажори) на КЕУ и съответното запитване към тях се получи 4 оферти. Фирмите, които предложиха своята продукция са следните:

1. UNITEST, Gdansk, Poland: Unitest Engine Room Simulator Package (Virtual Engine Room – VER 5).
2. PC Maritime Ltd, Plymouth, UK, Virtual Engine Room 5 Electronic Control,
3. Kongsberg Maritime, Norway, Kongsberg Maritime Solution & Training, Engine Room Simulator.

4. Marine Soft, Rostock, Germany, Marine Soft Machinery Space Simulator, Slow Speed Diesel Engine (SSDE).

В таблица 3 са показани стойностите на индикаторите на качеството, предложени от конкуриращите се фирми, взети от получените техни оферти.

Таблица 3. Стойности на индикаторите на качество на конкурентните фирми

Индикатор на качество Фирма		Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₅	Y ₆	Y ₇	Y ₈
1.	UNITEST	18	1	0	0	0	63600	0	0
2.	PC Maritime Ltd	18	1	0	0	0	37000	0	0
3.	Kongsberg Maritime	41	1	1	1	1	77000	1	1
4.	Marine Soft	16	0	0	0	0	59000	0	0

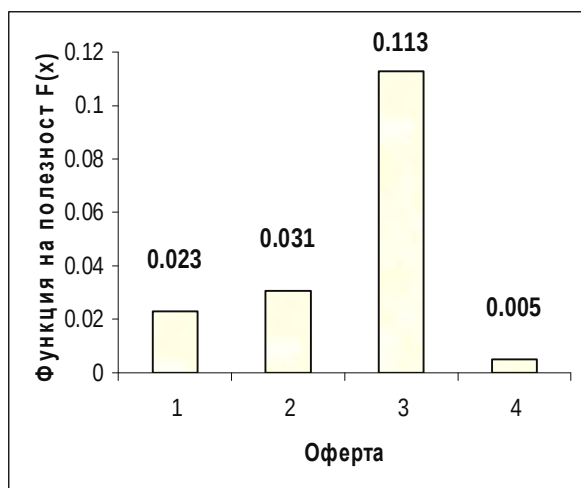
Таблица 4. Приети изисквания за индикаторите за качество

Индикатор за качество	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₅	Y ₆	Y ₇	Y ₈
Най-безполезен резултат y_{jr}	16	0	0	0	0	37000	0	0
Граници на полезност y_{jmax}	41	1	1	1	1	77000	1	1
Граници на полезност y_{jmin}	16	0	0	0	0	37000	0	0
Код на полезност k_j	1	1	1	1	1	-1	1	1
Тегловни коефициенти W_j	0.179	0.139	0.082	0.089	0.107	0.093	0.157	0.154

Таблица 5. Определяне на обобщените средно-аритметични функции на полезност $F(x)$ с тегловни коефициенти

Функции на полезност Оферти на фирми		η_1	η_2	η_3	η_4	η_5	η_6	η_7	η_8	F(x)
		$\eta_1 \cdot W_1$	$\eta_2 \cdot W_2$	$\eta_3 \cdot W_3$	$\eta_4 \cdot W_4$	$\eta_5 \cdot W_5$	$\eta_6 \cdot W_6$	$\eta_7 \cdot W_7$	$\eta_8 \cdot W_8$	
1.	UNITEST	0.08	1	0	0	0	0.335	0	0	0.023
		0.014	0.139	0	0	0	0.031	0	0	
2.	PC Maritime Ltd	0.08	1	0	0	0	1	0	0	0.031
		0.014	0.139	0	0	0	0.093	0	0	
3.	Kongsberg Maritime	1	1	1	1	1	0	1	1	0.113
		0.179	0.139	0.082	0.089	0.107	0	0.157	0.154	
4.	Marine Soft	0	0	0	0	0	0.45	0	0	0.005
		0	0	0	0	0	0.042	0	0	

В таблица 4 са показани приетите изисквания за индикаторите на качество, при решаване на задачата за избор на най-добрата оферта за закупуване на корабен симулатор на КЕУ. Индикаторът на качеството $y_j(x)$ в условията x се трансформира в коефициент на полезност $\eta_j(x)$ по формула (2) при $j=1, 2...8$. Стойностите, които се използват за определяне на коефициента на полезност $\eta_j(x)$ са дадени в таблица 4. В таблица 5 са представени получените стойности на коефициентите на полезност $\eta_j(x)$ на всеки един индикатор на качеството, както и средноаритметичните функции на полезност $F(x)$ на всяка от четирите оферти.



Фиг.2 Средноаритметичната функция на полезност $F(x)$ за всяка от получените оферти

На фиг.2 е показана стойността на средноаритметичната функция на полезност $F(x)$ за всяка от получените оферти. Максимална стойност на средноаритметичната функция придобива третата оферта, която е на норвежката фирма Kongsberg. Нейната средноаритметична функция на полезност $F(x)$ е близо 4 пъти по-висока в сравнение със следващата в класацията PC Maritime Ltd.

VI. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработен е критерий за оценяване на качеството на предлаганите програмни системи за симулиране на процесите в подсистемите на корабните енергетични уредби. Използвани са методите за експертна оценка. Събрана е информацията относно предлаганите на международния пазар софтуерни продукти за симулиране на работата на корабните енергетични уредби. Разработена е методика за определяне на най-добрата оферта за закупуване на корабен симулатор на КЕУ. Чрез създадената методика за вземане на решение на базата на многокритериалната оптимизация по обобщената функция на полезност за най-добра е определена офертата на фирмата Kongsberg Maritime. Този резултат, както и обстоятелството, че фирмата Kongsberg Maritime е най-старата производителка на корабни симулатори с най-голямо порт-фолио на продажби на подобни системи в целия свят, ни дава основание при закупуване на симулатор на КЕУ да се избере именно нея.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1]. С.К.Стоянов, Конвенционални и интелигентни методи за оптимизация, София, 2010.
- [2]. A. P Wierzbicki, A methodological guide to multiobjective optimization, WP-79-122, IIASA, Laxenburg, Austria, 1979.

За контакти:

инж. Ирина Костова, доцент д-р в Катедра "Корабни машини и механизми" при КФ на ТУ-Варна, ул. Студентска № 1, 318М
инж. Златозар Алексиев, доцент д.т.н. в Катедра "Корабни машини и механизми" при КФ на ТУ-Варна, ул. Студентска № 1, 318М
e-mail: irina.kostova@tu-varna.bg

Рецензент: доц.д-р инж.Христо Богданов

ПЛАЗМЕНО РЯЗАНЕ НА ЛЕГИРАНА МАШИНОСТРОИТЕЛНА СТОМАНА

THE PLASMA CUT OF DEBASE MECHANICAL STEEL

Пламен Дичев, Ярослав Аргиров, Анелия Стоянова, Пенка Златева

Резюме: В настоящата работа се определят чрез металографски анализ структурните превръщания на стомана 41Cr4 в зоната на термично влияние, след плазмено рязане.

Ключови думи: въздушно- плазмено рязане, легирана машиностроителна стомана, грапавост на ряза.

Abstract: This work discusses the analyses structural conversions of the 41Cr4 steel in the zone of the thermal influence, after plasma cutting.

Keywords: Air plasma cutting, debase mechanical steel, rough surface

I. ВЪВЕДЕНИЕ

Основната задача на настоящото изследване е определяне, чрез металографски анализ, на структурните превръщания на стомана 41Cr4 (БДС EN10083-3); 40X (ГОСТ 4543-71) в зоната на термично влияние. Определяне на възможностите за непосредствено електродъгово заваряване на ръбовете на реза, без остраняване на слой метал.

II. ИЗЛОЖЕНИЕ

В табл. 1 и 2 са показани съответно, химическият състав и механичните характеристики на изследваната стомана [1,2], а на фиг.1, външният вид на оборудването за плазмено рязане, състоящо се от:

- източник на ток за плазмено рязане, тип – REDCO, PLASMA 60/2;
- компресор за плазмообразуващ газ (въздух), тип – ABAC 50 Hp2,5;
- плазмотрон машинен, тип – AUTOCUT P S75;
- машина за рязане с програмно управление, тип - Portable NC Cutting Machine (Steel Cut L);
- вентилационна система, тип – Vetralflex.

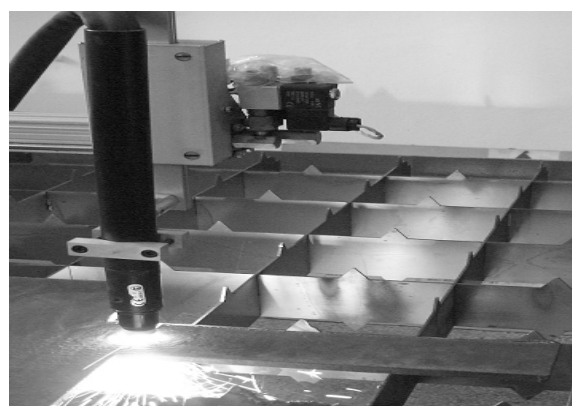
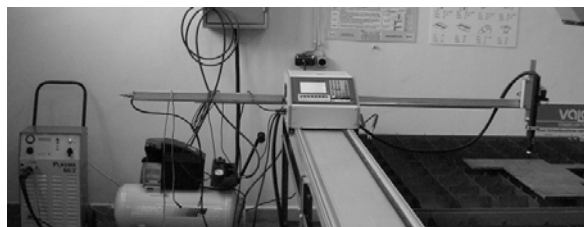
Табл.1 Химичен състав на легирана машиностроителна стомана, %

Марка	C	Si	Mn	Cr	Ni	Cu	S	P
41Cr4	0,36÷ 0,44	0,17÷ 0,37	0,50÷ 0,80	0,80÷ 1,10	<0,3	<0,3	<0,025	<0,025

Табл.2 Механични характеристики на стоманата, %

Марка	Температура, °C Закаляване	Отвр.	R _A [MPa]	R _m [MPa]	A ₅ [%]	Ψ [%]	KCU [MJ/m ²]	d* [mm]
41Cr4	860(масло)	500	785	980	10	45	0,59	25

*-диаметър на образца



Фиг.1 Външен вид на оборудването за плазмено рязане на металите.

Рязането на стомана марка 41Cr4 се осъществява при следните режими:

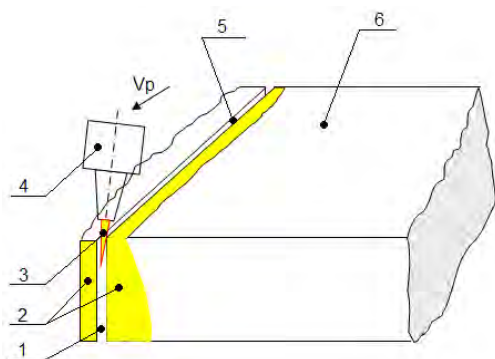
- максимална сила на тока (ПВ=60%)- 60А;

- максимална дебелина на рязане- 12mm;
- разход на сгъстен въздух- 8-10dm³/min;
- налягане на въздуха в плазмотрона- $(3,5 \div 5,5) \cdot 10^5$ MPa;
- начин на запалване на плазмената дъга- осцилатор;
- скорост на рязане- 2÷3 m/min;
- напрежение- 100÷110 V;
- диаметър на дюзата- 1,4 mm;
- ширина на ряза- 1,8÷2,0 mm.

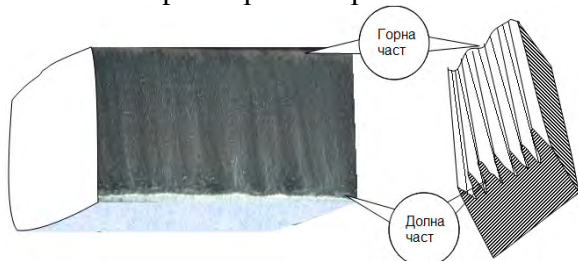
На фиг.2 е показана схема на образец при въздушно плазмено рязане, а на фиг.3 е показана формата на релефа.

В процеса на рязане са изследвани:

- изменението на повърхностния релеф по височина на ряза;
- структурните промени в зоната на термично влияние;
- характера на изменение на термичното поле.



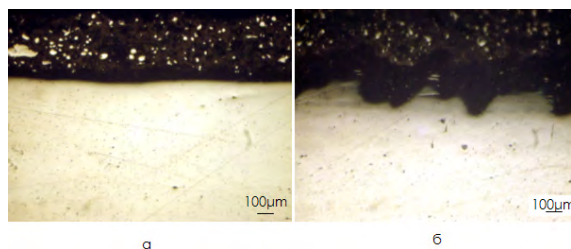
Фиг. 2 Схема на плазмено рязане:
1- зона на рязане; 2- зона на термично влияние; 3- плазмена струя; 4- плазмотрон; 5- линия на рязане; 6- основен метал;
Vr- скорост на рязане.



Фиг. 3 Релеф на стените на ряза.

От образца на фиг.3 се вижда, че грапавостта на релефа е различен по височина на разрязаната дебелина основен

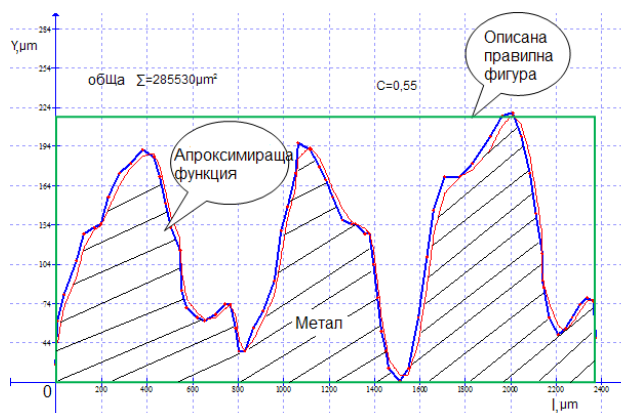
метал. Тя е най-малка в горната част на стените на ряза и става максимална в долната им част. На фиг.4 а) и б) е показан ефектът на изменение на грапавостта, чрез макроструктурен анализ, а на фиг.5 и 6 е показано изменението на грапавостта по стените на ряза в графичен вид.



Фиг. 4 Макрошлиф с увеличение X63:
а)грапавост в горната част на стените на ряза; б)грапавост в долната част на стените на ряза.



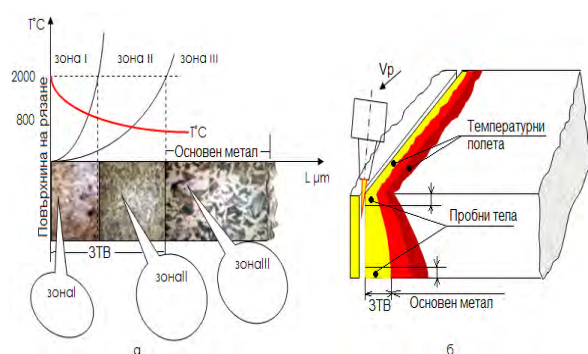
Фиг. 5 Изменение на грапавостта в горната част (горен ръб) на ряза; с-степен на грапавост



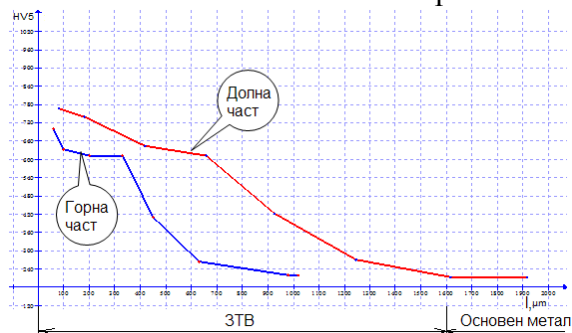
Фиг. 6 Изменение на грапавостта в долната част (долен ръб) на ряза; с-степен на грапавост

Методиката на графичното представяне на фиг.5 и 6 на изменението на грапавостта в дълбочина на разрязваната повърхност в различни зони по височина на ряза, се извършва, чрез копиране на профила на повърхнината, чрез дигитайзер и използване на програма "GRAF". Получават се съответно: площ на контура и вида на апроксимация.

На фиг.7 е показана микроструктурата на зоната на термично влияние (от повърхността на рязане към основния метал), за горния и долен ръбове на ряза, а на фиг.8 се вижда разпределението на твърдостите (HV5) в зоната на термично влияние за двата случая.



Фиг. 7 Схема на зоните за макроанализ

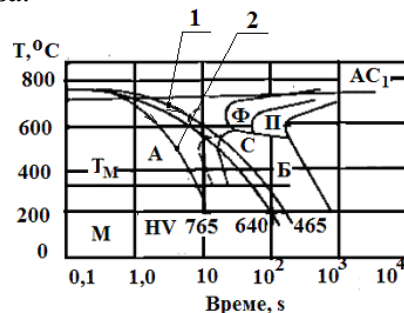


Фиг. 8 Разпределение на твърдостите (HV5) в зоната на термично влияние

От фиг.7 ясно се вижда, че зоната на термично влияние плавно се разширява от горния ръб на ряза към долния. Това обуславя и плавно изменение в структурата и свойствата на метала по височината на ряза.

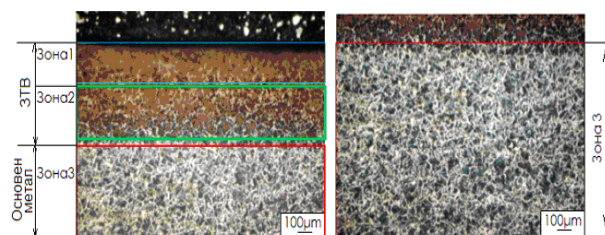
На фиг.8 стойностите на измерените твърдости в долната част на ряза са по-големи, което показва, че мигновенната скорост на охлаждане в тази част е значителна. Ясно се вижда, че в горната

част на ряза имаме в ЗТВ превръщане $A \rightarrow C+M$, (фиг.9, линия 1) а в долната част $A \rightarrow M$ (фиг.9, линия 2)[3]. Това налага, металографският анализ да бъде направен поотделно в двете части (горна и долна) на ряза.



Фиг. 9 Диаграма на термокинетично превръщане на аустенита на стомана 41Cr4.

В горната част (фиг.10) са показани трите характерни зони. В зона 1 се формира нехомогенен мартензит. В зона 2 структурата е сорбит плюс троостит и ферит (фиг.11).

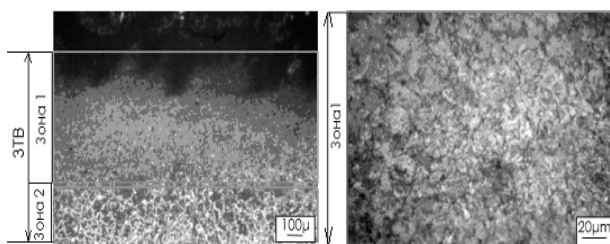


Фиг. 10. Структурни превръщания характерни за горния ръб на ряза.



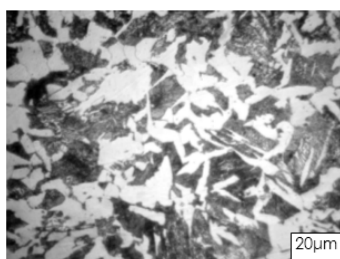
Фиг. 11 Микроструктура на границата между зоната на термично влияние и основния метал.

В долната част на ряза (фиг.12), за разлика от горната (фиг.10 и 11), се наблюдава ограничено количество на ферит.



Фиг. 12 Микроструктура в долната част на ряза в зоната на термично влияние.

На фиг.13 е показана изходната структура на основния метал.



Фиг. 13 Микроструктура на основния метал (41Cr4), (ферит, перлит).

От направеният металографски анализ се вижда, че при плазмено рязане на стомана 41Cr4 липсват макро- и микродефекти. Грапавостта на повърхнините на ряза не е висока и липсва протичане на метал в долната част, но измерените твърдости са високи, в следствие на получените закалчни структури.

Зоната на термично влияние е с ширина от 2÷4mm и при следващо заваряване няма да окаже влияние върху качеството на заваръчното съединение.

По нанатъшните изследвания трябва да продължат в посока: оптимизиране на параметрите на рязане, с цел намаляване на мигновената скорост на охлаждане и прилагане на предварително подгряване в границите 280÷300°C, за получаване на равновесни структури, позволяващи лесна механична обработка с металорежещи инструменти.

III. ИЗВОДИ

1. Реализирано е въздушно- плазмено рязане на легирана машиностроителна стомана 41Cr4 с дебелина 12mm;

2. Чрез металографски анализ са определени структурните превръщания в горния и долен ръб на ряза, при въздушно- плазмено рязане на стомана марка 41Cr4, без предварително подгряване;

3. При въздушно- плазмено рязане, без предварително подгряване на основния метал липсват макро- и микродефекти в ЗТВ;

4. Получените стойности на грапавостите в горния и долен ръбове на повърхностите на рязовете дават възможност за оценяване за приложимост в конкретни условия без допълнителни механични обработки.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1]. Арзамасов Б.Н., Соловьева Т.В. и др., Справочник по конструкционным материалам., Москва, Издательство МГТУ имени Н.Э. Баумана, 2005., 368с.
- [2]. Ефименко Л.А., Прыгаев А.К., Елагина О. Ю., Металловедение и термическая обработка сварных соединений., Москва, Логос, 2007., 455с.
- [3]. Бельчук Г.А., Гатовский К.М., Кох Б.А., Сварка судовых конструкций., “Судостроение”, Ленинград, 1980., 446с.
- [4]. Алешин Н.П., Чернышев Г.Г., Акулов А.И. и др., Сварка, резка, контроль, Том1, Справочник, Москва, Машиностроение, 2004., 619с.

За контакти:

доц. д-р инж. Пламен Дичев Дичев, Технически университет – Варна, гр. Варна, ул. Студентска, 1; e-mail: p_dichev@abv.bg

гл. ас. инж. Ярослав Борисов Аргиров, Технически университет – Варна, гр. Варна, ул. Студентска, 1; e-mail: yaroslav.1955@abv.bg

ас. инж. Анелия Миткова Стоянова, Технически университет – Варна, гр. Варна, ул. Студентска, 1; e-mail: tatuna10@abv.bg

гл. ас. д-р инж. Пенка Нелиева Златева, Технически университет – Варна, гр. Варна, ул. Студентска, 1; e-mail: pzlateva1@abv.bg

Рецензент:

доц. д-р. инж. Борис Тодоров- ТУ-Варна

ПОДВОДНО ДВУДЪГОВО ЗАВАРЯВАНЕ В ЗАЩИТНА ГАЗОВА СРЕДА НА НИСКОЛЕГИРАНА КОРАБОСТРОИТЕЛНА СТОМАНА

UNDERWATER TWIN-ARC WELDING IN PROTECTIVE ATMOSPHERE LOW ALLOY SHIPBUILDING OF STEEL

Пламен Дичев, Анелия Стоянова, Христо Христов

Резюме: В настоящата работа се определя влиянието на някои от основните фактори влияещи върху качеството на заваръчното съединение при подводно заваряване в защитна газова среда с две дъги, захранвани от два токоизточника. Избраните променливи величини са, изменението на токовете в заваръчните дъги и разстоянието между тях. Задачата се решава, чрез математическо планиране на експеримента при параметър на оптимизация, твърдостта в зоната на термично влияние.

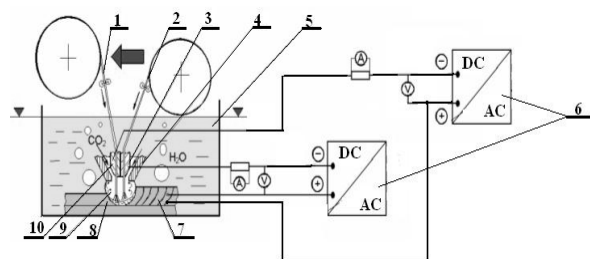
Ключови думи: подводно двудъгово заваряване, нисколегирана корабостроителна стомана

Abstract: In the present work determined the influence of some of the main factors influencing the quality of the weld joint for underwater welding in protective atmosphere with two- arcs, powered by two power supply. The selected variables are changes in electric currents in the welding arc and the distance between them. The task is solved by mathematical planning of experiments for parameter optimization, the hardness in the zone of thermal influence.

Keywords: underwater twin - arc welding, low alloy shipbuilding steel

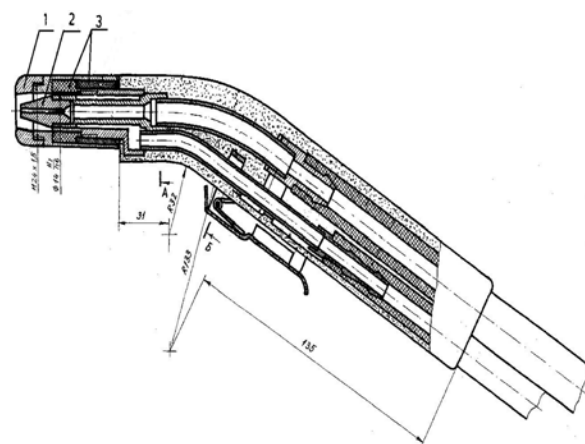
1. ВЪВЕДЕНИЕ

Настоящата работа, представлява етап от изследвания, свързани с процесите протичащи при подводно двудъгово заваряване в защитна газова среда [1, 3, 4, 5, 6 и 7]. В посочената литература захранването на две дъги е от един токоизточник. В редица случаи се налага двудъговото заваряване под вода да се извършва с два токоизточника (фиг.1).



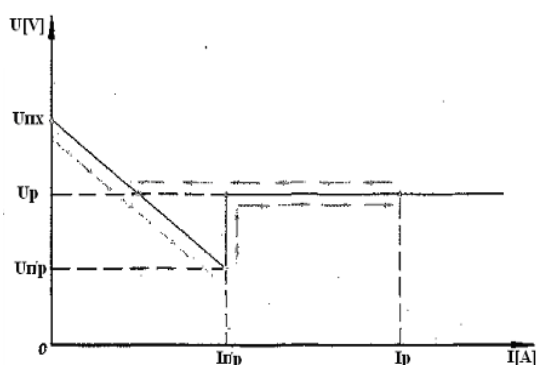
Фиг.1 Схема на опитната апаратура за двудъгово подводно заваряване с два токоизточника: 1, 2-електродни телове; 3,10- тоководещи дюзи; 4-защитна дюза; 5-басейн с вода; 6-източници на ток; 7-метал на шева; 8-основен метал; 9-парогазов мехур.

На фиг.2 е показана конструкцията на горелката, използвана за подводното заваряване. Заваряването е осъществено с едновременната работа на две дъги.



Фиг.2 Конструкция на горелка за подводно заваряване: 1-защитна газова дюза; 2-тоководеща дюза; 3- изолатори.

Заваръчните токоизточници, тип ИЗА-Г500 са с преобразувана електрическа схема, осигуряваща статична волт- амперна характеристика, с повишено напрежение на празен ход [7], (фиг.3).



Фиг.3 Комбинирана статична волт-амперна характеристика: U_{px} -напрежение на празен ход; U_r -работно напрежение; I_r -работен ток; I_{pr} - ток на превключване; U_{pr} - напрежение на превключване.

II. АНАЛИЗ

Експерименталната част е осъществена в басейн с прясна вода, с размери 1000x500x500mm, при работна дълбочина 200mm и следните условия:

- основен метал за заваряване- корабостроителна стомана, марка S355N по EN 10113-93 (образци с размери 180x 140x 14 mm);
- електроден тел, марка SG3 по DIN 8559 (AWS A.5.18-79) (диаметър на електродните телове- 1,2 и 1,6 mm);
- разстояние между защитните газови дюзи и основния метал- 5mm;
- излаз на електродните телове- 14mm;
- вид на заваръчния ток- DC+;
- вид на защитния газ- CO₂, 100% (C1 DIN439);
- скорост на подаване на електродните телове- $V_{T1} = 8,8$ m/min, $V_{T2} = 18,2$ m/min;
- разход на защитен газ- 30 dm³/min;
- диаметър на защитните дюзи- 2x12mm;
- скорост на заваряване- до 15,0m/h;
- максимално напрежение на празен ход на източниците на ток- 70÷80V;
- дължина на заваръчната верига- 10m;
- разстояние между електродните телове- 16÷20mm.

Предвиждането на горелките по линията на заваръчния шев се извършва с

“BUG-O SYSTEMS”. Телоподаващият механизъм- планетарен тип, за осъществяване на едновременно подаване на два електродни тела, е марка VDM400. Записващата изменение на тока и напрежението система е тип MC-12 Eckloff Technik ESA.

Химичният състав на основния метал е показан в Табл.1, а на електродните телове в Табл.2.

Табл1 Химичен състав на основния метал, %

Химични елементи	C	Si	Mn
Стойност, %	0,11	0,70	1,60

Табл.2 Химичен състав на електродните телове, %

Химични елементи	C	Si	Mn
Стойност, %	0,10	0,90	1,50

Настоящото изследване има за цел да определи влиянието на коефициента, отчитащ съотношението между токовете на заваряване в дъгите и разстоянието между тях, върху изменението на твърдостите HV5 в зоната на термично влияние, при двудъгово заваряване.

За решаването на задачата е избран план на експеримента, съдържащ модел от втори ред [8, 9]:

$$\eta = \beta_0 + \sum_{1 \leq i \leq k} \beta_i x_i + \sum_{1 \leq i < j \leq k} \beta_{ij} x_i x_j + \sum_{1 \leq i \leq k} \beta_{ii} x_i^2 \quad (1)$$

където:

η - истинска стойност на отклика;

$\beta_i; \beta_{ii}; \beta_{ij}$ - стойност на

коефициентите на регресия;

k- брой на независимите фактори.

Броят на опитите (N) за построяването на модела не трябва да бъде по- малък от:

$$N \geq \frac{(k+1)(k+2)}{2} \quad (2)$$

Избран параметър на оптимизация е изменението на твърдостта (HV5) в зоната на термично влияние, на заваръчното съединение. Определяна съгласно изискванията на стандарт TGL ST RGW 470-77, при входни фактори:

x_1 -коефициент отчитащ изменението на заваръчните токове в двете дъги (k):

$$k = \frac{I_2}{I_1 + I_2} \quad (3)$$

където:

I_1 - сила на заваръчния ток в първия електроден тел, А;

I_2 - сила на заваръчния ток във втория електроден тел, А;

x_2 - разстояние между електродните телове, mm

При избрани две променливи величини, броят на опитите е девет.

Регресионното уравнение при тази постановка на задачата има вида:

$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i + \sum_{i,j=1}^k \beta_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} x_i^2 \quad (4)$$

За случая е избран ортогонален, централно композиционен план от втори ред [9].

В табл.3 са показани нивата на вариране на факторите, а в табл.4 стойностите на експерименталните резултати за параметъра на оптимизация.

Табл.3 Нива на вариране на факторите

№	Фактори (нива на вариране)	Коефициент: $k = \frac{I_2}{I_1 + I_2}$	Разст.м/у електродни телове, S,mm
		x_1	x_2
1.	Основно ниво; x_0	0,53	18
2.	Интервал на изменение; Δx	0,01	2
3.	Горно ниво: $x_i = +1$; $i=1,2$	0,54	20
4.	Долно ниво: $x_i = -1$; $x=1,2$	0,52	16

Табл.4 Експериментални резултати за параметъра на оптимизация

№ на опит	Фактори (нива на вариране)		Параметър на оптимизация, HV5			
	x_1	x_2	y_1	y_2	y_3	$\bar{y}$
1.	+1	+1	298	279	278	285
2.	+1	-1	275	323	311	303
3.	-1	-1	289	263	289	280
4.	-1	+1	278	285	296	286
5.	+1	0	287	283	300	290
6.	-1	0	276	280	338	298
7.	0	+1	282	278	286	282
8.	0	-1	290	283	288	287
9.	0	0	288	285	300	291

Експериментите са осъществени при следните параметри на режима:

- сила на заваръчния ток, $I_z = 260 \div 360 \text{ A}$;
- работно напрежение, $U_p = 42 \div 46 \text{ V}$;
- скорост на заваряване, $V_z = 13,5 \text{ m/h}$;
- работна дълбочина на водата, $h = 200 \text{ mm}$.

След определяне на взаимодействията и коефициентите пред неизвестните, регресионното уравнение приема следният вид:

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_{12} x_1 x_2 + b_{11} x_1^2 + b_{22} x_2^2$$

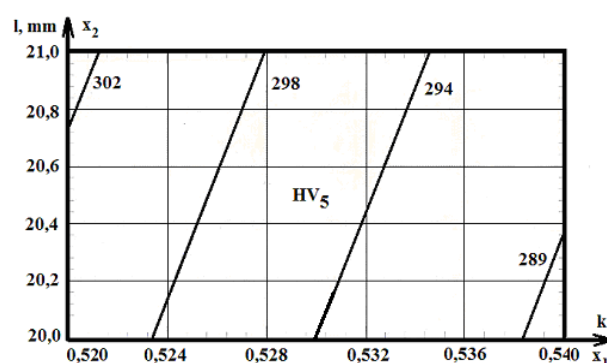
$$y = 288,5 + 6,1x_1 + 5,5x_2 - 3,1x_1 x_2 + 1,32x_1^2 - 1,22x_2^2 \quad (5)$$

Проверката на коефициентите по Т-критерия на Стюдънт показва, че в уравнение (5), коефициентите b_{11} и b_{22} са незначими и могат да бъдат изключени. В резултат на това уравнението приема вида:

$$y = 288,5 + 6,1x_1 + 5,5x_2 - 3,1x_1 x_2 \quad (6)$$

От фиг.4 се вижда изменението на твърдостите HV5 в ЗТВ във функция от коефициента k и разстоянието между електрическите заваръчни дъги.

Минимална твърдост HV5 в ЗТВ се получава при нива на факторите $x_1 = -1$ и $x_2 = +1$.



Фиг.4 Изменение на твърдостите $HV5 = f(k, l)$

Минимална твърдост HV5 в ЗТВ, получаваща се при решаване на регресионното уравнение, при горните условия е 285 единици, след прилагане на оптималния режим на двудъгово заваряване.

Получените заваръчни шевове са правилно оформени, с ниска степен на слоистост и без наличието на макро- и микродефекти. От термокинетичната диаграма [10] се вижда, че структурата в ЗТВ е неравновесна (Ф-П-Б-М).

Изследванията трябва да продължат с цел получаване на режим, осигуряващ ферито-перлитна структура.

III. ИЗВОДИ

1. Реализирано е двудъгово автоматично подводно заваряване в защитна газова среда, с два източника на ток на корабостроителна стомана S355N;

2. Направено е математическо описание на процеса двудъгово заваряване под вода, с два източника на ток. Получено е уравнението на регресия за твърдостта в ЗТВ, при вариране на коефициента, определящ съотношението на токовете в дъгите и разстоянието между тях;

3. При двудъгово заваряване на стомана S355N с дебелина 14mm в защитна газова среда от въглероден двуокис и използване на два източника на ток, се получава заваръчно съединение без наличието на макро- и микродефекти.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1]. Ников Н.Я., Дичев Пл.Д., Метод и устройство за полуавтоматично заваряване и рязане на металите под вода, Ав.свидетелство №052246/29.05.1982г.
- [2]. Дичев Пл.Д., Рафаилов Ал.П., Изследване на процеса, полуавтоматично заваряване под вода, осъществено с токоизточник със сложна V-A характеристика, Машиностроителна техника и технологии, НТС-Варна, ТУ-Варна, №2, 2006. 48-52с.
- [3]. Дичев Пл.Д., “Изследване на процесите на подводно полуавтоматично електродъгово

заваряване на корабостроителни стомани”, Дисертация за присъждане на научна степен “ДОКТОР”, Варна, 2004. _175с.

[4]. Лаврик В.П., Лещинский Л.К., Тарасов В.В., Влияние соотношения в электродах на условия формообразования ванны при наплавке., “Сварочное производство”, №2, 1986. 41÷43с.

[5]. Лаврик В.П., Лещинский Л.К., Повышение качества наплавки двумя ленточными электродами., “Сварочное производство”, №12, 1984. 12÷24с.

[6]. Мастенко В.Ю., Старченко Е.Г., Ходаков В.Д., Стабильность электрошлакового процесса двухэлектродной ленточной наплавкой., “Сварочное производство” №3, 1982. 20÷21с.

[7]. Дичев Пл.Д., Рафаилов Ал.П., Электрокислородно двудъгово рязане на корабостроителна стомана S355N под вода., Машиностроителна техника и технологии., НТС-Варна, ТУ-Варна, №2, 2006. 44-47с.

[8]. Вознесенский В.А., Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях., Москва, 1981.

[9]. Новак Ф.С., Арсов Я.Б., Планиране на експерименти в технология на металите., София, Техника, 1981.

[10]. Seyffarth P., ATLAS, Schweiß- ZTU-Schaubilder, Band I, Wilhelm- Pieck- Universität, Rostock, 1978. 36÷59s.

За контакти:

доц. д-р инж. Пламен Дичев Дичев, Технически университет – Варна, гр. Варна, ул. Студентска, 1;
e-mail: p_dichev@abv.bg

ас. инж. Анелия Миткова Стоянова, Технически университет – Варна, гр. Варна, ул. Студентска, 1;
e-mail: tatuna10@abv.bg

гл. ас. инж. Христо Валериев Христов, Висше военноморско училище “Н. Й. Вапцаров”, гр. Варна, ул. “Васил Друмев” № 73;
e-mail: semhri@abv.bg

Рецензент:

доц. д-р инж. Кирил Емилов Медникаров- ВВМУ-Варна

ИЗСЛЕДВАНЕ СЪДЪРЖАНИЕТО НА ТЕЖКИ МЕТАЛИ В ЛИСТАТА НА ШИРОКОЛИСТНИ ДЪРВЕСНИ ВИДОВЕ

STUDY OF THE HEAVY METALS CONTENT IN THE LEAVES OF DECIDUOUS TREE SPECIES

Живка Бекярова, Деян Динков, Яна Спасова

Резюме: Представени са резултати от проведените анализи на съдържанието на елементите олово, кадмий, цинк и манган в листата на четири широколистни дървесни вида, събрани в района на промишлена зона Девня. Допълнително са изследвани контролни проби, събрани на около 25 km от замърсения район. Получените резултати са представени графично и са направени изводи за разпределението на тези елементи в листата на изследваните дървесни видове. През по-голямата част от вегетационния период количеството на изследваните елементи е по-високо в листната маса на дървесните видове от промишлената зона.

Ключови думи: замърсяване, листа, промишлен район, тежки метали

Abstract: In the paper results from analyses of the content of the elements lead, cadmium, zinc and manganese in the leaves of four deciduous tree species collected in the region of the Devnya industrial zone are presented. In addition control samples collected at a distance of about 25 km from the polluted region were analysed. The results obtained are graphically presented and conclusions on the distribution of these elements in the tree leaves were drawn. During the vegetation period the content of the elements studied was higher in the tree leaves collected from the industrial zone.

Keywords: heavy metals, industrial region, leaves, pollution

I. ВЪВЕДЕНИЕ

Замърсяването с тежки метали основно се свързва със силно развити индустриални райони, като най-замърсени са терените в близост до промишлени предприятия, а стойностите на замърсяване са пъти над максимално допустимата концентрация. Основни замърсители, които се наблюдават в околната среда, в резултат на промишленото замърсяване са: прах, сярна киселина, флуорни съединения, сероводород, тежкометални аерозоли и др. [1, 5].

Тежките метали, оказващи вредно влияние върху човешкия организъм, са разпределени в три групи:

1 група – Hg, Cd, Pb, As, Se, Zn, Ti;

2 група – Co, Ni, Mo, Cu, Cr;

3 група – Ba, V, Mn, Sr, Al.

Най-опасни за здравето на човека са металите от първа група. Те продължително се задържат в околната среда и битрансформират в още по-токсични съединения. Способността им да се натрупват в организма и да създават

трайни остатъчни количества, са предпоставка за продължителното токсично въздействие върху организма на хората [5].

Периодът на полуотделяне от почвата на кадмия е 110 год., на цинка – 150 год., на медта – 1500 год., а на оловото – няколко хиляди години [5].

Тежките метали имат сравнително дълъг период на полуотделяне и оказват неблагоприятно въздействие не само върху човешкия организъм, но и върху селскостопанските култури и растителните видове, тъй като те могат да се окажат допълнителен източник за проникване по хранителната верига на олово и други вредни вещества в организма на човека.

Проведените досега у нас изследвания върху съдържанието на различни макро- и микроелементи в отделните дървесни видове имат основно лесовъдска, биологична и екологична насоченост. Дърветата задържат в различна степен върху повърхността на короните си постъпилите от атмосферата вещества и по този начин забавят и

ограничават замърсяването на почвата, като това до голяма степен зависи от дървесния вид и от биологичните му особености. Според изследванията на някои автори, промишлените замърсявания потискат растежа на млади култури от бяла акация, американски ясен, мирилзвива върба и др. [2].

Целта на настоящата разработка е да се проследи съдържанието и да се установи изменчивостта на концентрацията на химичните елементи - олово, кадмий, цинк и манган в листата на някои широколистни дървесни видове, от промишлено замърсени и контролни терени, през различни месеци на вегетационния период.

II. МАТЕРИАЛИ И МЕТОДИ

Описание на изследвания район

Изследваният район, почвено-климатичните характеристики и количеството на изследваните елементи в листата на дървесните видове са подробно описани в предишна публикация [6].

Обект и метод на изследване

В периода юни-септември 2007 год. е извършен анализ на листната маса на дървесни видове, намиращи се в близост до заводите за изкуствени торове в Девня. Изследвани са: бяла акация (*Robinia pseudoacacia* L.), копривка (*Celtis caucasica* Willd), конски кестен (*Aesculus hippocastanum* L.), американски ясен (*Fraxinus americana* L.). Контролни проби са събрани от същите дървесни видове, разположени на около 25 km от завода.

Пробите са анализирани с атомно-адсорбционен спектрофотометър и е определено количеството на олово, кадмий, цинк и манган в тях.

III. РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

На фиг. 1 графично е представено съдържанието на олово (g/kg) в листната маса на четирите изследвани дървесни

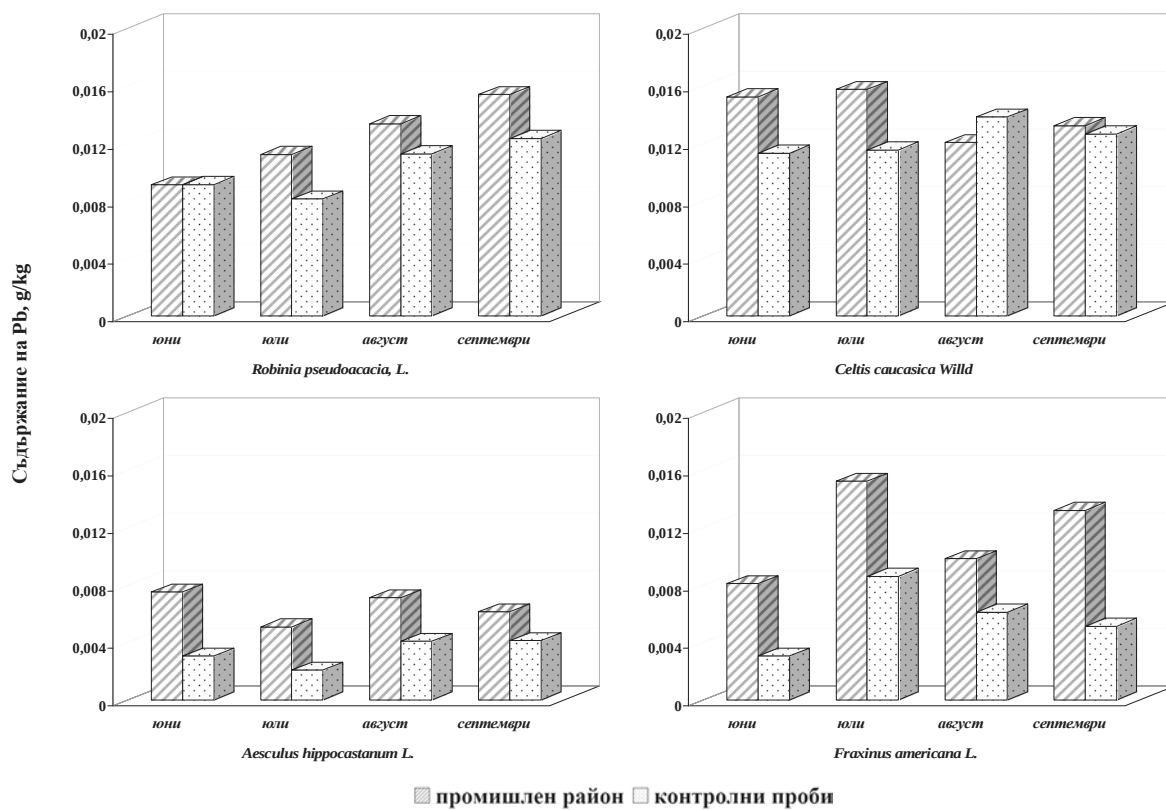
вида по време на вегетационния период, съответно за промишлената и контролната зона. От диаграмата ясно се вижда, че концентрацията на олово е най-висока за видовете *Robinia pseudoacacia* L. и *Celtis caucasica* Willd и най-ниска за вида *Aesculus hippocastanum* L. Измереното съдържание на олово варира в диапазона от 0,005 g/kg до 0,016 g/kg за индустриалния район и от 0,002 g/kg до 0,014 g/kg за контролния район. Стойностите на концентрацията на олово са съпоставими с публикувани вече такива, за райони със сходен характер на замърсяване [2, 3, 4].

През по-голямата част от вегетационния период, количеството на олово е по-високо в листната маса на дървесните видове, разположени в промишлената зона. Единствено при вида *Robinia pseudoacacia* L. може да се каже, че има ясно изразен характер на повишаване на концентрацията на олово по време на вегетационния период. При видовете *Celtis caucasica* Willd и *Aesculus hippocastanum* L. се наблюдава едно сравнително константно количество на олово през целия период на изследване.

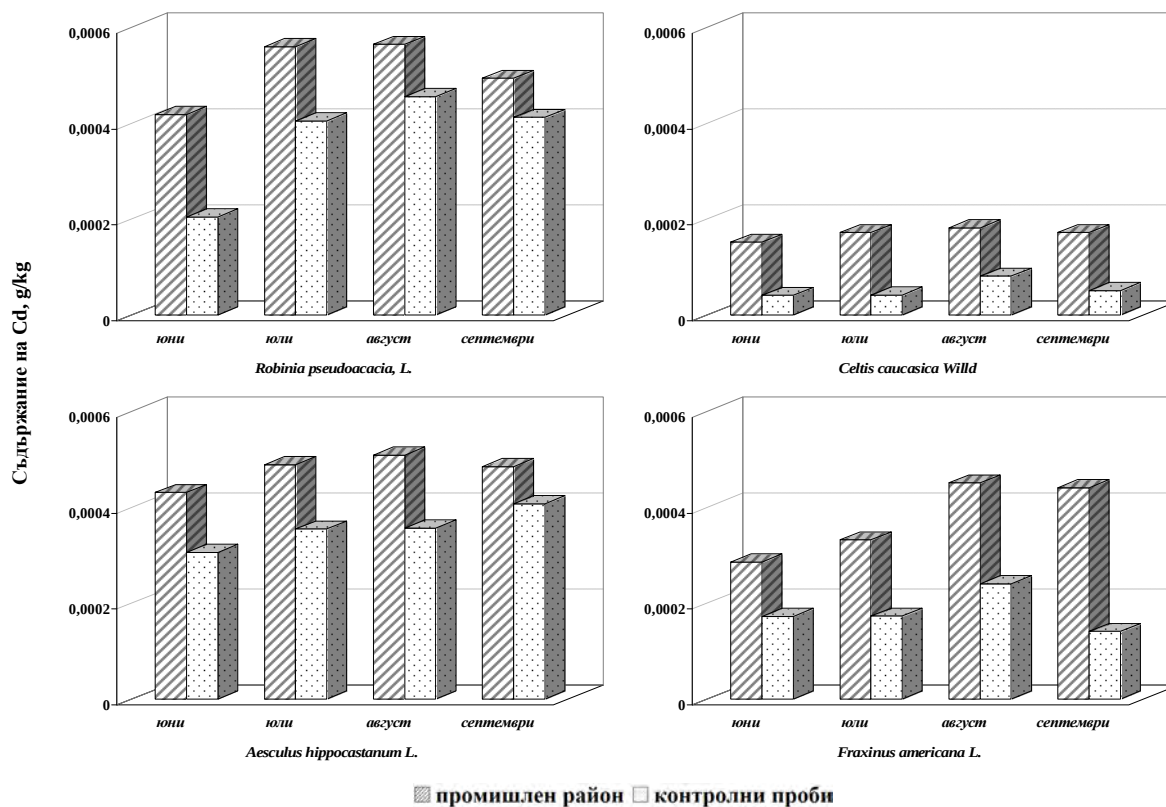
Стойностите за кадмий са значително по-ниски от тези за олово и варират в диапазона от 0,00015 g/kg до 0,00056 g/kg за промишления район и от 0,00004 g/kg до 0,00045 g/kg за контролния район. Най-високи стойности са измерени за вида *Robinia pseudoacacia* L., а най-ниски - при вида *Celtis caucasica* Willd (фиг. 2).

При всички дървесни видове концентрацията на кадмий е по-висока в замърсените терени и се наблюдава повишаване на неговото съдържание по време на вегетационния период.

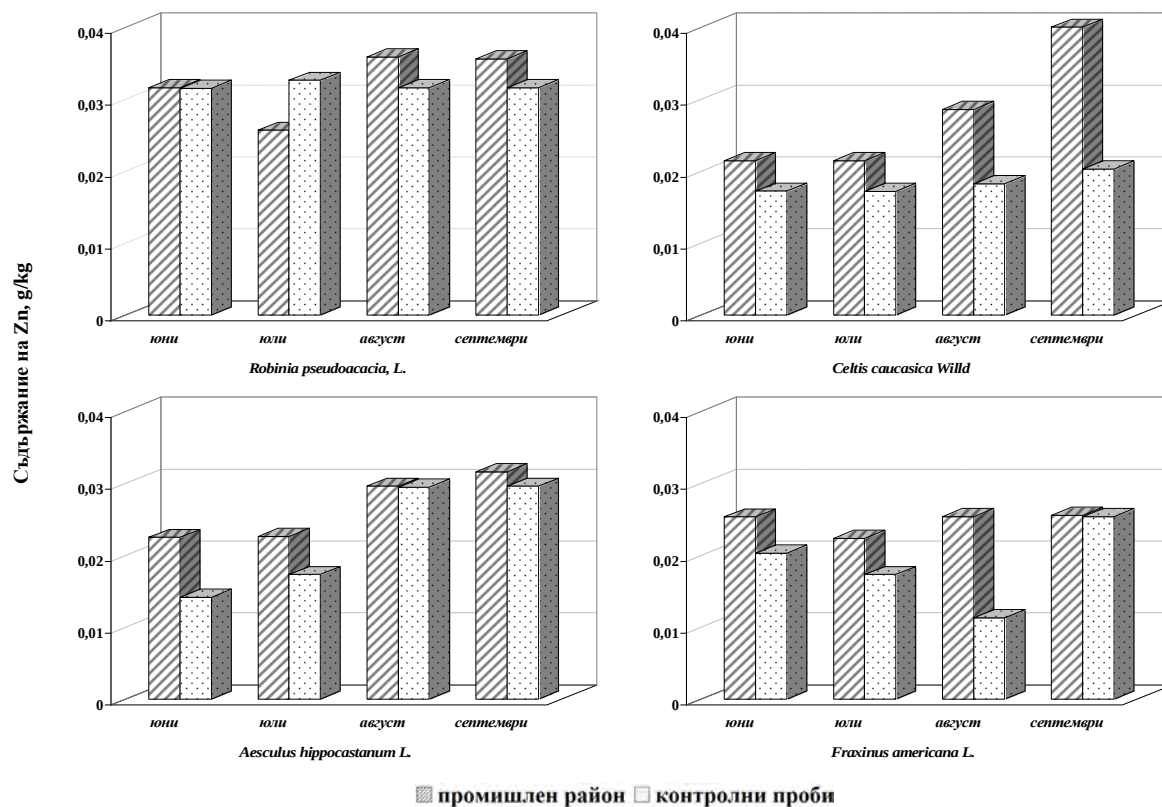
На фиг. 3 и фиг. 4 е представено съдържанието на цинк и манган в листата на изследваните дървесни видове. Концентрациите на цинка варират в диапазона от 0,01 до 0,04 g/kg, а тези на мангана – от 0,03 до 0,09 g/kg.



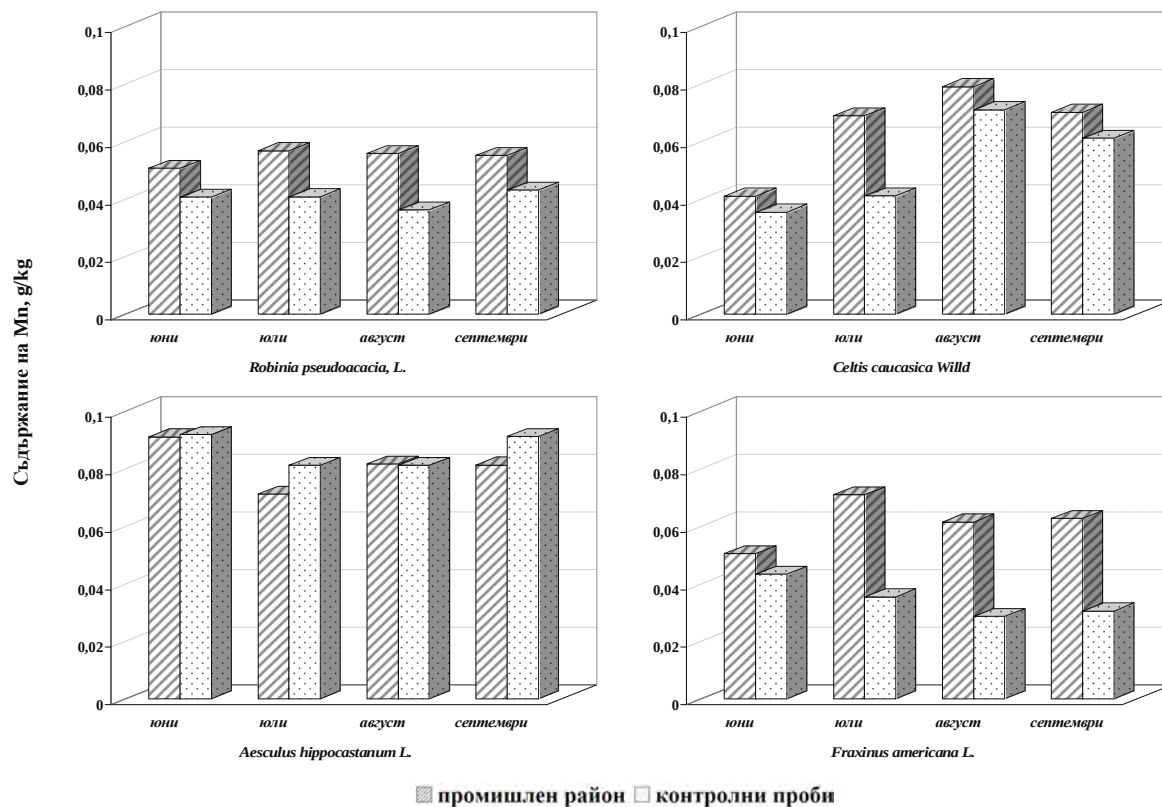
Фиг. 1. Съдържание на олово (g/kg) в листата на изследваните дървесни видове



Фиг. 2. Съдържание на кадмий (g/kg) в листата на изследваните дървесни видове



Фиг. 3. Съдържание на цинк (g/kg) в листата на изследваните дървесни видове



Фиг. 4. Съдържание на манган (g/kg) в листата на изследваните дървесни видове

От направените анализи се доказва по-голямото натрупване на Zn и Mn в листата на дърветата, които са в близост до източника на замърсяване. Отклонение от тази тенденция прави видът *Aesculus hippocastanum* L., при който различията между опитните и контролните растения са много променливи. Подобен характер на поведение на Zn и Mn в листната маса на дървесни видове, от замърсени площи, е посочено и от други автори [2, 3, 4].

От резултатите, получени при анализиране съдържанието на отделните елементи в листата на изследваните дървесни видове, се вижда, че замърсяването на околната среда в повечето случаи спомага за тяхното натрупване в края на вегетационния период. Различната степен на поглъщане на тези елементите зависи от редица фактори:

IV. ИЗВОДИ

Съдържанието на Mn, Pb, Zn и Cd (g/kg) за четири различни дървесни вида е представено графично и е проследена връзката между различията в химичните показатели и установените в предишните изследвания промени на някои метаболитни продукти в рамките на проведеното изследване.

През по-голямата част от вегетационния период количеството на анализирани елементи е по-високо в листната маса на дървесните видове от промишлената зона.

От изследваните дървесни видове е установено, че *Robinia pseudoacacia* L. има най-добра способност да акумулира тежки метали, което дава основание този вид да се използва за залесяване и създаване на санитарни пояси в промишлени райони.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Ж. Бекярова, Ст. Каменова, С. Табакова, Изследване на тежкометалното замърсяване на почви в урбанизирани територии, XIV Научно-техническа конференция с международно участие "ЕкоВарна 2008, стр. 121-128, 2008.
- [2] К. Йорова, Кр. Петкова, Ив. Кондов. Влияние на промишленото замърсяване върху състоянието на почвата под опитни култури от различни видове

- по-интензивно протичащите процеси при развитието и формирането на листните тъкани през вегетационния период;
- метеорологични фактори – вятърът и валежите, които отмиват и отнасят част от натрупаните замърсители;
- степента на замърсяване на въздуха през отделните месеци;
- специфичността на отделния вид;
- гранулометричния и физико-химичният състав на почвата и др.

Отчитайки различните фактори, по-голямо внимание е необходимо да се отдели на измерените съдържания, направени в края на вегетационния период, тъй като те по-точно определят акумулиращата способност на изследваните видове.

в района на Девня, Лесовъдска мисъл, IV, N 4, стр. 36-45, 1998.

[3] К. Узунов, В. Захариева, В. Коларова, В. Драгостинова, Й. Узунов, Тежки метали (Mn, Pb, Zn, Cu) в почви и растения в Софийската котловина, Геохимия, минералогия и петрология, N 31, стр. 103-123, 1996.

[4] Р. Гатева, Проучвания върху акумулацията на микроелементи от дървесни видове в Девненския промишлен район, Наука за гората, XXXI, N 1, стр. 8-15, 1994.

[5] С. Стоянов, Тежки метали в околната среда и хранителните продукти. Токсично увреждане на човека, клинична картина, лечение и профилактика, Пенсофт, София, 1999.

[6] Zh. Bekyarova, D. Dinkov, Y. Spasova, Influence of the industrial pollution on the content of the chemical elements Ca, Mg, Fe and Cu in the leaves of deciduous tree species, Journal of Balkan Ecology, Vol. 14, No 3, pp.281-289, 2011.

За контакти:

Живка Бекярова, доцент д-р в катедра "Екология и опазване на околната среда" при ФМНЕ на ТУ-Варна, ул. Студентска № 1, 309НУК
e-mail: jbekyarova@abv.bg

Рецензент:

доц. д-р Драгомир Пламенов – ТУ-Варна

DETERMINATION OF THE METACENTRIC HEIGHT AT EARLY STAGES OF SHIP DESIGN¹

ОПРЕДЕЛЯНЕ НА МЕТАЦЕНТРИЧНАТА ВИСОЧИНА В НАЧАЛНИТЕ ЕТАПИ НА ПРОЕКТИРАНЕ НА КОРАБА

Özgün Öner, Petar Georgiev

Abstract: It is essential at early stages of ship design where the hull form is not available to evaluate the stability of ship by metacentric height. There are many approximate formulas developed during the years concerning vertical centre of buoyancy-KB, metacentric radius - BM and for z-coordinate of the metacentre - KM. The paper deals with investigation of the applicability of available formulae for KB and BM by comparison of values obtained from formulae and after precise calculations for simple geometrical bodies and for two real ships as well.

Keywords: Initial stability, metacentric height, vertical centre of buoyancy, metacentric radius, approximate formulae.

Резюме: В началните етапи на проектиране от особено значение е определянето на устойчивостта при отсъствие на корабната форма. През годините са предложени множество приблизителни формули за пресмятане на апликатата на центъра на водоизместване –KB, метацентричния радиус – BM и апликатата на метацентричния – KM. В статията се изследва приложимостта на съществуващите зависимости, чрез сравняване на резултатите от формулите и прецизни изчисления, за тела с проста форма и за два реални кораба.

Ключови думи: начална устойчивост, метацентрична височина, апликата на центъра на водоизместване, метацентричен радиус, приблизителни формули.

I. INTRODUCTION

Stability is one of the most important safety features of ships, and in particular of small ships which tend to suffer from insufficient stability which could lead to capsizing the vessel and loss of the crew. It is, therefore, essential to design a ship with adequate stability and to maintain it in all conditions of loading during its operation.

Metacentric height (GM) is the most basic stability criterion and one of the earliest methods used to quantify a ship's stability. However, since the position of the metacentre varies at ship inclination, GM is only a valid measure for static stability of the ship within small angles from the initial unheeled position.

At the initial stages of design if the hull lines are missing, the one way to evaluate initial stability is by GM. The metacentric height can be obtained by

$$GM = KM - KG \quad (1)$$

where: KM is the metacentre and KG – vertical centre of gravity.

The z-coordinate of metacentre KM is calculated by

$$KM = KB + BM \quad (2)$$

where: KB is the vertical centre of buoyancy and BM is the metacentric radius.

There are many approximate formulas for calculation of vertical centre of buoyancy and metacentric radius in the literature. They are based on statistics for different ship hulls during the years.

The paper deals with investigation of the applicability of the available approximate formulas based on two example ships. The first is 9800 tDW multipurpose ship and second is 22200 tDW bulk carrier. The applicability is checked for simple geometrical bodies too.

Chapter II includes description of all investigated approximate formulas for KB and BM and main dimensions of example ships. Chapter III presents the obtained results and comparison with theoretical values for

¹ The paper is a part of the Diploma thesis (2011) elaborated by first author in specialty "Naval Architecture and Marine Technology" under supervision of the second author.

simple bodies and accepted hydrostatic particulars for real ships. At the end of the paper some conclusions are drawn.

II. INVESTIGATED APPROXIMATE FORMULAE

The approximate formulas are gathered from different sources [1], [2].

There are seven formulae for KB and ten formulae for BM presented in Tables 1 and 2. The common structure of investigated formulae is as follows:

$$KB = T \cdot k \quad k = f(Cb, Cw, Cm)$$

$$BM = \frac{B^2}{T} \cdot m \quad m = f(Cb, Cw, Cm) \quad (3)$$

The first step in the investigation is evaluation of applicability to simple geometrical bodies. Three simple geometrical bodies with constant cross section are considered i.e. rectangular, triangular and half circle section (Figure 1).

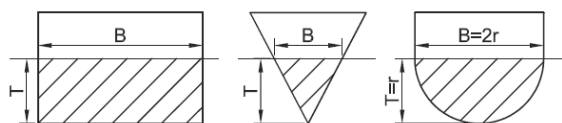


Figure 1. Cross sections of simple bodies.

The theoretical values for KB and BM are as follows:

- Rectangular cross section

$$KB = T \frac{1}{2}; BM = \frac{B^2}{T} \frac{1}{12} \quad (4)$$

- Triangular cross section

$$KB = T \frac{2}{3}; BM = \frac{B^2}{T} \frac{1}{6} \quad (5)$$

- Half circle cross section

If we assume the breadth of the body is $B=2r$ and draught $T=r$, where r is the circle radius, than:

$$KB = T \left(1 - \frac{4}{3\pi}\right); BM = \frac{B^2}{T} \frac{1}{3\pi} \quad (6)$$

The main dimensions of the example ships are shown in Table 3 and hull sections in Fig.2. The shown design drafts are close to the summer ship draft. The hull forms were generated by FORAN[®] system in the 90s.

Table 1. Approximate formulae for KB

No	Author	Formula
1	Posdunine	$KB = T \left(\frac{C_{WP}}{C_B + C_{WP}} \right)$
2	Morrish	$KB = \frac{T}{3} \left(2.5 - \frac{C_B}{C_{WP}} \right)$
3	Normand	$KB = T(0.9 - 0.36C_M)$
4	Schneekluth	$KB = T(0.9 - 0.3C_M - 0.1C_B)$
5	Bauer	$KB = T \left(0.828 - 0.343 \frac{C_B}{C_{WP}} \right)$
6	Henschke	$KB = T \left(0.78 - 0.285 \frac{C_B}{C_{WP}} \right)$
7	Japanese ships	$KB = T \left(0.78 - 0.285 \frac{C_B}{C_{WP}} \right)$

Table 2. Approximate formulae for BM

No	Author	Formula
1	Robb	$BM = \frac{B^2}{T} \left(\frac{1}{16 - 7C_B} \right)$
2	Riddlesworth	$BM = \frac{B^2}{T} \left(0.09 - \frac{0.0067}{C_B} \right)$
3	Eames	$BM = \frac{B^2}{T} \left(\frac{C_{WP}(0.727C_{WP} + 0.0106 - 0.003)}{C_B} \right)$
4	D'arcangelo	$BM = \frac{B^2}{T} \left(\frac{0.1216C_{WP} - 0.0410}{C_B} \right)$
5	Kiss	$BM = \frac{B^2}{T} \left(\frac{0.09377C_P - 0.0122}{C_B} \right)$
6	Brown	$BM = \frac{B^2}{T} \left(\frac{0.0861C_P - 0.008}{C_B} \right)$
7	Mc Cloghrie	$BM = \frac{B^2}{T} \left(\frac{C_{WP}^2}{12C_B} \right)$
8	Posdunine	$BM = \frac{B^2}{T} \left(\frac{C_{WP}(C_{WP} + 0.04)}{12C_B} \right)$
9	Rauert	$BM = \frac{B^2}{T} \left(\frac{57C_{WP} - 22}{420C_B} \right)$
10	Murray	$BM = \frac{B^2}{T} \left(\frac{3C_{WP} - 1}{24C_B} \right)$

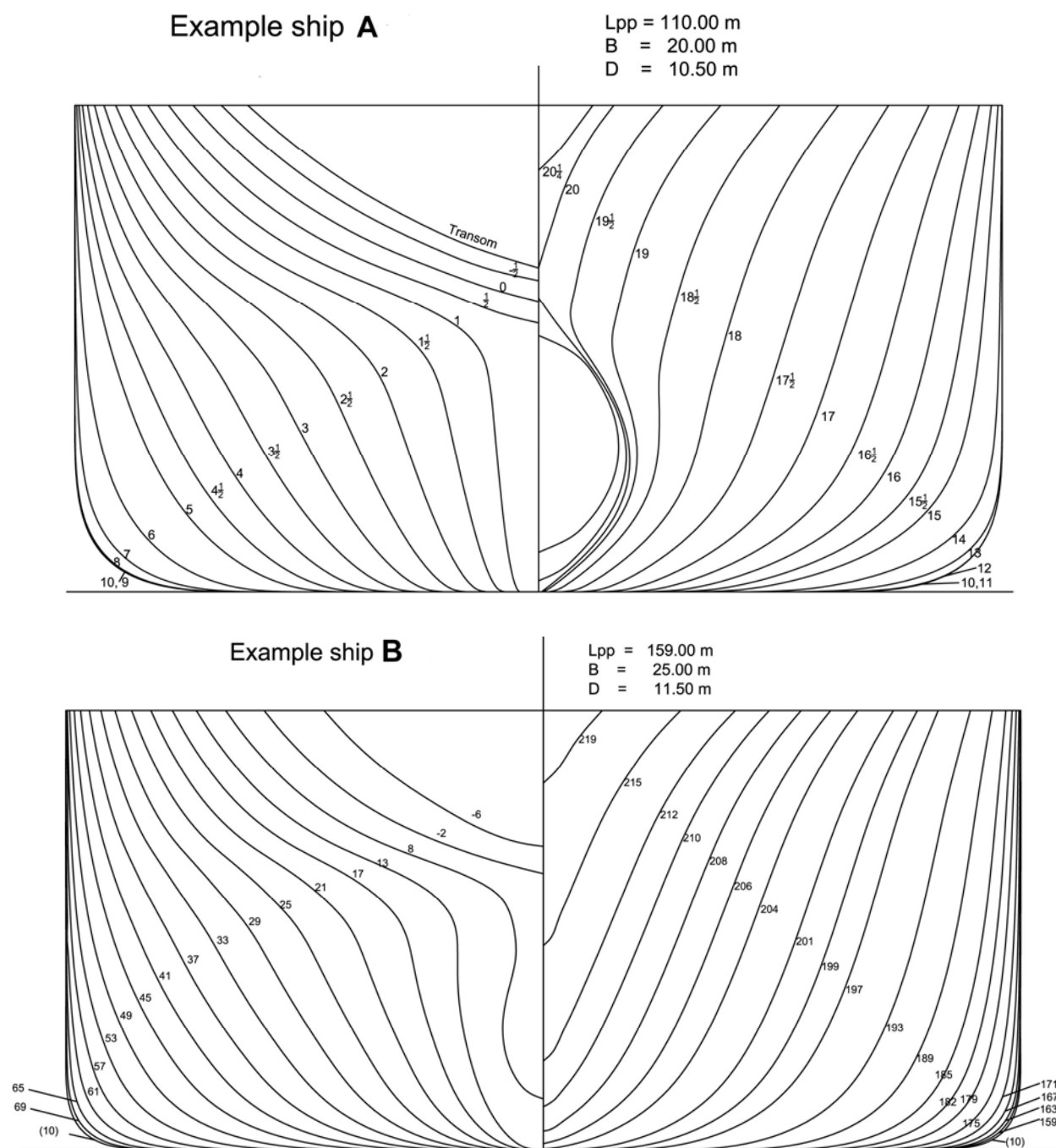


Figure 2. The hull sections for example ships: Ship A (top), Ship B (bottom)

Table 3. Main dimensions of example ships

Item	Ship A	Ship B
Length b/w perpendiculars, m	110.0	159.00
Breadth, m	20.00	25.00
Depth, m	10.50	11.50
Design draft – T, m	8.00	8.50
Block coefficient, C _b at T	0.713	0.803
Waterplane coefficient, C _w	0.852	0.884
Midship coefficient, C _m	0.982	0.994

The hull form coefficients and the hydrostatic particulars are taken from the ship documentation.

The calculations are carried out for range of draughts 3 - 9 m with step of 0.25 m. The applicability is analyzed by relative differences δKB for KB and δBM for BM as follows:

$$\delta KB_i = \frac{KB_{ij} - KB_{0j}}{T_j} = (k_{ij} - k_{0j}) \cdot 100, \% \quad (7)$$

where: $i=1...7$ – corresponding KB approximate formula; j – the j^{th} draft. The index ‘0’ is for example ship.

$$\delta BM_i = \frac{BM_{ij} - BM_{0j}}{B} = \frac{B}{T_j} (m_{ij} - m_{0j}) \cdot 100\% \quad (8)$$

where: $i=1...10$ – corresponding BM approximate formula.

III. RESULTS

The values of coefficients k_{ij} and m_{ij} are calculate for all formulas and all draughts using hull form coefficients – Cb, Cm and Cw. The hull form coefficients correspond to the real hull form of the ships.

As limits of applicability the following difference between the calculated and exact values are accepted: for KB – δKB in range $\pm 1.5\%$; for BM – δBM in range $\pm 2.0\%$. The results for simple bodies are shown in the Table 4 and 5.

Table 4. Coefficient k for simple bodies

Item/Formula			
Cb	0.5	$\pi/4$	1.0
Cw	1.0	1.0	1.0
Cm	0.5	$\pi/4$	1.0
Exact value	0.6667	0.5756	0.5000
1 Posdunine	0.6667	0.5601	0.5000
2 Morrish	0.6667	<u>0.5715</u>	0.5000
3 Normand	0.7200	0.6173	0.5400
4 Schneekluth	0.7000	<u>0.5858</u>	0.5000
5 Bauer	<u>0.6565</u>	0.5586	0.4850
6 Henschke	0.8000	0.6288	0.5000
7 Japanese ships	0.6375	0.5562	<u>0.4950</u>

Table 5. Coefficient m for simple bodies

Item/Formula			
Cb	0.5	$\pi/4$	1.0
Cw	1.0	1.0	1.0
Cm	0.5	$\pi/4$	1.0
Exact value	0.1667	0.1061	0.0833
1 Robb	0.0800	0.0952	0.1111
2 Riddlesworth	0.0766	0.0815	0.0833
3 Eames	<u>0.1606</u>	<u>0.1022</u>	<u>0.0803</u>
4 D'arcangelo	<u>0.1612</u>	<u>0.1026</u>	<u>0.0806</u>
5 Kiss	<u>0.1631</u>	<u>0.1039</u>	<u>0.0816</u>
6 Brown	0.0701	0.0759	<u>0.0781</u>
7 Mc Cloghrie	0.1667	0.1061	0.0833
8 Posdunine	<u>0.1733</u>	<u>0.1103</u>	<u>0.0867</u>
9 Rauert	0.1667	0.1061	0.0833
10 Murray	0.1667	0.1061	0.0833

The bold typed values are identical with the exact ones. The underlined values are within accepted limits. As one can see, a small number of formulae give exact value for simple bodies and for half circle section there is not a formula with exact value for KB. At the same time, three formulae give exact value for BM of all considered simple bodies, i.e. Mc Cloghrie, Rauert and Murray.

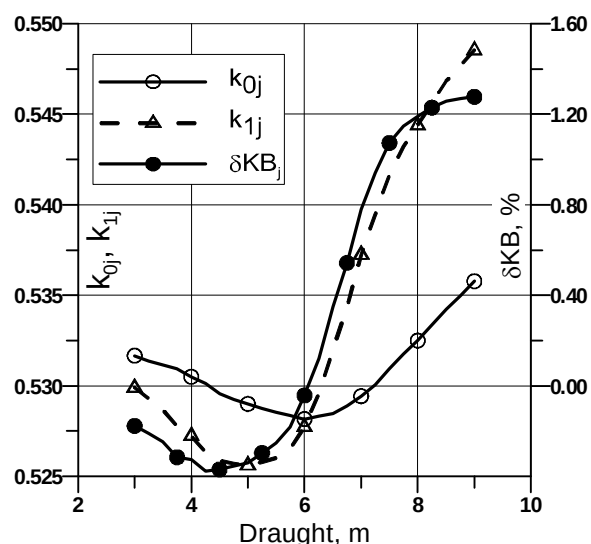


Figure 3. Coefficient k_{1j} calculated by Posdunine formula, real values k_{0j} for Ship A and difference δKB

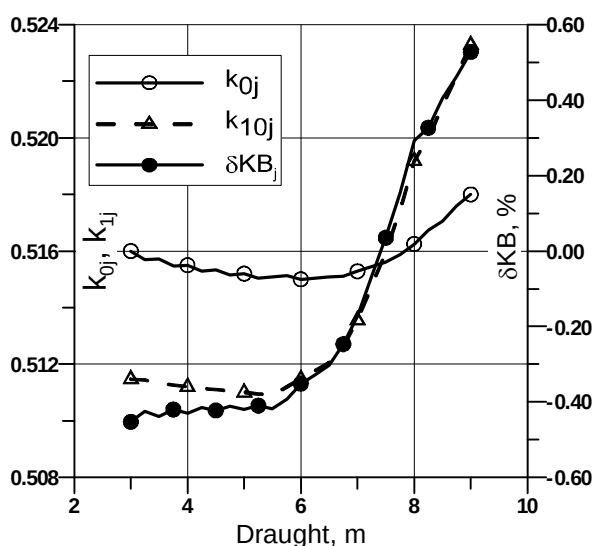


Figure 4. Coefficient k_{10j} calculated by formula “Japanese ships”, real values k_{0j} for Ship B and difference δKB

The comparison for KB calculated by Posdunine formula (No 1) for Ship A is shown in Fig. 3 and the results by formula No 10 “Japanese ships” for Ship B are presented in Fig. 4. The comparison for BM calculated by Murray formula (No 10) for Ship A and for Ship B is shown in Fig. 5 and Fig. 6 accordingly.

The summary of results for the investigated range of draughts for the example ships is presented in Table 6 for KB and in Table 7 for BM.

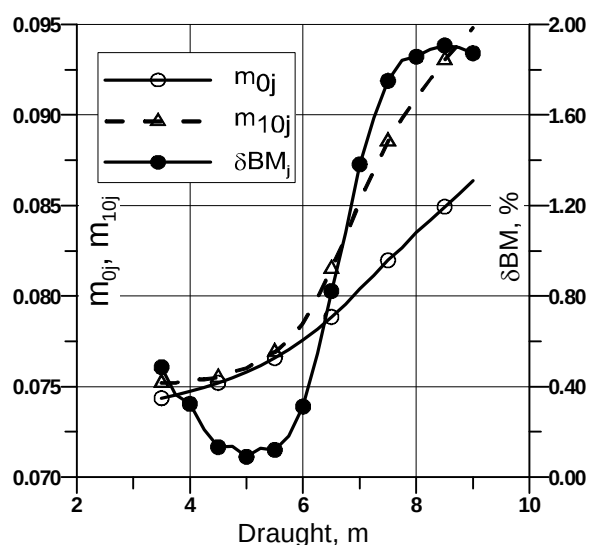


Figure 5. Coefficient m_{10j} calculated by Murray formula for Ship A, real values m_{0j} and difference δBM

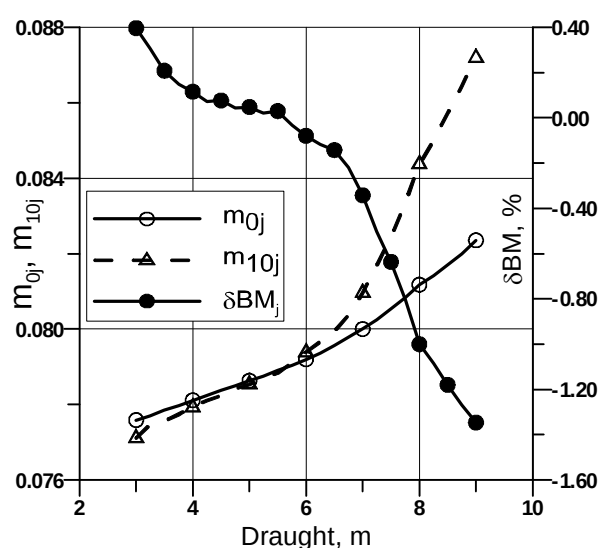


Figure 6. Coefficient m_{10j} calculated by Murray formula for Ship B, real values m_{0j} and difference δBM

Mark ‘OK’ means that the maximum and minimum difference is within the accepted limits and ‘NOK’ means that the difference is outside the limits. For design drafts of the vessels the differences are shown in Table 8 and Table 9.

Table 6. Differences δKB and the limits

Formula	Ship A	Ship B
1 Posdunine	OK	OK
2 Morrish	NOK	NOK
3 Normand	NOK	NOK
4 Schneekluth	NOK	NOK
5 Bauer	OK	OK
6 Henschke	NOK	NOK
7 Japanese ships	OK	OK

Table 7. Differences δBM and the limits

Formula	Ship A	Ship B
1 Robb	NOK	NOK
2 Riddlesworth	NOK	NOK
3 Eames	NOK	NOK
4 D’arcangelo	OK	NOK
5 Kiss	NOK	OK
6 Brown	NOK	OK
7 Mc Cloghrie	NOK	NOK
8 Posdunine	OK	NOK
9 Rauert	NOK	NOK
10 Murray	OK	OK

Table 8. Difference $\delta KB_i, \%$ for design draft

Formula	Ship A T= 8.00	Ship B T= 8.50
1 Posdunine	1.19	0.69
2 Morrish	2.19	1.35
3 Normand	1.40	2.51
4 Schneekluth	0.16	0.44
5 Bauer	0.85	-0.06
6 Henschke	-2.17	-1.35
7 Japanese ships	0.90	0.41

Table 9. Difference $\delta BM_i, \%$ for design draft

Formula	Ship A T= 8.00	Ship B T= 8.50
1 Robb	1.83	4.31
2 Riddlesworth	-0.72	-0.02
3 Eames	-0.10	-0.76
4 D’arcangelo	1.08	0.32
5 Kiss	-1.28	-0.75
6 Brown	-1.76	-1.49
7 Mc Cloghrie	0.34	-0.18
8 Posdunine	1.33	0.90
9 Rauert	1.30	0.72
10 Murray	1.86	1.18

IV. CONCLUSIONS

Metacentric height (GM) is the basic stability criterion and one of the earliest methods used to quantify a ship's stability

At the initial stages of design if the hull lines are missing, the initial stability is evaluated by GM. The metacentric height can be obtained based on calculation of metacentre, respectively KB – vertical centre of buoyancy and BM – metacentric radius and estimation of vertical centre of gravity- KG.

In the paper the applicability of available in the literature approximate formulas for KB and BM to real ships is investigated. The KB and BM are calculated using Excel spreadsheets by different approximate formulas and results are compared with exact values calculated by specialized software for two example ships and simple geometrical bodies. Based on the obtained results the following conclusions could be made:

- There is limited number of formulae for KB that give exact result for simple geometrical bodies. A good example is the Morish formula that gives exact results for rectangular and triangular cross section and difference less than 1.5 % for circular cross section;

- For metacentric radius BM metacentric radius there are 3 formulas that give exact results for the all 3 simple bodies i.e. Mc Cloghrie, Rauert, Murray and other 4 formulas – Eames, D'arcengalo, Kiss and Posdunine, that give acceptable results;

- For KB of ships 3 formulas - Posdunine, Bauer, and "Japanese ships" give acceptable results for the both of ships.

- For BM of the ships there is one formula (Murray) with acceptable results for the both of ships and other 4 formulas with good results for one of the ships.

- It is very interesting result, that the Posdunine formulas for KB and BM are acceptable for simple bodies and for the ships as well. The Russian shipbuilder academician worked from 1908 till his dead in 1948.

Additional analyses are necessary to investigate the influence of V- and U- shaped forms and to find more details about the statistical data used in development of the approximate formulae.

Despite of this, the obtained results from these preliminary investigations give enough reasons to recommend the using of approximate formulas of Posdunine, Bauer, "Japanese ships" and Murray at early stages of ship design.

REFERENCES

- [1]. Schneekluth, H. and V. Bertram. Ship Design for Efficiency and Economy, 1998, Butterworth-Heinemann Linacre House, Jordan Hill, Oxford OX2 8DP
- [2] <http://www.gidb.itu.edu.tr/staff/akyildiz>

For contacts:

Assoc.Prof. Dr. Petar Georgiev
Shipbuilding Department
Technical University of Varna
Studentska Str. No 1, room 201 UPB
e-mail: petar.ge@tu-varna.bg

Рецензент: проф. д-р. Петър Колев

МЕТОДИ ЗА ВИЗУАЛИЗАЦИЯ НА МЕТАДАННИ И ТЯХНОТО ПРИЛОЖЕНИЕ В ЕКОЛОГИЧНИЯ МОНИТОРИНГ НА СВЕТОВНИЯ ОКЕАН

METHODS FOR METADATA VISUALIZATION AND ITS IMPLEMENTATION IN WORLD OCEAN MONITORING

Даниела Тонева¹, Анна Божидарова¹, Валери Богданов², Детелина Йонова¹

Резюме: В условията на глобализация метаданните и инструментариума за визуализацията им имат критична роля в системите за екологичен мониторинг: идентифициране на данните и тяхната автентичност, запазване контекста на мониторинговата информация, доказване връзките между мониторираните обекти. Настоящото изследване изяснява мястото и ролята на метаданните при регистрацията и каталогизирането на информацията от екологичния мониторинг и постигането на оперативна съвместимост. Обект на изследване са възможностите за визуализация на такъв тип информационни ресурси. Представени са възможностите за визуализация на метаданни от екологичния мониторинг на Световния океан при използване на специализиран софтуер – ODV (Ocean Data View). Демонстрирани са предимствата на посочената визуализация в процеса на оценяване на взаимовръзките и взаимозависимостите на параметрите на морската среда.

Ключови думи: визуализация, екологичен мониторинг, метаданни

Abstract: in condition of globalization metadata and the tools for its visualization are critical for environmental monitoring systems: for data identification and verification; to prove interdependence between the objects of environmental monitoring. The current research defines the place and role of metadata in process of registration and catalogization of environmental monitoring information and achievement of interoperability. The different approaches of such kind of informational resources visualization are object of the research. The opportunities for the World Ocean monitoring metadata' visualization are presented, as well, as ODV (Ocean Data View) software implementation methods. The advantages of this visualization method in marine environment parameters' interrelation and interdependence estimation process are demonstrated.

Keywords: visualization, environmental monitoring, metadata

I. ВЪВЕДЕНИЕ

Екологичният мониторинг се реализира чрез сложни системи за наблюдение, анализ, оценка и прогнозиране на измененията в компонентите на околната среда, средообразуващите фактори и средата като цяло. В съвременните условия пред системите за мониторинг на околната среда се поставят изисквания за осигуряване качеството на мониторинговите данни, правилното им описване и картотекиране, осигуряване на достъпа и съпоставимостта на информацията. При изследванията на Световния океан и морските басейни например, проблем представлява както липсата (или недостига) на информация,

така и нейното качеството, организацията и достъпност.

Разрешаването на тези проблеми изисква мерки, насочени, от една страна, към осигуряване качеството на данните, и от друга страна, към осигуряване на достъпа до мониторингова информация чрез въвеждане на оперативни съвместими системи от услуги за обмен и използване на пространствени данни от различни нива ползватели.

За целите на глобалния и регионалния екологичен мониторинг обективно се налага необходимостта от развитие на система с общи съгласувани спецификации и минимални критерии за изпълнение, гарантираща оперативна съвместимост на създадените инфраструктури. Тази потребност е

отразена в директива 2007/2/ЕО на Европейския парламент и на Съвета от 14 март 2007 година за създаване на инфраструктура за пространствена информация („INSPIRE“).[1] Като инструмент за изграждане на тази инфраструктура Директивата посочва метаданните и ги дефинира като “информация, описваща масив от пространствени данни и услуги за пространствени данни, позволяваща тяхното откриване, обобщаване и използване”.[1]

В практиката метаданните често се определят като “данни за данните” или “информация за информацията”.[2] Метаданните са записи с описателна информация за други данни или източници на информация. Те описват и поясняват «суровите данни» (структурирани в електронен или неелектронен източник на информация) по установен стандарт ”.[3] Това улеснява локализирането, извличането, използването и управлението на информационните ресурси.

За улесняване интерпретацията на метаданни и адекватно представяне на мониторинговата информация се прилагат различни методи за тяхната визуализация. Изборът на конкретен целесъобразен визуализационен метод се определя от контекста на първичната информация, спецификата на информационния ресурс, същността и характера на обекта на наблюдение, изследване и анализ.

Визуализацията на пространствени метаданни практически се реализира при използване на специализиран софтуер.

II. АНАЛИЗ

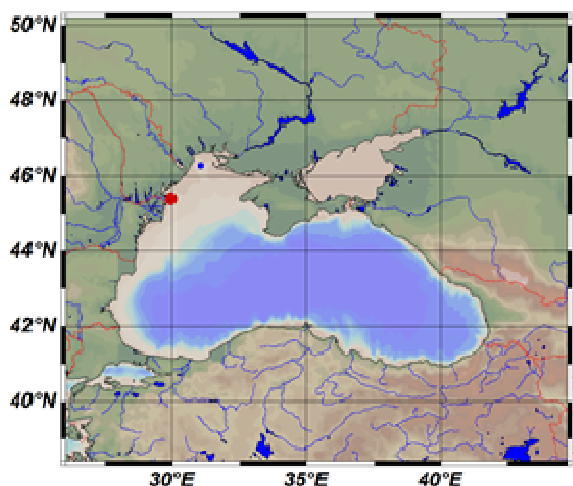
Екологичният мониторинг на Световния океан и морските басейни изисква използването на специфична инфраструктура за обмен на данните от наблюденията, измерванията, изпитванията и експериментите, реализирани в хода на мониторинговата дейност. По своята същност те са геопропространствени данни, които могат да са структурирани като файл, респективно колекция, и се характеризират с атрибутна, пространствена и времева компонента.

Времевата компонента е задължителна от гледна точка на запазване на контекста на информацията. Формално времевата компонента се изразява с период, дата (гггг/мм/дд или дд/мм/гггг), час. Пространствената компонента включва данни за координати (географска дължина и ширина), геометрична форма и топология на изследвания обект. В случаите, когато информацията е получена в резултат например на научноизследователска експедиция, към пространствената компонента се включват и круиза, трансекта или мониторинговата станция. Атрибутната компонента представлява описателни текстови или числови данни: наименования на обекти, станции, институции, идентификатори и др.

Такъв тип файлове, съдържащи метаданни от екологичния мониторинг на Световния океан и морските басейни са особено подходящи за визуализация при използване на ODV (Ocean Data View). ODV е софтуер, специално създаден за визуализация на мониторингови данни за Световния океан. Разработен е от немския институт Alfred Wegener Institute. Той предоставя разнообразни възможности за графично представяне на информацията: представяне на данни от един или множество мониторингови пунктове, възможност за цветно представяне на резултатите от изследователски плавания; представяне на изменението на един параметър в зависимост от изменението на една или две променливи.

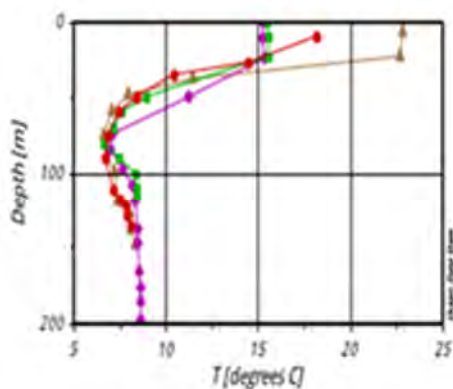
Софтуерът позволява позициониране върху различни картови подложки на станциите, в които са извършвани съответните наблюдения, измервания благодарение на съдържащата се във файловете с метаданни пространствена информация. [4] ODV е съвместима с голям брой атласи на Световния океан и позволява различни форми на представяне на земната повърхност. Пример за такъв вариант на визуализиране на локацията на пробовземен пункт в Черно море е представен на фиг.1. На фигурата с червени линии са обозначени

националните граници, а позицията на реална мониторингова станция е обозначена с червена точка.



Фиг. 1. ODV визуализация на локацията на мониторингова станция в Черно море

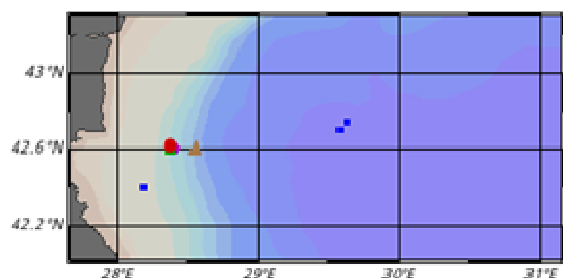
Доколкото за голяма част от нуждите на екологичния мониторинг на морските басейни, топологията на крайбрежието не е от голямо значение, при визуализация на данни от конкретни измервания най-често се използва олекотена картова подложка при използване само на пластовете за океанска батометрия и брегова линия. Такива картови изображения са използвани в настоящото изследване върху методите за визуализация на метаданни.



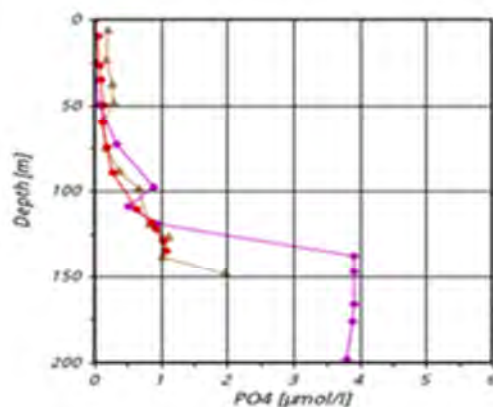
Фиг.2. Графика на изменението на температурата [°C] в дълбочина [m]

Приоритетно при представянето на данните от екологичния мониторинг на Световния океан са свързани с адекватността на представяне на

корелацията между отделните изследвани показатели, при максимално запазване на контекста на информацията. Разглежданият програмен продукт (ODV) предоставя възможност за представяне на данните под форма на точки, разположени в двумерни координатни системи и под форма на графики, като успоредно с това визуализира в същия работен плот и локализацията на станцията или станциите, в които са извършени измерванията. Пример за този вид визуализация е демонстриран на фиг.2 и фиг.3. На фиг.2 са представени графиките на изменение на температурата в избраните станции за екологичен мониторинг. За целта на всяка избрана станция е присвоен цвят и форма за обозначаване на точките (измерванията).



Фиг.3. Локализация на станциите, в които са извършвани измерванията, представени на фиг.3

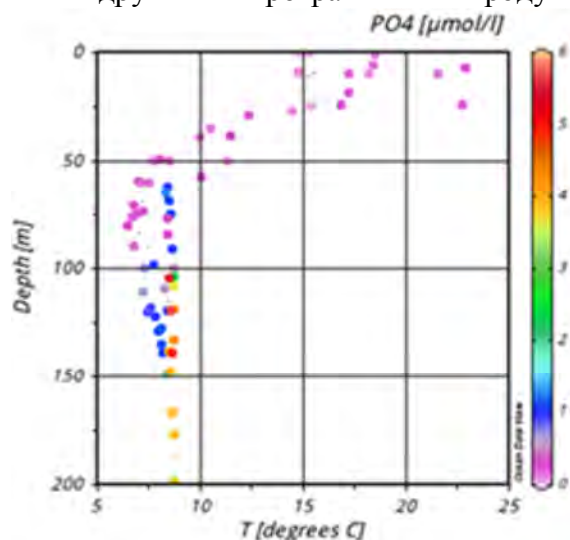


Фиг. 4. Графика на изменението на фосфатите [µmol/l] при дълбочини от 0 до 200 m

Възможността за селектиране на пунктовете от една страна увеличава функционалността на визуализационната услуга, и от друга страна улеснява анализа на данните от мониторинга и научните

изследвания. В конкретния пример са избрани четири мониторигови пункта, разположени срещу нос Калиакра (както се вижда от фиг.3), при максимална дълбочина 200m. Поради голямата близост между някои от тях на фиг.3 се наблюдава частично застъпване на цветните означения. Това неудобство може лесно да бъде отстранено чрез промяна в мащаба на изображението на картата при използване на функциите „zoom in” и „zoom out”.

Варирането между измерените параметри при използване на ODV е лесно и позволява запазване на вече избраната селекция от мониторингови станции и графично представяне на поведението на различни двойки величини чрез промяна на значенията на координатите „x” и „y”. Пример за представяне на корелацията между дълбочина (0-200m) и концентрацията на фосфатите [$\mu\text{mol/l}$] при запазване на селекцията от мониторинговите станции е демонстриран на фиг.4. Стандартната диаграма отразява резултатите от измерванията на концентрацията на фосфатите в различните пунктове при различните дълбочини. За такъв тип визуализация на мониторингови данни могат да се ползват и други програмни продукти.

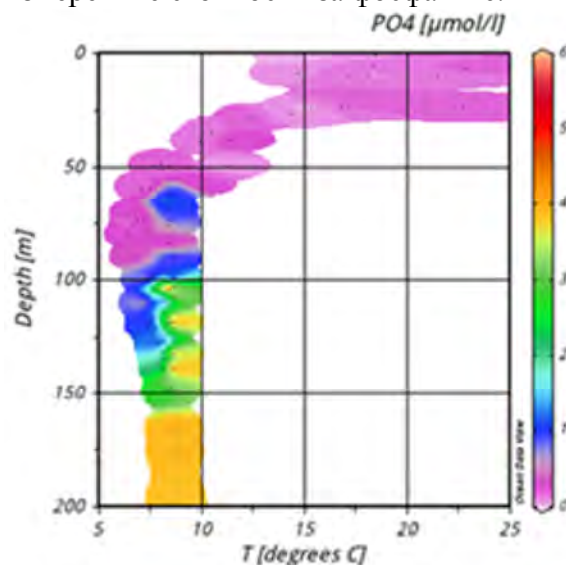


Фиг. 5. ODV – визуализация на изменението на поведението на фосфатите [$\mu\text{mol/l}$] в зависимост от температурата [$^{\circ}\text{C}$] и дълбочината [m]

При използване на ODV на работния плот, диаграмата от фиг.5 е придружена от

карта с локализацията на станциите (фиг.3). В един от избраните пунктове не са провеждани съответните измервания и липсват данни.

Практическото значение на тази възможност се свързва с онагледяването на изменението на даден параметър в зависимост от стойностите на други две величини. Въвеждането на координата „z” е опционално при използване ODV. Това позволява в една плоскост да бъдат представени едновременно три променливи. В следващият пример (фиг.5) на въведената „z” координата е присвоено значението на изменението и стойностите на променливата „фосфати”, което позволява едновременното проследяване на изменението на концентрацията на фосфатите при различни стойности както на дълбочината, така и на температурата. Използвани са данните от измерванията в същите мониторингови станции (фиг.3). Докато стойността на температурата се разчита както при стандартна графика, то за отчитане стойността на фосфатите се използва цветната скала, представена в дясната част на изображението. На всеки диапазон от скалата за концентрацията съответства цвят, който позволява „разчитането” на значенията на измерените стойности за фосфатите.



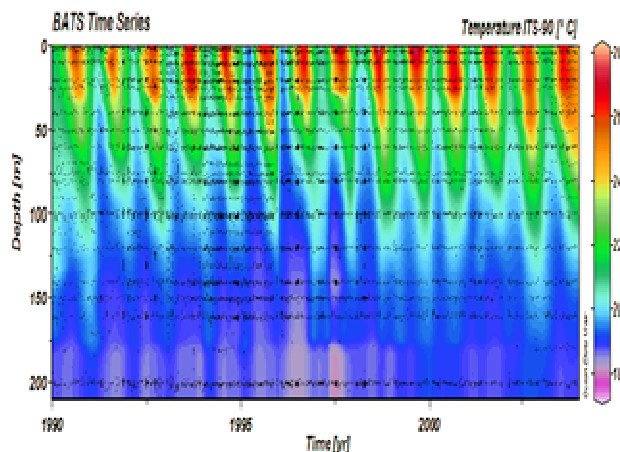
Фиг. 6. ODV – визуализация на изменението на поведението на фосфатите [$\mu\text{mol/l}$] в зависимост от температурата [$^{\circ}\text{C}$] и дълбочината [m]

В разглеждания пример цветната скала покрива интервала от 0 до 6 [$\mu\text{mol/l}$]. В зависимост от конкретните данни и нуждите на анализаторите скалата може да бъде променяна, т.е. обхвата на скалата може да се варира по целесъобразност.

При условие, че базата данни, която подлежи на визуализация съдържа голям брой данни (както в подбрения пример) визуализацията може да се модифицира до тази, представена на фиг. 6. При фиг.6 стойностите на температурата при съответната дълбочина са представени като черни точки, а стойностите за фосфатите - чрез цветната скала.

Данните за фосфатите са интерполирани, което значително улеснява дейностите по оценка на динамиката на изменение на фосфатите, както и определянето на градиента на тяхната концентрация.

Аналогично, формирането на т.нар. „времеви серии“, т.е. изменение на даден показател като функция на друга величина и във времето улесняват проследяването на поведението на даден средообразуващ фактор. Пример за формирана визуализирана времева серия за изменението на температурата на морската вода в дълбочина във времето е представена на фиг.7.



Фиг. 7. ODV визуализация на поведението на температурата [$^{\circ}\text{C}$] в дълбочина[m] във времето[y]

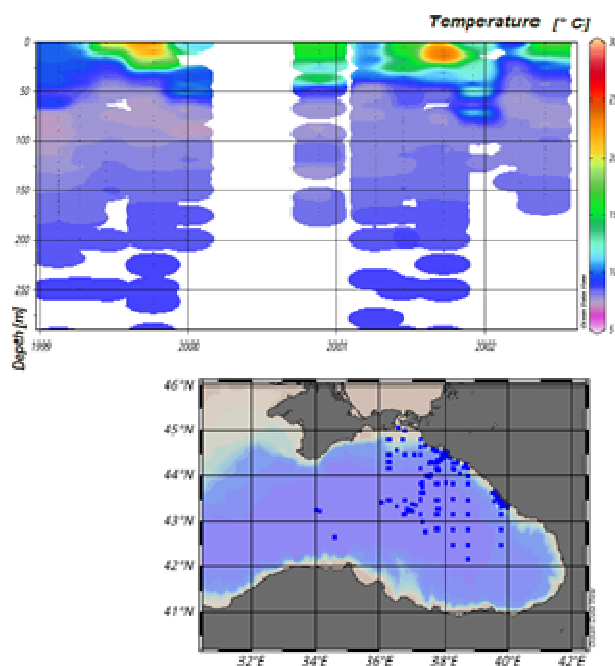
Източник: Alfred Wagener Institute

Времевият период и дълбочината на измерване са отбелязано с черна точка. На фиг.7. ясно се виждат линиите на

измерванията при различните дълбочини. На всяка стойност на температурата е присвоен цвят. В конкретния случай е обхванат времевия период от 1990 до 2005г.; дълбочина – от 0 до 200 m; избраната цветна скала за температурата: 18-28 $^{\circ}\text{C}$.

Благодарение на големия брой измервания, извършвани в различни дълбочини през различните сезони, полученото изображение е уплътнено и в него няма бели петна. Изображението е постигнато след прилагане на процедури за генериране на данни. Такава „богата“ база данни не е характерна за всички наблюдавани показатели.

В повечето случаи системите за екологичен мониторинг не разполагат с дигитализирани пространствени данни в достатъчно качество и количество, които да позволят оптимална визуализация за наблюдавания морски обект за дълъг времеви период. Такъв е случаят с базата мониторингови данни за Черно море.



Фиг. 8. ODV визуализация на измерванията на температурата [$^{\circ}\text{C}$]: бато-времева серия на и визуализация на локацията на измервателните станции

Причините за това са разнопосочни - отсъствие на измервания, грешки в

методологията или анализите на пробите, недофинансиране на системите, отложено дигитализиране на данните и др. Като към това се прибави недостатъчният обмен на пространствени данни между различните институции и държави, изследващи и мониториращи черноморския басейн, задачата за визуализация на мониторинговата информация се усложнява допълнително. В следващия пример на визуализация на данни за Черноморския басейн за периода 1999-2002г. от станциите представени на съпътстващата карта (пред бреговете на Украйна и Грузия), представен на фиг.8., ясно се вижда намаляване на полезността на цветната визуализация при недостиг на данни. [4]

За получаване на всички представени визуализации, с изключение на фиг.7, са използвани реални данни от системите за мониторинг и научноизследователски експедиции.

III. ИЗВОДИ

На база на проведеното изследване върху визуализацията на метаданните от екологичния мониторинг на световния океан и в частност на черноморския басейн са направени следните изводи:

Първо: Предимствата на визуализацията са свързани с възможностите за динамично моделиране и симулация на системи, процеси и явления. Тя се прилага при изследване на големи обекти и сложни системи, които се характеризират с различните нива на метасистемни преходи и висока степен на сложност на взаимните връзки и взаимната зависимост.

Второ: Използването на образи в екологичния мониторинг на Световния океан намалява трудностите при описание на мониторираните обекти и процеси и интерпретацията на мониторинговата информация.

Трето: ODV (Ocean Data View) като продукт, създаден за визуализация на пространствена информация и метаданни за световния океан, притежава необходимата функционалност за целесъобразно представяне на

мониторинговата и научно изследователската информация. При използване на този специализиран софтуер ясно може да бъде определен тренда на изменение на параметрите на средата, както и да бъдат недвусмислено представени зависимостите между две или повече величини.

Четвърто: използването на ODV при визуализацията на данни от екологичния мониторинг отговаря на съвременните изисквания за коректно описване на пространствена информация, за съпоставимост на данните и осигуряването на оперативна съвместимост между различните системи за мониторинг на околната среда при изграждането на единна наднационална информационна инфраструктура.

Представените резултати са получени при реализиране на проект (№226592) UPGRADE Black Sea SCENE по 7РП на ЕК.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1]. Директива 2007/2/ЕО на Европейския парламент и на Съвета, 14 март 2007 г. за създаване на инфраструктура за пространствена информация в Европейската общност (INSPIRE)
- [2]. Understanding Metadata, www.niso.org/publications/press
- [3] (ISO/IEC 11179-1).
- [4] Michael Friendly and Daniel J. Denis, An illustrated chronology of innovations, Milestones in the History of Thematic Cartography, Statistical Graphics, and Data Visualization, 2008

За контакти:

Даниела Тонева, доцент д-р, кат. "ЕООС" при ФМНЕ на ТУ-Варна; ул. „Студентска“ № 1; e-mail: d_toneva@abv.bg

нж. Анна Божидарова, докторант в кат. „ЕООС“ при ФМНЕ на ТУ-Варна, ул. „Студентска“ № 1 e-mail: anna_bojidarova@abv.bg

Валери Богданов, докторант, кат. „КНТ“ при ФИТА на ТУ-Варна, ул. „Студентска“ № 1 e-mail: valeribogdanov@gmail.com

Детелина Йонова, д-р, кат. "ЕООС" при ФМНЕ на ТУ-Варна; ул. „Студентска“ № 1; e-mail: ionova@abv.bg

Рецензент: доц. д-р. инж. Николай Минчев - ТУ-Варна

СТЕРЕОТИПИ И ОЧАКВАНИЯ НА ПОТРЕБИТЕЛИТЕ СВЪРЗАНИ С ДИЗАЙНА НА УЕБ САЙТ

USER'S STEREOTYPES AND EXPECTATIONS OF WEB SITE DESIGN

Соня Въчинска

Резюме: В статията са анализирани стереотипите сред младите хора свързани с очакванията им за дизайн на уеб сайт. Направено е проучване сред студенти от първи и трети курс, които ползват Интернет повече от две години и имат изградени очаквания при работа в мрежата. Резултатите са представени в схеми, като е използван цветови код за визуализация. В заключение са обобщени очакванията относно разположението на базови елементи в уеб страницата.

Ключови думи: Ергономична оценка, Дизайн, Стереотипи, Уеб страница.

Abstract: The article analyzes the stereotypes of young people associated with their expectations for the design of the website. A study was conducted among first and third year students who have experience of using Internet more than two years and they have established expectations for networking. The results are presented in diagrams using a color code for visualization. The conclusion summarizes the expectations regarding the location of the basic elements of web page.

Keywords: Ergonomic assessment, Design, Stereotypes, Web page.

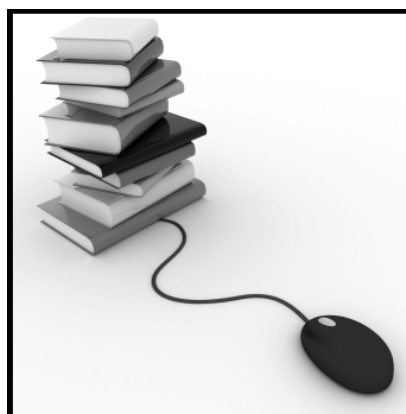
I. ВЪВЕДЕНИЕ

Потребителите, ползващи Интернет постоянно се увеличават. Възрастовият диапазон на “сърфиращите” в мрежата също непрекъснато расте. За хората, занимаващи се с образование вече е немислимо да не се обменят идеи, знания и всякакъв вид друга помощна информация посредством уеб страниците на водещи компании, световни библиотеки и електронни научни база данни [1]. Едва ли има студент, който да не ползва безкрайните възможности за придобиване и сверяване на знания във всички аспекти на образователната си дейност. Ето защо дизайна на всеки уеб сайт трябва да е добре обмислен и проектиран съобразно стереотипите и очакванията на потребителите.

Възприемането на света и личния опит се направляват от стереотипи и клишета, които използваме във всяка една сфера на нашия живот [2]. Стереотипите не са само предразсъдъци, те са и онези минали знания, на които се базираме при осъществяване на нови действия и пораждат у нас определени очаквания.

От психологическа гледна точка стереотипите са вид начин на живот на определена група от хора с идентични

черти в своето поведение. Ако в нашия опит се сблъскаме с нещо непознато отпреди, което се намира извън обичайния ред на нашето знание ние започваме процес на проучване. Най-напред дефинираме новия факт, опитваме се да схванем неговия смисъл, след това преобразуваме стъпка по стъпка нашата генерална схема на интерпретация, така че странния ефект и неговия смисъл стават съвместими с всички други факти на нашия опит.



Фиг. 1. Пътят на познанието в съвременния свят минава и през страниците на Интернет [1]

Пътят за дизайн на сайт минава през различни етапи от концептуално решение през визуален и интерактивен дизайн, от работен прототип до окончателен дизайн [3]. Един от етапите на проектиране е съставянето на концепция за визията на сайта и разделяне на екрана на сектори. Всяка част от екрана има своя функция, носи специфична информация, може да е цветово разграничена от останалите и т.н.

Изборът на конкретната визия зависи на първо място от целите, които си поставя и след това от много допълнителни показатели, като утвърден бранд на фирмата или марката, целева група, графичен дизайн и символика, очаквания и навици на потребителите и др.

Графичният дизайн на сайта е съчетание на:

- **баланс** при подреждането на изображения, графични елементи и типография;
- **контраст** между различните елементи;
- **невидими линии**, които разделят визуалното пространство във вертикална и хоризонтална посока и ограничават отделните елементи [4].

В добавка може да изтъкнем и необходимостта от **повторяемост и ритмичност** на страниците, с оглед яснота и лекота при възприемане.

Всеизвестен е факта, че потребителят ще задържи вниманието си и ще разгледа подробно сайта само, ако той успее да привлече вниманието му и да го заинтригува в първите няколко секунди след зареждането на страницата.

Съществуват редица общи и частни методики за оценка на уеб-сайтове от произволен тип или за оценяване на уеб-сайтове от определен специализиран тип като: Електронна търговия, Образователни сайтове, Здравни сайтове, Сайтове на публичната администрация и т.н. [5].

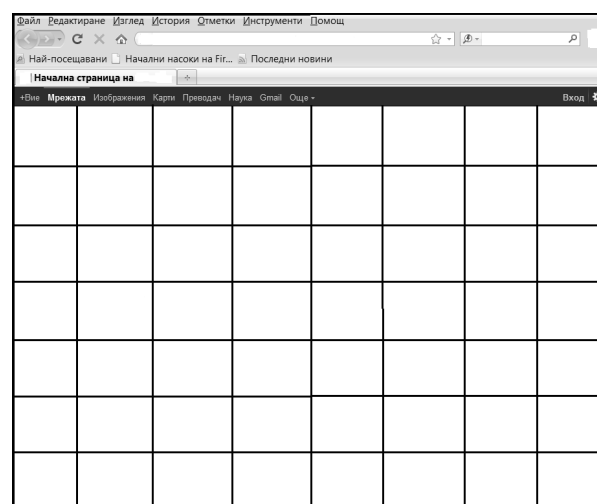
Поради постоянно увеличаващият се брой на сайтовете и засилената конкуренция между тях, стремежа за „надмощие“ и изкачване напред в класациите е неминуемо свързан с удовлетворяване на клиентските

потребности. Правени са множество проучвания, свързани с дизайна на сайтовете от различни гледни точки – графично оформление, скорост на зареждане, четливост, задържане на погледа, цветово акцентирание и контраст, функционално съпоставяне и др. [6-11].

Целта на настоящето изследване е да се анализират създадените стереотипи за разположение на елементите на уеб страницата в екранното поле на десктопа.

II. ПОСТАНОВКА

Анкетирани бяха 70 студенти от бакалавърска степен, от първи и трети курс на Технически университет - Варна. В специално разработен въпросник за изследването им бяха зададени пет въпроса, свързани с разположението на базови елементи на уеб страницата. Отговорите на въпросите се попълваха в схематично разграфено екранно поле на зареден браузер представен на фиг. 2. В най-горната част на фигурата се вижда полето с навигацията от браузера, а под него на неутрален бял фон е представен екрана на очаквания сайт, разграфен на 8-колони и 7-реда. Условие за площта и големината на отделните елементи не беше поставено. Всеки от анкетиранияте отбелязва къде очаква да се намира главната навигация на сайта, вторичната такава, връщането назад към начална страница, полето на търсачката в сайта и рекламните банери.



*Фиг. 2. Визия на екран за изследване
стереотипа на потребителите*

В изследването взеха участие 33-жени и 37-мъже. Средната им възраст е 20,7г., като 53% са от първи и 47% от трети курс на бакалавърска образователна степен.

Не бяха давани никакви предварителни разяснения на участниците за начина на попълване на анкетната карта и те нямаха компютри при провеждане на изследването. Отговорите са давани на база предварително създадена представа за местоположението на елементите от стереотипен характер.

Това проучване следва общата логика на подобно изследване, направено преди десетина години от Майкъл Бърнард за разположението на елементите върху страницата [12]. За разлика от него, в сегашното участниците са с по-голям опит в ползването на уеб страниците в мрежата - повече от две години.

III. АНАЛИЗ

Събраните резултати и техният анализ са представени посредством цветово кодиране на информацията. Според броя на получените отговори за позиционирането на всеки от елементите се дава съответен нюанс на цвета. Колкото по-рядко е посочвано мястото, толкова по-светъл е цвета и обратно – най-често посочваните места са оцветени в най-тъмен цвят. Броят на попаденията и цветовият им еквивалент са представени на фиг. 3.

На въпроса: „Къде очаквате да се намира главното меню (навигацията) на сайта?“, най-много отговори са дадени за първия хоризонтален ред – фиг. 4. Интерес представлява факта на съсредоточаване в двете централни полета на първи ред и двете най-леви такива от същия ред. Това може да се обясни с общата концепция за избор на хоризонтална или вертикална планировка на навигацията в сайта. Получените резултати до голяма степен съвпадат с реалното разположение на главната навигация в повечето действащи

уеб страници. Разположението на главното меню е логично обусловено от изискването за бърза и ясна ориентация в сайта. Ето защо създадените традиции в проектирането на страниците са довели и до създаване на стереотипи сред потребителите.

Вторичната навигация на уеб страницата се очаква да се намира веднага под първичната, в хоризонтален ред или във вертикален най-вляво. Представена е схематично на фиг. 5. Част от анкетираните (10%) са посочили, че очакват вторичното меню да е организирано с падащи прозорци под главното. За отбелязване е факта, че отговорите са съсредоточени в три хоризонтални и три вертикални правоъгълника.

На въпроса: Къде очаквате да се намира връзката „Назад към главна страница?“, повече от 60% от отговорилите посочват първото поле най-горе вляво (фиг. 6.). Всеизвестно е, че там е утвърденото място на логото на сайта, а то в много случаи има функцията на бутона „Home“. От друга страна началото на всяка страница за четене започва от ляво на дясно (изключение правят някои култури, четящи от дясно на ляво, но те не са обект на изследването), така началото или бутона за главна страница е логично да се очаква на това място.

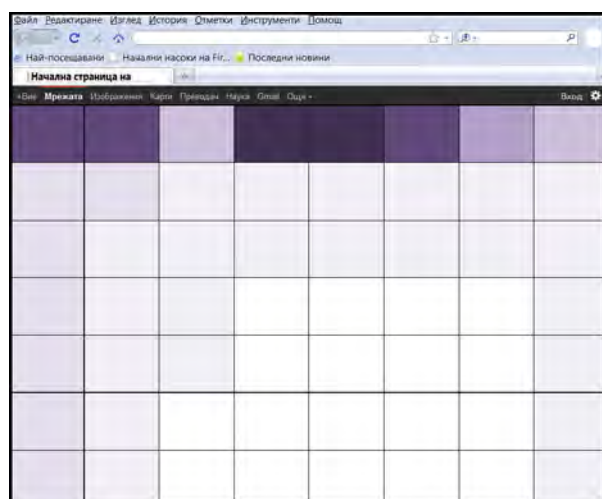
Много специалисти в областта на дизайна на уеб сайтове препоръчват, когато той има близо 100 страници задължително да се постави търсачка в него. Аз бих препоръчала по-малка бройка – 30 страници, но крайното решение неминуемо би следвало да се вземе след задълбочен анализ на комплекс показатели.

На фиг. 7 е представено мнението на студентите, участващи в изследването за положението на търсачката. Техните отговори са много разнородни и разсеяни в цялата горна половина на екрана, най-долния ред в ляво и дясно. Това навежда на мисълта, че няма строго позициониране на този елемент и той може да е навсякъде. Значително съсредоточаване на

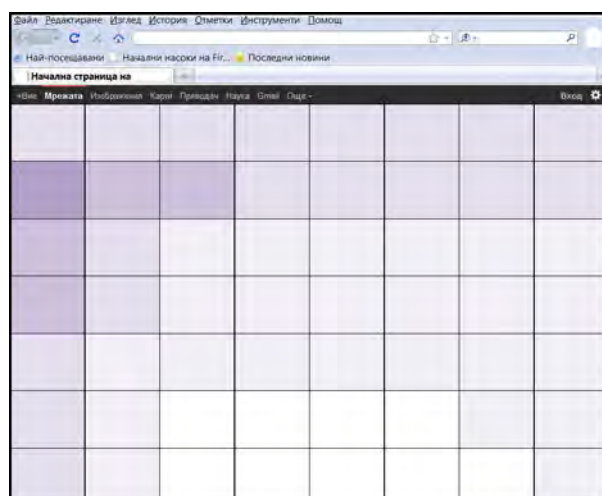
попаденията има в трите полета на първи ред най-вдясно. Това място е успоредно разположено и се намира точно под мястото на търсачката в повечето браузери. Възможно е отговорите да са дадени именно за нея, а не за тази на самия сайт.

Попадения, бр.						
≤ 5	6÷15	16÷25	26÷35	36÷45	46÷55	≥ 55

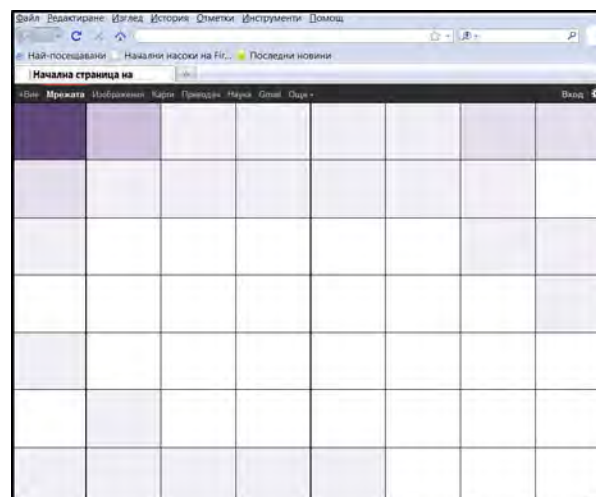
Фиг. 3. Цветово кодиране на резултатите



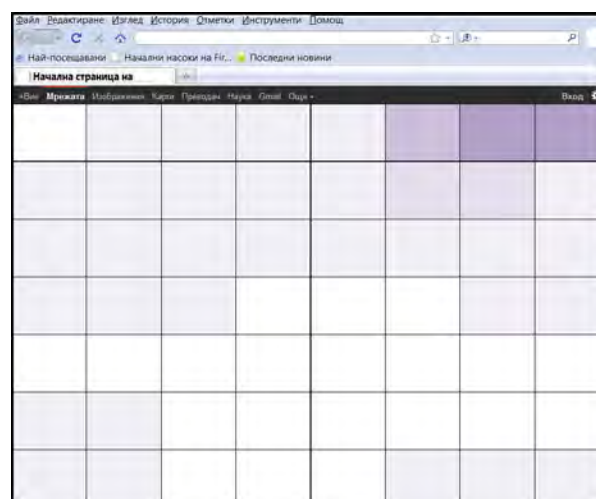
Фиг. 4. Резултати за местоположението на главното меню (навигацията) на сайта



Фиг. 5. Резултати за местоположението на вторичното меню на сайта



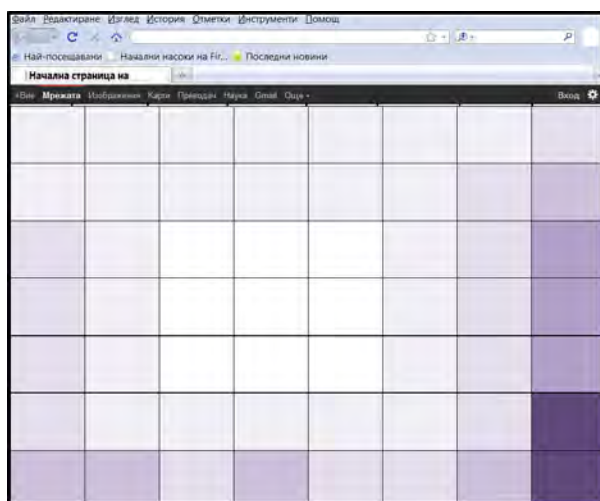
Фиг. 6. Резултати за разположението на връзката „Назад към главна страница“



Фиг. 7. Резултати за разположението на търсачката в сайта

Рекламите станаха неизменна част от нашето ежедневие. В Интернет рядко ще се намери сайт без тяхно участие. Интересен факт от проучването, е че 5% от участниците не желаят да има реклами в страницата на сайта без да им е зададен такъв въпрос. Повечето от тях посочват мястото на рекламите в най-дясната колона и по-точно в последните два елемента на вертикалното разграфяване – фиг. 8. В последния хоризонтален ред също има известно съсредоточаване на очакванията на потребителите. Това са местата, където очите отиват последни, според правилото на Z-последователността и до голяма степен

потвърждават нежеланието за наличие на рекламни банери в сайта.



Фиг. 8. Резултати за разположението на рекламите в страницата на сайта

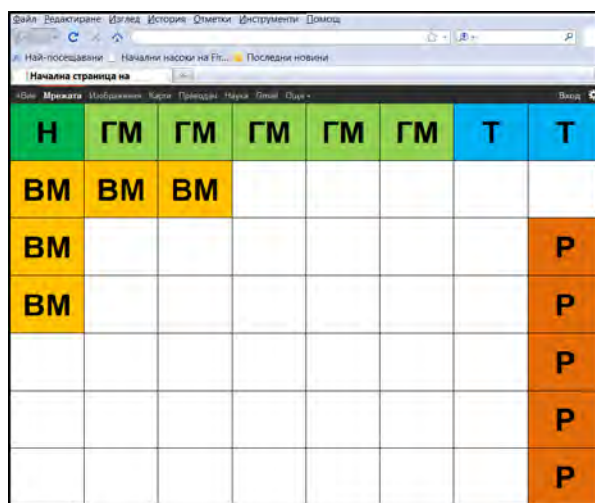
От друга гледна точка всеки уеб сайт сам по себе си е реклама, действаща по метода 24/7 (24-часа, 7-дни в седмицата), на продукта, услугата или фирмата, които представлява.

Крайният анализ за очакванията свързани с дизайна на уеб сайт са обобщено представени на фиг. 9., като цветовото кодиране е дадено на фиг.10. За позициониране елементите на сайта, младите хора са посочили с преобладаване следното:

- Главното Меню (ГМ) – първи хоризонтален ред;
- Вторично Меню (ВМ) – втори хоризонтален ред и първа вертикална колона;
- Назад (Н) към главна страница – най-горе в ляво;
- Търсачка (Т) – най-горе в дясно;
- Реклами (Р) – последна вертикална колона в дясно.

От направеното проучване ясно се виждат стереотипните нагласи за разположението на базовите елементи на една уеб страница. Бъдещите дизайнери на сайтове в лицето на сегашните студенти имат изградени очаквания и школувани или интуитивни познания за начина на възприемане на обект, за психиката и когнитивните нагласи на потребителите, за

важността на отделните елементи, за простотата на управление или ориентация и т.н.



Фиг. 9. Обобщени резултати от изследването

Назад	Главно Меню	Вторично Меню	Реклама	Търсачка

Фиг. 10. Цветово кодиране на обобщените резултати

Глобалната мрежа е място с динамична структура и множество промени, поради което изследвания, свързани с очакванията на потребителите се провеждат и ще се провеждат и в бъдеще.

IV. ИЗВОДИ

Макар и в начален етап на висше образование младите хора имат изградени стереотипи и очаквания за това какво да очакват в средата на глобалната мрежа. Базирайки се на опита си, те се ориентират сравнително бързо в повечето сайтове.

Проведеното изследване е сравнително малко и представлява един от подходите за ергономична оценка на сайт. То ще послужи при обучението на студентите от четвърти курс по дисциплината „Ергономична и дизайнерска оценка” и ще им даде насоки за бъдещи изследвания, и разработки в областта на уеб дизайна.

Статията може да бъде полезна и на всички специалисти, занимаващи се с изследване и създаване на сайтове за глобалната мрежа.

Предстои изследване сред студентите от магистърска степен на образование, които са изучавали основните изисквания за дизайн на сайт и имат значителен опит и познания в областта. Съпоставката на резултатите от различни групи анкетирани ще затвърди или отрече създадените стереотипи и очаквания за разположението на елементите в уеб страницата.

Добре би било, в следващи изследвания да се поставят ограничителни параметри за големина на полетата, за да не се получават големи разсейвания. От друга страна групирането на сайтовете по тип, както и даване на разяснения за попълване на анкетната карта, би улеснило следващите анализи.

Бъдещите потребители и проектантите на уеб страници в лицето на сегашните студентите още в началния етап на обучението си имат предварително изградени стереотипи за общото разположение на елементите в сайта.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1]. А. Смикаров, А. Иванова. Концепция за въвеждане на иновационни технологии в училищното образование. Доклад на 7-ма национална конференция по Е-образование. София, 2011г.
- [2]. У. Липман. Общественото мнение. ЛИК София, 2001г.
- [3]. L. Najjar. Conceptual User Interface: A New Tool for Designing E-Commerce User Interfaces. ITG Publication 2000, http://www.internettg.org/newsletter/dec00/article_cui.html
- [4]. П. Амквист. Направи го просто, тъпако. Groove Manifesto, <http://www.groovemanifesto.net/Articles/article.php?porn=usability/simplicity>
- [5]. Л. Сирков. Оценка на уеб-страниците на общините в България. София, 2004г. <http://www.csd.bg/fileSrc.php?id=841>
- [6]. S. Roth, P. Schmutz, S. Pauwels, J. Bargas-Avila, K. Opwis. Mental models for web objects: Where do users expect to find the most frequent objects in online shops, news portals, and company web pages? *Interacting with Computers* 22, 140–152p., 2010
- [7]. S. Djamashbia, M. Siegelb, T. Tullis. Generation Y, web design, and eye tracking, *Int. J. Human - Computer Studies* 68, 307–323p., 2010

[8]. Y. Tao. Information system professionals' knowledge and application gaps toward Web design guidelines, *Computers in Human Behavior* 24, 956–968p., 2008

[9]. S. Roth, P. Schmutz, S. Pauwels, J. Bargas-Avila, K. Opwis. Mental models for web objects: Where do users expect to find the most frequent objects in online shops, news portals, and company web pages?, *Interacting with Computers* 22, 140–152p., 2010

[10]. B. Stonea. S. Dennis. Semantic models and corpora choice when using Semantic Fields to predict eye movement on web pages, *Int. J. Human-Computer Studies* 69, 720–740p., 2011

[11]. T. Ariga, T. Watanabe. Teaching materials to enhance the visual expression of Web pages for students not in art or design majors. *Computers & Education* 51, 815–828p., 2008

[12]. M. Bernard. Examining User Expectations of the Location of Web Objects. ITG Publication 2000. http://www.internettg.org/newsletter/dec00/article_bernard.html

Настоящото изследване е направено с помощта на Проект НП-20/2011 на ТУ-Варна „Разработване на помощни средства и визуални модули за обучение и изследователска работа при ергономична оценка на работна среда и интернет пространството“

За контакти:

инж. Соня Въчинска, главен асистент доктор в катедра „Индустиален Дизайн“ при МТФ на ТУ-Варна, ул. Студентска № 1, стая 517М

e-mail: s_vachinska@abv.bg

Рецензент:

доц. Явор Цанев - ТУ-Варна

РОЛЕВИЯТ ДИАЛОГ КАТО СРЕДСТВО ЗА ФОРМИРАНЕ НА РЕЧЕВИ НАВИЦИ ПРИ ПРЕПОДАВАНЕТО НА АНГЛИЙСКИ ЕЗИК КАТО ЧУЖД

ROLEPLAYING DIALOGUES AS A MEANS OF FORMING SPEECH HABITS IN FOREIGN LANGUAGE TEACHING

Валя Касчиева-Мавродиева, Милена Златева

Резюме: За да се мотивира речевата дейност на студентите, в обучението по английски език се използват комуникативни ролеви диалози, близки до естествените житейски комуникативни ситуации, с цел активизация на усвоените формули на речеви етикет в разнообразни комуникативни ситуации, както и овладяване на навици за устна разговорна реч, съобразена със социалния статус на адресата и с мотивите и целите на комуникацията. Така, знанието се получава чрез индивидуално участие и контакт със съдържанието; активно ангажиране и сътрудничество с другите. Обучението е контекстуално релевантно, което увеличава възможностите на учащите се да усвояват и съхраняват информация в пределите на контекстната структура.

Ключови думи: комуникативни ролеви диалози, контекстуална релевантност, речева дейност

Abstract: In English language teaching, in order to motivate students' speech activity, role-played are dialogues, related to natural everyday communicative situations, with the purpose of activating the already mastered formulae of speech etiquette in various communicative situations, as well as obtaining proper speech habits, in accordance with the social status of the addressee and the aims and ideas of communication. Thus, the knowledge is acquired through individual participation and contact with the contents itself; active involvement and cooperation with the others. The training process is contextually relevant, which amplifies the students' possibilities of acquiring and securing information within the framework of the respective contextual structure.

Keywords: contextual relevance, role-playing communicative dialogues, speech activity

I. ВЪВЕДЕНИЕ

Настоящата статия е свързана с работата на авторите по проект «Активатор за развиване на комуникативно-речеве умения за студентите от подготвителен курс АЕО в ТУ-Варна». Акцентът е поставен върху анализа на техниките за развиване на комуникативно-речевите умения при работа в ситуация, в която обучаващ и обучаеми не споделят един и същ метаезик.

В този анализ, езикът като цяло се определя като система от правила, необходими за комуникацията; като кодова система от знаци, възприемащи се под формата на реч в дадено общество и служещи за обмен на информация. В контекста на езикознанието езикът се мисли предимно като система, а речта е нейната реализация. Езикът включва езиковите средства, езиковата система и правилата, на които се подчинява той, а

речта е самото му функциониране, за което вече са необходими не само езикови знания, но и речеви навици и умения, които ще служат за формиране на езиково съзнание на чужд език. Речта основно е индивидуален акт на подбор и актуализиране; тя е съставена преди всичко от съчетанията, благодарение на които говорещият субект може да използва кода на езика, за да изрази своята лична мисъл.

II. АНАЛИЗ

Структурата на речевата дейност е динамична и зависи от продължителността на следните фази:

- ориентировка
- планиране
- реализация
- контрол

1)ориентировка - говорещият открива своето място и роля в ситуацията на общуване; проучва събеседника си,

запознава се с неговата реч, съставя общия план и формата на бъдещото си речево изказване. Избира целта на речевото си действие, което е съотносимо с общия мотив, преценява типа на речевата ситуация - (официална, неофициална, делова), каква форма на речта да избере – монолог или диалог, вида на общуването - устно или писмено, и според избрания вид реч (разговорна или книжовна) определя стила на речевото си изказване - официален или разговорен.

2) Планиране - говорещият извършва подбор на съдържанието и съставя вътрешна програма за създаване на изказването, т.е. изказването се планира във вътрешно речеви смислов код. Той представлява визуални образи на реалните предмети, схеми от външни действия, слухови артикулационни образи на езикови знаци и фрагменти. С други думи, програмата се формира във вид на представа, образ-мисъл. Речта на този етап още не е изразена с думи.

3) Реализация - преминава се от вътрешната програма към осъществяването ѝ в езиков код. Така се стига до звуковата форма на изказване, като за тази фаза най-характерни са:

- изборът на думите
- подредбата
- съпоставката на семантичните варианти.

Тук говорещият се опитва да избере най-точните езикови средства, които адекватно да предават предмета на речта и да са максимално подходящи за условията, в които протича общуването.

4) Контрол - говорещият съпоставя резултата от речевото си действие със задачата на общуването. Полученият речеви резултат се сравнява с първоначалния замисъл и се взема решение за поправка, ако е необходимо. Възможно е да се коригира полученият резултат в ново изказване като се прави опит да се намери погрешното звено. Мислено се проследява операционния състав на речевото действие във всички фази на речевото формиране. Възможно е да не са отчетени условията на речевата

ситуация, възможно е неподходящо заплануване, възможно е съдържанието на изказването или може би програмата да е нарушена при реализация.

Всяко речево действие е изградено от различни речеви операции, зависими от условията за постигането на конкретната цел. Речевата дейност се характеризира с 3 страни:

- 1) мотивационна
- 2) целева
- 3) изпълнителна

В този смисъл, комуникативно-дейностен подход към обучението по английски език означава студентите да се обучават за овладяване на речевата дейност, като извършват и съединяват правилно включващите речеви действия и речеви операции. Да се формира речеви навик означава да се построява правилно едно или друго изказване (речево действие).

У говорещите трябва да се оформя по-бързо комуникативната интенция (съобщителното намерение) с оглед на условията и предмета на общуването.

В езиковата си комуникация участниците в речевото събитие и като адресанти, и като адресати трябва да съумяват да оценяват компонентите на речевата ситуация и да планират своята стратегия и тактика при поднасяне на информацията по избрана тема (Р. Kritzerow, 1991). За целта в процеса на чуждоезиковото обучение е необходимо преподавателят по английски език да разработва и упражнява множество модели на речевата ситуация от функционално-комуникативно гледище във връзка със социокултурните сфери и избора на езиковите средства в тях.

За да се мотивира речевата дейност на студентите, в обучението по английски език се използват комуникативни ролеви диалози, създават се изкуствени учебни речеви ситуации, близки до естествените житейски комуникативни ситуации, допринасящи за естествения характер на обучението. Целта на използването на комуникативните ролеви диалози в обучението по английски език трябва да

бъде активизирането на усвоените формули на речевия етикет в разнообразни комуникативни ситуации, както и овладяване на навици за устна разговорна реч, съобразена със социалния статус на адресата и с мотивите и целите на комуникацията.

Тъй като речевите актове имат своите социокултурни маркери, в работата си със студентите, изучаващи езика не като роден, а като необходимо комуникативно средство, се налага да разкрием многовариантността на езика в зависимост от различните социални общности, в съответствие с различните ситуации на общуване и в пряка връзка с конкретните намерения, целите и задачите на общуващия.

Във всеки текст уместността е функция от социалната роля на езиково общуващите, както и от речевото поведение, т.е. на практика съществува взаимоотношение между социалния статус на участниците в комуникацията и нормите и конвенциите на поведение, определени от социалния контекст. Единствено точният критерий за владенето на езика е умението да се построява свързан текст по правилата на книжовноезиковата норма. За това дали е протекла успешно комуникацията може да се съди не само по плана и неговата реализация от страна на адресанта, но и от впечатленията на адресата – като ответна страна в езиковото общуване, тъй като всеки комуникационен процес се състои от продукция и рецепция.

Важен фактор за повишаване ефективността на чуждоезиковото обучение по английски език е този, свързан с четирите вида речеви дейности – слушане с разбиране, четене, писане и говорене. Едно основно изискване тук е, те да бъдат винаги ситуативно обусловени - т.е., да се реализират в определена ситуация.

Обучението по английски език чрез ролеви диалози дава възможност за комуникация на различията и позволява активно конструиране на нови знания и разбирания.

Диалогът възниква като подражание на разговор между две или няколко лица. За да бъде средство за общуване диалогичната реч трябва да бъде свързана и разбираема. Затова е необходимо целенасочено формиране на уменията за диалогична реч. Участниците в интеракцията се редуват в ролите на продуктор - реципиент, на говорещ и слушащ. За диалогична следователно се приема тази комуникация, при която участниците поне веднъж се редуват от комуникативно активна и комуникативно пасивна роля. Квалифицирането на ролята на слушателя като пасивна е твърде условно и се основава на факта, че не той е продукторът на съобщението. В действителност от страна на получателя на съобщението се изисква да бъдат положени немалко усилия и активност за да бъде чуто, разбрано и интерпретирано отправеното изказване.

Диалогът е открит за всякакви отклонения – може да се акцентира върху един или друг детайл на темата, може да се свързва с други теми. Диалогичната реч притежава следните комуникативни особености.

1. Възможно е диалогичната реч да не произтича от готов вътрешен мотив, т.е. говорещият може да не притежава собствен мотив на изказване.
2. В диалога се съчетават рецепция и репродукция /възприемане, възпроизвеждане/.
3. Съществен признак е известността на темата на диалога и познаване на ситуацията, в която тя протича.
4. В диалога двамата себеседници непрекъснато сменят комуникативните си роли, като реализират различни дейности: говорене и слушане. Говорещият е активната страна; неговата комуникативна роля е свързана с кодиране на изказването. На него принадлежи комуникативната инициатива. Комуникативната роля на слушателя е да декодира информацията. От степента на неговото осмисляне се определя и комуникативното действие на себеседниците. Говоренето и слушането е взаимнообособено, от тяхното

синхронизиране зависи и резултатността на диалога като цяло. Непрекъсната смяна на дейностите и комуникативните роли предлага висока степен на автоматизация на речевите механизми и гъвкавост на навиците и речевите умения.

5. Речевия продукт се създава от двамата събеседници. Това предполага висока степен на интеграция на речевите действия на събеседниците които общуват в един и същи времеви отрязък при едни и същи социални прослойки.

6. При наличие на повече събеседници в диалогична реч се получават нови особености, колективност на информацията, преход от една тема към друга.

7. Възможност за използване на не-езикови средства- интонация- поза- жест. Това придава специфичност на структурата и изказванията.

8. Има предимно спонтанен характер, а това се отразява на фонетичното граматическото и смислово оформление.

9. Диалогът е един от способите за общуване, с помощта на който събеседниците организират, съгласуват, групират и подготвят речевите си действия по време на съвместния си интерактивен процес.

За по-високата ефективност на ролевите диалози способства и системата от упражнения, която всяка речева дейност има: подготвителни, същински, имитативни с тренировъчен характер и др.

Дискурсната компетентност е тясно свързана със социолингвистичната и затова най-голяма трудност изучаващите чужд език срещат при кохерентността на разговора, когато се възприемат или възпроизвеждат последователно подредени, свързани изречения (М. Canel,1985). Ето защо в началото ролевите диалози се режисират изцяло от преподавателя. Той определя темата, коментира нейното съдържание, създава ситуацията, разпределя ролите, поставя изисквания как те да бъдат подготвени, анализира и оценява. Контролът е необходим, защото учащите нямат достатъчно знания, за да могат сами да

изградят структурата на диалога и да управляват развитието му. Те участват в процеса на общуване чрез речта, която изразява собствените им мисли.

В методически план се поставя въпросът за структурата на ситуативния диалог, която е комплексна по същност и замисъл: от една страна, вътрешната структура на диалога се подчинява на конкретно преследвана методическа задача, свързана с усвояването на определен чуждоезиков материал; а от друга страна външната структура на диалога е въображаема ситуация със собствен сюжет, развитие и развръзка (Р. Kritzerow,1990). За преподавателя е важно да разграничи вътрешната и външната структура и техните специфични компоненти:

А/ Външна структура:

- тема: съобразена с конкретен системен план за усвояването на обем лексика по тематични раздели и като граматичен материал;

- ситуация: максимално да поставя обучаваните в реална комуникативна ситуация - темата на диалога е известна, ситуацията - конкретна и позната;

- роли: конкретно зададени параметри за поведение при съответната роля.

Б/ Вътрешна структура:

- учебна цел: провокирано общуване с цел проверка на уменията за използване на граматически и фонови (екстралингвистични) знания по чуждия език, максимално доближаване до естествената комуникативна среда;

- задачи: използване и затвърждаване на определена тематична лексика, "изчистване" на граматическите и на лексикалните грешки; подтик за привикване да се мисли на съответния чужд език без посредничеството на майчиния, да се импровизира в различни речеви ситуации;

- контрол: преподавателят следи за правилността на изказването в лексикален и граматически план и за хода на диалога по предначертания сценарий.

Съществен етап в обучението по английски език чрез ролеви диалози е преходът от подготвена или режисирана към неподготвена или нережисирана реч. Процесът на даване на готови изрази и клишета е извървян и учащият се вече самостоятелно може да използва езиковия материал, да импровизира и постепенно да достигне до неподготвената реч. Функцията на преподавателя вече е още по-ограничена. Той задава само темата и разпределя ролите. Ситуацията и сюжетът се създават от обучаваните. Това е модулът, в който те могат напълно да изявят своята творческа личност, но за целта е необходима висока степен на езикова компетентност. Тъй като диалогът е колективен акт, той провокира субекта за комуникация и за максимално добра изјава. Тук контролът отново е приоритет на преподавателя, но е доста ограничен, и се свежда до мимолетни забележки без да се нарушава ритъмът на диалогичната реч.

Без познаването и знаенето на речниковите елементи и владенето на граматико-структурните правила на английския език, чрез който речниковите елементи се превръщат в значещи изрази; вербалната комуникация на който и да е чужд език не може да се осъществи. Речниковата работа със студентите има няколко основни задачи.

Първата от тях е обогатяването на речника, която се изразява в количественото натрупване на думи, необходими на студента за речевото общуване с околните.

Втората основна задача е затвърждаването и уточняването на речника. Тя се свежда до това да се помогне на студента да усвои обобщаващото значение на думите и да ги запомни. Наред със затвърждаването и уточняването на речника се извършва и разширяване и задълбочаване на значението на думата. Важно е да се насочва вниманието на студентите към многозначността на думите.

Трета основна задача е активизацията на речника. Нейна цел е активно употребяване на заучените думи в

речевото общуване. Тук задачата на преподавателя е да насочи вниманието на студентите към подбора на думите, подбуждайки ги бързо и адекватно да употребяват най-точните и подходящи думи. За речевата способност като цяло има значение не толкова броя на думите в речника, колкото бързината на подбора на думите и честотата на говорния контакт. Изучаването на езика по време на учебна интеракция е процес, при който се овладяват комуникативни дейности, осъществявани чрез реални дискурсни практики. Вниманието е насочено към езиковите единици, които придобиват значимост единствено в/чрез общуването (Р. Kritzerow, 1990).

Не по-маловажно за студентите е, да притежават стратегическа компетентност, изразяваща се във възможността комуникиращите да компенсират незнанието си (думи, елементи на речевия етикет, други специфични атрибути за езиковото общуване) със синоними, аналогични и приемливи (уместни) вербални и невербални средства в речта си. Комуникативната компетентност е единство от познание за езика и умения за неговото уместно използване; а също и комплекс от няколко групи характеристики (М. Canel, 1985):

а) гносеологични, отнасящи се до овладяно познание - за езика като средство за общуване и за науките за езика; за функционирането на езика в/чрез дискурса; за обществените структури, които влияят върху начините за използване на езика и пр.;

б) праксеологични, свързани с изградени умения и навици езикът да се използва резултатно за целите на извънучебната и на учебната комуникация;

в) аксиологични, отразяващи системата от ценности, пазени и развивани чрез езика; ценности, които регулират взаимоотношенията на хората.

III. ИЗВОДИ

Обучението по английски език чрез ролеви диалози основавайки се на

взаимодействието "ученик-ученик" и работа в екип, е активен процес на конструиране на знания и организиран начин за взаимодействие със света. Специфичните конструкции след като са анализирани - се интегрират в опита на индивида с цел модифициране на поведението и превръщане на информацията в годен за приложение ресурс.

Обучението по английски език чрез ролеви диалози се основава на предпоставката, че човек активно конструира свое собствено разбиране или знание чрез взаимодействие на това, което вече знае и онези идеи, събития и дейности, с които влиза в контакт.

Така, знанието се получава чрез индивидуално участие и контакт със съдържанието; активно ангажиране и сътрудничество с другите. Обучението е контекстуално релевантно, което увеличава възможностите на учащите се да усвояват и съхраняват информация в пределите на контекстната структура.

Една от най-важните характеристики на ситуативния диалог е неговата полифункционалност. Предназначението на ролевите диалози е да формират умения и навици за реални действия; да се формират базисни социални умения; спомагащи за ефективното насърчаване на комуникацията, за преодоляването на езиковата бариера и създаване на възможност за директно "навлизане" в езика чрез акта на комуникация; развиване на самостоятелност у учащите се и т.н. Обучението по английски език чрез ролеви диалози се основава на следните принципи: активност, динамичност, занимателност, колективен характер (работа в екип), моделиране на дейността, обратна връзка, съревнователност, резултативност, самостоятелност, системност (Henry W. Maier, 1991). То развива у участниците редица социални умения: за комуникация (формулиране на становища, изслушване на мнения, вербално и невербално изразяване); за сътрудничество; за преодоляване на конфликти; възбужда интерес у

обучавания чрез създадената възможност за активна творческа дейност и чрез стимулиране процеса на мисленето и въображението. Освен това самият факт, че обучението по английски език чрез ролеви диалози е по-нестандартна форма на обучение, провокира любопитството и изследователския дух на личността. Обучаваният се включва спонтанно в нея, за да провери сам възможностите си за интерпретация в различни езикови ситуации, което довежда до една увереност в общуването и лекота при развиването на комуникативните умения.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1]. Henry W. Maier, Role playing: Structures and educational objectives. *Journal of Child and Youth Care*, 6(4), 145-150, 1991
- [2]. M. Canel. From communicative competence to communicative language pedagogy-in J.C. Richards and R.W.Schmidt edt. *Language and communication*, London, Longman, 1985.
- [3]. P. Kritzerow,. Active learning in the classroom: The use of group role plays. *Teaching sociology*, 18(2), 223-225, 1990

За контакти:

ст.пр. Валя Касчиева-Мавродиева, Секция "Езиково обучение" при ДОМЕО - ТУ-Варна, ул. Студентска № 1, НУК-226 и 219

ст.пр. Милена Златева, Секция "Езиково обучение" при ДОМЕО - ТУ-Варна, ул. Студентска № 1, НУК-226

e-mail:

valya_mk_m@abv.bg

milenzlateva@yahoo.com

Рецензент:

доц. д-р. Мара Иванова Торосова

МЕДИЙНА КОНЦЕНТРАЦИЯ: ФОРМИ, ПРИЧИНИ, ПОСЛЕДСТВИЯ

MEDIA CONCENTRATION: FORMS, CAUSES, EFFECTS

Александър Б. Тодоров

Резюме: Настоящата статия се занимава с една от най-важните характеристики на пазарните структури – отрасловата концентрация, като използва конкретен пример – медийния сектор, който традиционно се характеризира със сравнително висока концентрация. Три основни форми на медийна концентрация са идентифицирани: хоризонтална, вертикална и диагонална. Причините за медийната концентрация са предимно от икономическо естество и могат да се обяснят със специфичните за медиите икономии от мащаба и обхвата. Изхождайки от икономическите последици на всеки един от трите вида концентрация, се правят някои заключения относно политиката в сектора.

Ключови думи: медии, концентрация, конкуренция

Abstract: The purpose of the paper at hand is to shed more light on one of the most important characteristics of industry structure: the number and size distribution of firms, i.e. the industry concentration. Therefore it looks at the media sector specifically, as it is traditionally characterized by relatively high concentration. Three main forms of media concentration are identified: horizontal, vertical and diagonal. The causes for these three forms are primarily of economic nature and can be explained with the typical for the media economies of scale and scope. Furthermore, the economic effects of each of the concentration types are discussed. Finally, some conclusions regarding issues related to competition and media policy are drawn from the previous analysis.

Keywords: media, concentration, competition

I. ВЪВЕДЕНИЕ

Стопанска концентрация е налице, когато предлагането на блага е ограничено до сравнително малко икономически единици, или когато малък брой икономически единици притежават относително голям дял от съвкупното предлагане. Емпиричната икономика на несъвършената конкуренция (т.нар. индустриална организация) разглежда високата концентрация в даден отрасъл, като предпоставка за наличието на пазарна мощ, която може да бъде използвана за ограничаване на конкуренцията [4]. Такива ефекти могат се очакват и в медийния отрасъл, който освен икономическото си значение, играе и съществена роля във формирането на обществено мнение. Настоящата статия анализира първо формите на проявление на медийната концентрация, след това причините и икономическите последици, като, по този, начин дава основата за провеждането на емпирични изследвания в областта на медийната икономика.

II. ФОРМИ НА МЕДИЙНА КОНЦЕНТРАЦИЯ

В икономическата теория и практическата конкурентна политика се различават три основни форми на концентрация (или съответно сливане): хоризонтална, вертикална и конгломератна [1]. При това разделение *хоризонталната* концентрация се отнася до разпределението на пазарните дялове, в рамките на производственото ниво на един единствен продукт. Хоризонтално сливане е съответно сливане между предприятия, които произвеждат и продават едни и същи продукти. *Вертикалната* концентрация се отнася до разпределението на дяловете на няколко последователни нива от производствения процес на даден продукт или услуга. Вертикалното сливане е съответно сливане между предприятия действащи на различни етапи от производствения процес. *Конгломератната* концентрация се отнася до разпределението на дяловете на няколко производствени нива на различни продукти. Конгломератното сливане е съответно това между предприя-

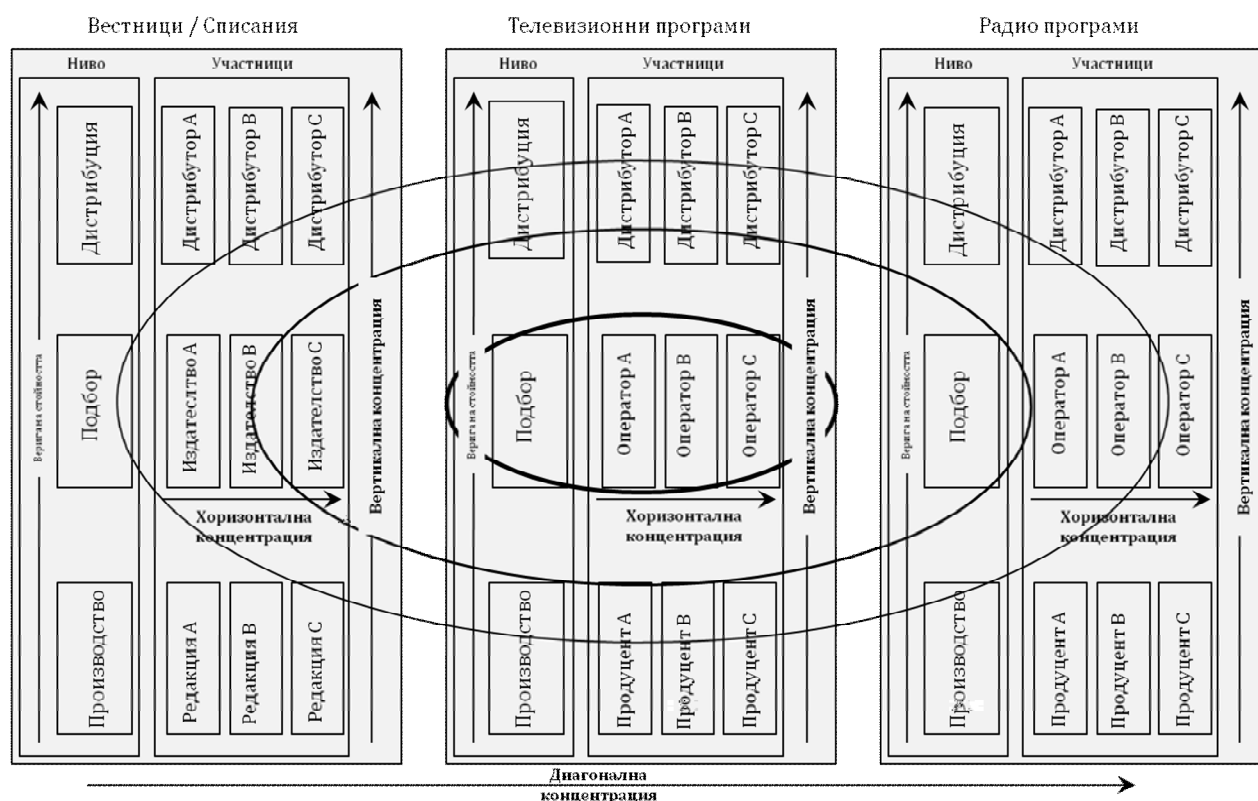
тия, чиито дейности не са свързани помежду си.

В областта на медиите се наблюдават и трите горе споменати форми на концентрация, като конгломератната често се нарича диагонална, тъй като се има предвид концентрация между предприятия от различни медийни подотрасли [6]. Фигура 1 илюстрира различните форми на концентрация в областта на “класическите” медии – радио, телевизия и печат. Всеки от секторите е представен посредством опростена верига на стойността, състояща се от трите основни нива: „Производство”, „Подбор” и „Дистрибуция”.

При *хоризонталната* концентрация се осъществява нарастване или сливане на икономически единици (фирми), намиращи се на едно и също производствено ниво

на даден релевантен пазар. Ако например, в резултат на особено добра бизнес политика на телевизионния оператор А (т.е. в резултат на вътрешен растеж), фирмата успява значително да увеличи пазарния си дял спрямо своите конкуренти (във Фигура 1: А и В), то като следствие концентрацията в рамките на това производствено ниво нараства. Същото важи и за ситуацията, в която телевизионният оператор закупи частично или изцяло някой от конкурентните оператори. Подобни процеси могат да се осъществят и на предходно („Производство”) или последващо („Дистрибуция”) ниво от веригата на стойността. Хоризонталната концентрация намалява броя на фирмите на даден пазар и така променя евентуално пазарната структура.

Фиг. 1. Форми на концентрация в класическия медиен сектор



Източник: авторът, вж. също Kops 1999, 2.

Вертикалната концентрация (или интеграция) се отнася до сливането на икономически единици, намиращи се на две последователни нива от веригата на стойността. Например, издателство би могло да закупи или създаде своя редакция, а телевизионен оператор – продуцентска фирма или информационна агенция. Друг пример би бил закупуването на печатница от издателство на вестници или закупуването на телевизионен канал от телекомуникационна компания разпространяваща телевизионен сигнал. В първия случай издателството и телевизионният оператор се ангажират с дейности на предходно ниво от веригата на стойността (т.е. интегрират се назад), докато във втория - с дейности на последващо ниво от веригата на стойността (т.е. интегрират се напред).

Диагоналната концентрация обхваща нарастването или сливането на фирми, които се ангажират с дейности на едно (или различни) нива от веригата на стойността на различни медии. Пример за подобен тип концентрация би бил закупуването или създаването на телевизионен оператор от издателство на вестник; възможно е също издателството да закупи, или да се слее с фирма разпространяваща онлайн услуги.

III. ИКОНОМИЧЕСКИ ПРИЧИНИ ЗА МЕДИЙНАТА КОНЦЕНТРАЦИЯ

В икономическата литература в областта на индустриалната организация могат да се намерят различни причини за концентрация на фирмите в даден отрасъл [4, 6]. От най-голямо значение са предимствата, които фирмите могат да извлекат от по-голям производствен капацитет. Тези икономии биват два основни вида:

1. Икономии от мащаба (*Economies of Scale*): класически икономии от мащаба, които обуславят постоянно намаляващите средни разходи при растящо производство.

2. Икономии от обхвата (*Economies of Scope*): предимства от производството и/или разпространението на различни продукти от една фирма. Такива икономии могат да бъдат реализирани, предимно поради наличието на синергийни ефекти. Ефектът е намаляване на общите разходи на фирмата, както и осигуряване на достъп до стратегически ресурси.

Основната икономическа причина за *хоризонталната* концентрация са типичните за медиите *икономии от мащаба*. Тези, от своя страна, се обуславят с липсващата делимост (конкурентност) в потреблението: потреблението на медийните продукти от един индивид не намалява възможностите за потреблението му от други или иначе казано пределните разходи при потреблението са нула. От друга страна, пределните разходи при производството на медийни продукти са, ако не постоянно, то до големи количества, намаляващи - например, печатните разходи за един екземпляр от даден вестник или списание в зависимост от тиража, и производствените разходи за минута телевизионно предаване в зависимост от продължителността и броя на произведените предавания. Така хоризонталната концентрация може да се обясни предимно със стремежа на медийните фирмите да увеличават предлаганото количество (т.е. – според конкретния медиум – тираж или обхват). Подобни стратегии подсилват ефекта от високите първоначални разходи за медийното съдържание и същевременно поголемият обхват на медийната фирма е аргумент за по-висока базова цена на рекламата. Така, при нулеви пределни разходи на потреблението и обратнопропорционално нарастващи пределни разходи на производството, медийните фирми могат да реализират по-високи приходи (от продажби и реклама).

Главната причина за *вертикалната* концентрация на фирми от различни нива на веригата на стойността на даден медиум

проризтича от *икономии от обхвата*. Тези се получават в резултат на това, че някои ресурси позволяват употребяването им на няколко нива от веригата, без това да води до по-високи разходи от тези, които биха възникнали при употребата им само на едно ниво. Например, неделими ресурси (като софтуер, know-how, системи за сигурност) или ресурси с високи постоянни разходи (напр. определени административни, разпространителски, рекламни и развойни дейности) остават при вертикална концентрация до определен размер на фирмата константни. Така вертикално интегрираните медийни фирми разполагат с една по-добра разходна структура от медийни фирми, които оперират само на едно ниво от веригата на стойността.

Диагоналната концентрация, между фирми от едно и също или различни нива на веригата на стойността на различни медии, се основава предимно на *икономии от обхвата*. Тук те се реализират, когато определени ресурси (отново неделими или с високи постоянни разходи) могат да се употребят за производството, подбора или разпространението на различни медии, без това да предизвика по-високи разходи, отколкото при употребата само за един медиум. Например, редакционни продукти които са предвидени за ползване от радио-и телевизионни програми могат (поради липсата на конкурентност) да се използват за производството на печатни медии. Подобно могат да се използват ресурси необходими за пренасяне на телевизионни ресурси, да се използват за пренос на други медийни продукти (напр. радио програми). Диагоналната концентрация и икономии от обхвата се обуславят и от факта, че ползността на медийните продукти и услуги може да бъде установена едва след потреблението им, а в някои случаи това дори и тогава е невъзможно (напр. новини). Затова потребителите често предпочитат, продуктите и услугите на тези медийни фирми, които те вече познават и са оценили от

други медийни пазари, т.е. предложения с висока репутация.

IV. ИКОНОМИЧЕСКИ ПОСЛЕДСТВИЯ ОТ МЕДИЙНАТА КОНЦЕНТРАЦИЯ

Икономическите последствия от медийната концентрация биха могли да се измерят с въздействието върху благосъстоянието на икономиката. То от своя страна се получава като сума от въздействието върху конкуренцията и реализирането на по-висока ефективност. [2, 5].

Условията на конкуренция биха могли да се подобрят при *хоризонтални* сливания в двата случая. Първо, когато на даден пазар съществува една голяма фирма и множество малки, малките фирми се обединят в няколко големи, като всички фирми взети заедно се конкурират с еднаква пазарна мощ. Второ - когато дадена фирма е заплашена от фалит и бъде реорганизирана с цел повишаване на нейната ефективност от друга закупуваща я по-голяма фирма. При последната ситуация трябва да се вземе под внимание, че закупуващата фирма не трябва да е пазарният лидер, тогава втората ситуация притежава известна аналогия с първата. Подобни ефекти върху по-малките конкуренти биха могли да се очакват и при другите два вида концентрации: *вертикални* и *диагонални*.

В общия случай при повишаване на медийната концентрация може да се изхожда от влошаване на конкуренцията. *Хоризонталните* сливания обуславят образуването на силни доминиращи пазара позиции, които от своя страна улесняват колективното (съгласувано) поведение. *Вертикалните* сливания позволяват най-общо разширяване на полето за действие на интегрираните фирми, което не би се получило при свободна конкуренция, тъй като пазарната власт би могла да се прехвърли от предходно или съответно последващо ниво на производствения процес. Така достъпът на конкуренцията до търсене-

то може да бъде ограничен, когато водещо издателство закупи голяма разпространителска мрежа на вестници или когато голям филмов продуцент закупи водеща телевизия. Обратно, при закупуването на производствен капацитет се ограничава достъпът на конкуренцията до предлагането, когато например телевизии закупуват производители на телевизионно съдържание. Принципно би могло да се каже, че вертикалните сливания предлагат възможност за ограничаване поведението на фирми, които са активни само на едно ниво от производствения процес, особено когато тези се явяват доставчици и/или съответно клиенти или конкуренти. *Диагоналната*

концентрация, най-общо, отваря възможност за манипулиране на подборния принцип на конкуренцията, чрез употребата на кръстосано финансиране. Като се прехвърлят разходи и рискове към попечеливша дейност се ограничават конкуренти, които иначе биха били достатъчно ефективни, за да се задържат на пазара. Когато условията на конкуренция са влошени, ефектът върху икономиката като цяло е отрицателен и се изразява в изграждането на пазарна власт, която позволява ограничаване на конкуренцията и реализирането на прекомерни печалби за сметка на търсещата страна на пазара.

Табл. 1. Форми, причини и последствия от медийната концентрация

Концентрация	Хоризонтална	Вертикална	Диагонална
Същност	• Фирмите са активни на един и същ пазар	• Фирмите са активни на последователно и/или последващо ниво от производствения процес	• Фирмите са активни на различни медийни пазари
Причини	• Икономии от мащаба	• Икономии от обхвата	• Икономии от обхвата
Последствия	• Пазарна мощ • Улеснено съгласувано поведение • Изграждане на пазарни бариери • Ограничаване на ценовата конкуренция	• Ограничаване на неинтегрирани конкуренти • Изграждане на пазарни бариери	• Кръстосано финансиране • Прехвърляне на разходи и риск • Финансово надмощие • Координирано действие на няколко пазара

Източник: авторът; вж. също Schmidt (1996), 139.

V. ИЗВОДИ

Направените частични изводи относно формите, причините и последствията свързани с медийната концентрация са обобщени в Таблица 1.

При наличието на описаните ефекти на медийната концентрация се получава конфликт между целта за защитата на свободната конкуренция и целта за постигането на икономическа ефективност (*Дилема 1*) [5]. В много случаи реализираната

ефективност не е достатъчно висока, за да аргументира допускането на висока концентрация. Само в случай на съществени предимства от размера е необходимо разрешаването на *Дилема 1*. В медийния сектор, обаче, поради наличието на високи фиксирани и ниски пределни разходи предимствата от размера са големи. Затова е необходимо да се вземе политическото решение, дали при висока степен на концентрация да се даде приоритет на ефекти-

вността или да се води антиконцентрационна политика, която да възстанови децентралната организация за вземане на решения при режим на конкуренция.

Принципно пренебрегването на евентуална реализация на по-висока ефективност е политически нежелано или трудно постижимо. В областта на медиите това би трябвало да важи също. Когато осъществяването на концентрация е приемливо от политическа гледна точка, трябва да се гарантира, че икономистите се реализират на практика и се предават адекватно на търсещата страна на пазара, защото конкуренцията не е в състояние да гарантира това (*Дилема 2*). Тази дилема се решава, в повечето случаи чрез надзор върху злоупотребата с пазарна власт или чрез държавно регулиране, които обаче крият множество практически проблеми и са обречени често на неуспех. Затова е важно осъществяването на последователен политически контрол на концентрациите, като медиите не би трябвало да е изключение от този контрол. Напротив това важи, особено, за медиите, където в определени случаи гарантирането на медийно разнообразие изисква жертването на евентуална по-висока ефективност.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1]. П. Николов; Р. Карлова.; В. Антонова; Л. Йорданова; Д. Йорданова; К. Пангелов. Новата правна уредба за защита на конкуренцията, София, ИК Труд и право 2009г.
- [2] I. Schmidt. Wettbewerbspolitik und Kartellrecht. 5. Auflage. Stuttgart, Lucius & Lucius 1996 г.
- [3] J. Heinrich. Medienökonomie, Band 1: Mediensystem, Zeitung, Zeitschrift, Wiesbaden, Westdeutscher Verlag, 2001 г.
- [4] J. Lipzycynski; J. Wilson; J. Goddard. Industrial Organization: Competition, Strategy, Policy. Essex, Pearson, 2005 г.
- [5] K. Herdzina. Wettbewerbspolitik, 4. Auflage, Stuttgart, G. Fischer, 1993 г.
- [6]. M. Kops. Combating Media Concentration in a Globalising World Economy. Cologne, Working Paper of the Institute for Broadcasting Economics at the University of Cologne No. 118, 1999 г.

За контакти:

Александър Б. Тодоров, асистент в Катедра "Икономика и Мениджмънт" при ФМНЕ на ТУ-Варна, ул. Студентска № 1, 511НУК
e-mail: atodorov@tu-varna.bg

Рецензент:

Проф. д.ик.н. Димитър Канев Канев
ВВМУ „Н.Й. Вапцаров“ - Варна

ПЪТЯТ КЪМ ИНОВАЦИИТЕ – ПРЕДИЗВИКАТЕЛСТВА ЗА БЪЛГАРИЯ

THE ROAD TO INNOVATIONS – CHALLENGES FOR BULGARIA

Кирил Георгиев

Резюме: България като член на ЕС трябва да подобри състоянието си в областта на иновациите. Анализират се възможностите в тази насока чрез подобрене на иновационната система, привличането на инвестиции в индустриите с висока добавена стойност, стимулирането на технологичното образование и предприемачество, както и участието в новата програма на ЕС „Хоризонт 2020”.

Ключови думи: инвестиция, иновация, предприемачество, технология

Abstract: Bulgaria as member of EU should improve hers position in the area of innovations. Opportunities for this are analyzed through improvement of innovation system, attraction of investments in the industries with high added value, stimulation of technological education and entrepreneurship, participation in new EU program “Horizon2020”.

Keywords: investment, innovation, entrepreneurship, technology

I. ВЪВЕДЕНИЕ

Иновациите остават в центъра на стратегията на ЕС „Европа 2020” за конкурентоспособност и растеж. „Съюз за иновации” е водеща инициатива на стратегията, която определя развитието, а също и финансовите перспективи на ЕС през периода 2014-2020 г. в областта на иновациите. Тя включва новата програма "Хоризонт 2020" [5], [8] за насърчаване на научните изследвания, иновациите и конкурентоспособността, която ще бъде финансирана с €80 млрд. Засега, обаче в тази инициатива и програма няма диференциация (по изисквания, условия за участие и т.н.) между лидерите (Швеция, Финландия, Германия) и изоставащите в областта на иновациите страни - например България, Литва, Латвия и Румъния, което ще затрудни участието им. Това налага да се направи сериозен анализ, да се потърсят и се мобилизират възможно повече ресурси за преодоляване на изоставането. Сега България трябва да реструктурира своята национална иновационна система-НИС, за да осигури по-добро сътрудничество между бизнеса и изследванията. Значителни възможности за иновации може да осигури привличането на чуждестранни инвестиции в областта на индустриите, създаващи висока добавена стойност. Стимулирането на научните изследвания,

инженерното образование и предприемачеството могат да създадат допълнителна подкрепа за иновациите. Необходимо е България да се подготви и участва по-активно в новата програма „Хоризонт 2020” на ЕС

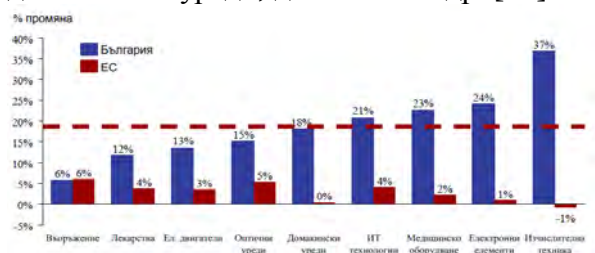
II. АНАЛИЗ

Въпреки напредъка, през последните години България е на едно от последните места в ЕС по иновации. Особено незадоволително е положението при МСП. Според [1], [9] само 20,72% от българските МСП правят продуктови/ процесни иновации, а само 17,35 % от тях – маркетингови/ организационни иновации, като продажбите на нови за пазара/за фирмите стоки съставляват само 14,20% от оборота. Аналогичните средни % за ЕС са около два пъти по-големи. Разходите на бизнеса за иновации са малко над 1% от БВП, като по-голямата част от тях (над 70%) не са за изследвания (R&D), а за закупуване на ново оборудване, а публичните разходи за R&D са едва 0,4-0,5% от БВП.

България си поставя като национална цел до 2020 г. да увеличи разходите за R&D до 1,5% от БВП, но това за момента изглежда нереално и не може да стане без промяна във всички елементи (участници, инфраструктура и т.н.) на НИС, структурирана с приемането на остарялата

вече Национална иновационна стратегия през декември 2004 г.

България се намира в групата на страните, чиито икономики правят преход от повишаване на производителността и намаляване на разходите към фокусиране върху иновациите. Засега, водещ при реализиране на **иновации** в България е трансферът на технологии чрез оборудване, лицензи и ноу-хау, придобити посредством **инвестиции** (собствени или чуждестранни). Това е пътят към иновациите за над 3/4 от фирмите в България. Собствените разработки или сътрудничеството с изследователски организации осигуряват малка част от иновациите. С най-много иновации и висока добавена стойност (фиг.1) се характеризира производството на: лекарства, електроника, оптични уреди, изчислителна и медицинска техника, домакински уреди, двигатели и др. [2]



Фиг.1. Висок ръст на добавената стойност в иновативните сектори на България [2]

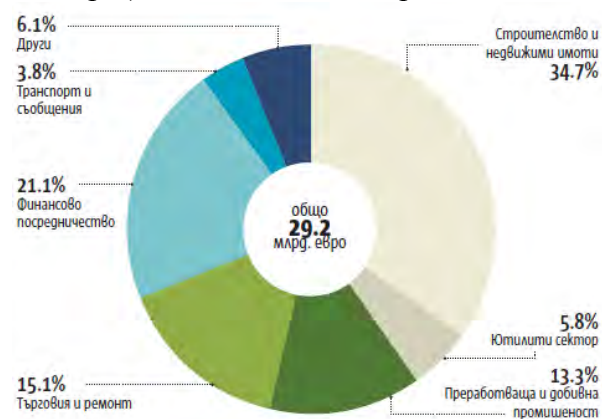
Всички български фирми, особено МСП, се затрудняват при **финансирането** на иновациите, както и при намиране на специалисти с **техническо образование** [1], [4]. Основни инициатори и двигатели за успешни иновации са **предприемачите**, но взаимодействието между бизнеса и сектора на изследванията и образованието е незадоволително. Това е и един от големите проблеми при управлението на иновациите в България, който трябва да намери решение - изграждането на по-добра взаимовръзка между научните изследвания и образованието (МОНМ) и практическото осъществяване на иновациите (МИЕТ). Въпреки приемането на закон и стратегия за насърчаване на научните изследвания все още липсва реална връзка между изследвания и

иновации. Това изисква реструктуриране на НИС, вкл. приемането на нова национална **Иновационна стратегия**, както и **Закон за иновациите**, който да възстанови националния Съвет по иновации и националния Иновационен фонд. Очаква се Законът за иновациите, който ще регламентира правата и отговорностите на всички участници в НИС, да бъде приет до края на 2011 г. Заедно с промени в други закони като Закона за обществени поръчки, трябва да се създаде управленски орган, система за следене и контрол, финансови механизми (вкл. фондове) за подпомагане на иновациите, а също и да се допълни инфраструктурата (например технологични паркове) и възможности за преференции/подпомагане на фирмите и изследователските организации, осъществяващи иновации.

Въпреки известен напредък в областта на финансирането на иновациите по ОП „Конкурентоспособност” и чрез JEREMY остава проблемът за осигуряване на **рисковото финансиране** – т.е. подкрепата за нови иновативни фирми, които не могат да гарантират получаването на банков заем [1 , 4].

Тук следва да се отдели специално внимание на **връзката между инвестиции и иновации**.

За последните 20 години България е успяла да привлече около €40 млрд. чуждестранни инвестиции, като само през последните 10 години (с пик през 2007 от €9 млрд.) те са около €30 млрд.



Фиг. 2. Разпределение на инвестициите по сектори (по данни на БНБ, в. Капитал, бр. 49/2011, с. 9)

Повече от 50 % от тях обаче са насочени към недвижими имоти и финансови услуги, докато към индустрията са насочени под 15%. (фиг.2)

Инвестициите в индустрията чрез трансфера на по-съвременни технологии са спомогнали съществено за увеличаване на иновациите в България [1 , 2 , 4].

През последните години има рязък спад на чуждестранните инвестиции, свързан основно със световната финансова криза. Наблюдава се обаче и специфичен отлив на кандидат – инвеститори от България поради причини, които могат и трябва да се преодолеят:

(1) Съседните на България страни като Сърбия, Румъния и Турция привличат повече инвестиции, като осигуряват по-големи поощрения/ субсидии;

(2) Администрацията и съдебната система остават тромави и недружелюбни;

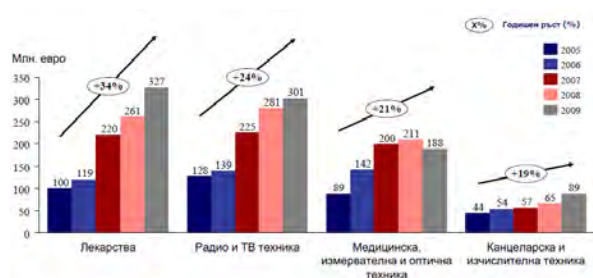
(3) Недостиг на инженерни специалисти и ниско качество на образованието – влошаване на човешкия фактор;

(4) Липса на специализация, малко успешни истории на инвестиции;

(5) Слаб маркетинг на България като място за инвестиции.

След като чуждестранните инвестиции са много важни за развитието, в частност за иновациите в България, то трябва да се положат специални усилия за тяхното привличане.

Ефектът, който предизвикват чуждестранните инвестиции върху българската икономика може да се усили, ако се определят и подкрепят определени перспективни направления в нея.



Фиг.3. Растеж на износа на високотехнологични продукти [2]

Специално изследване, инициирано от МИЕТ през 2010 г [2], показва, че дори и в

период на криза определени сектори като например фармацевтична индустрия, електротехника и електроника, информационни и комуникационни технологии увеличават своята продукция и износ, като формират висока добавена стойност (фиг.3).

Анализът на световните тенденции в областта на икономическото развитие и инвестициите, особено след кризата показва, че някои от тях като урбанизацията, засилването на търсенето на здравни услуги, на „зелени продукти“, Интернет-пазаруването, увеличаването на спестяванията и намаляване на разходите за развлечения и туризъм, ще засегнат пряко България [6]. Това прави производството, аутсорсинга и споделените услуги най-вероятни за развитие чрез изнасяне в страни като България. Освен размера и ръста на местния пазар решаващи за избора на местоположение/инвестиция остават достъпа/близостта до международни пазари, квалифицираните човешки ресурси и стабилността на средата. ИКТ, електрониката, фармацевтиката и бизнес-услугите са водещи при търсенето и реализирането на инвестиции, а също и иновации особено в Европа, където се насърчават индустриите с висока добавена стойност [2 , 6]. Допълнителен фактор, влияещ върху предпочитанията за инвестиции в България е близостта до Русия и Азия (вкл.Китай)



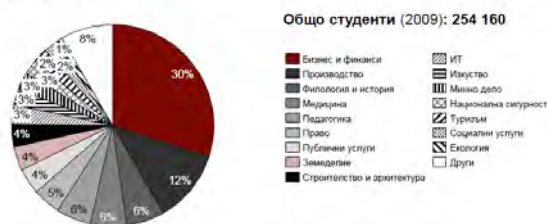
Фиг.4. Приоритетни сектори в България за привличане на инвестиции в сравнение с Чехия и Унгария [6]

Това дава основание да се подкрепи една секторно ориентирана стратегия за привличане на инвестиции, предложена от МИЕТ [6], която поставя ударение на

възможностите за развитие/аутсорсване на определени средно и високотехнологични производства в унисон със световните тенденции (фиг.4).

В България не се подготвят достатъчно специалисти от технически/инженерни специалности, а преимуществено по бизнес/икономика и филология (фиг.5)

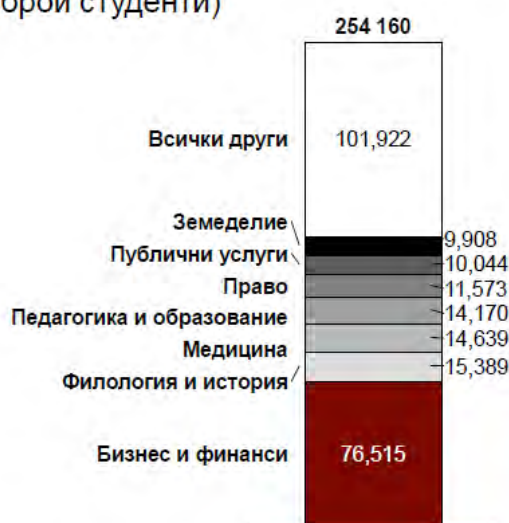
Студенти по специалност
(% от всички)



Фиг.5 Разпределение на студентите по специалности

Финанси, икономика, филология, медицина, педагогика и право са сред най-търсените специалности при кандидатстване в университетите в България (фиг.6).

Топ специалности
(брой студенти)



Фиг.6 Най-търсените студентски специалности в България

Необходими са съвместните усилия на държавата, бизнеса, образователните институции, медиите, семейството и цялото общество, за да се възстанови имиджа на природните науки и технологиите (не само ИКТ) като поле за изява и успешна реализация на младите хора. В тази посока могат да се използват/рекламират успехите на България в тези области в близкото

минало, както и добрите практики (случаи на успели българи, български технологични фирми и чужди фирми с българско участие).

Друг проблем тук е липсата на достатъчно добре подготвени в тези области учители и преподаватели – след пенсионирането на възрастните специалисти се създаде вакуум, който не се попълни от млади хора.

МОНМ заедно с университетите могат да подкрепят косвено процеса на иновативно развитие, като промоцират възможностите и мотивират младежите за обучение по технически/инженерни специалности, а също така увеличат приема/намалят таксите/дават целеви стипендии на студенти в тези специалности.

Аналогично на повечето страни от Европа (за разлика например от САЩ, Израел, Япония, Сингапур, Корея, Германия, Финландия и др.), в България много малко предприемачи избират за изява сферата на технологиите, като повечето предпочитат търговията и услугите. За да се пречупи тази тенденция, за да се популяризира технологичното предприемачество, трябва да се засили изучаването и рекламирането на негови успешни примери/практики.

Най-голямото предизвикателство за бъдещето на иновациите в България е подготовката ѝ за участие в новата програма на ЕС „Хоризонт 2020“ [3 , 5]. За първи път цялото финансиране от ЕС на научноизследователската дейност и иновациите ще се обедини в една-единствена програма.

„Хоризонт 2020“ ще насочва средствата по **три ключови** направления:

(1)Подкрепа за ролята на ЕС като световен лидер в областта на науката, със специален бюджет от €24,6 млрд., включително увеличение на финансирането с 77 % за Европейския съвет за научни изследвания (ERC).

(2)Осигуряване на водещи позиции за промишлеността в областта на иновациите с бюджет от €17,9 млрд. В това число сериозни инвестиции в размер

на €13,7 млрд. в ключови технологии, както и по-лесен достъп до капитали и подпомагане за МСП.

(3)€31,7 млрд. са предназначени за решаването на важните за всички европейци проблеми в шест основни области: здравеопазване, демографски промени и качество на живот; продоволствена сигурност, устойчиво селско стопанство, мореплавателски и морски изследвания и биоикономика; сигурна, чиста и ефективна енергия; интелигентен, екологосъобразен и интегриран транспорт; дейности в областта на климата, ефикасно използване на ресурси и суровини; и приобщаващи, иновативни и сигурни общества.

Финансирането по „Хоризонт 2020“ ще е по-достъпно благодарение на опростената структура на програмата, на единен набор от правила и по-малко бюрокрация. „Хоризонт 2020“ ще означава: драстично опростяване на възстановяванията чрез въвеждане на единна фиксирана ставка за непреките разходи и само две ставки при финансирането — за научни изследвания и пазарно ориентирани дейности съответно; единна точка за достъп за участниците; по-малък обем на документацията при подготовката на предложенията и премахване на ненужните проверки и одити. Ключова цел е намаляването на времето до финансиране след подаването на заявлението средно със 100 дни, което означава по-бързо започване на работа по проектите.

ЕК ще положи значителни усилия за отварянето на програмата за повече участници от цяла Европа, като проучи полезните взаимодействия с финансирането по линия на кохезионната политика на ЕС. „Хоризонт 2020“ ще набележи местата с потенциал за върхови постижения в изоставащите региони и ще им предложи политически насоки и подкрепа, докато структурните фондове на ЕС могат да се използват за подобряване на инфраструктурата и оборудването.

€3,5 млрд. ще бъдат заделени за по-интензивно и по-машабно използване на

финансови инструменти, които привличат кредитиране от финансови институции в частния сектор. Тези инструменти се доказваха като изключително ефективни за стимулиране на частните инвестиции в иновациите, които водят пряко до растеж и работни места. В полза на малките и средни предприятия (МСП) са заделени около €8,6 млрд., с което те получават признание за изключително важната си роля в областта на иновациите.

Главната опасност за България е слабото развитие на нейната **научна инфраструктура** (вкл. оборудването на университети, институти, лаборатории със съвременна апаратура) и относително малкото преподаватели, учени, изследователи, което ще затрудни привличането и включването им в съществуващите европейски научни мрежи и центрове за компетентност при разработването на значими изследователски проекти през 2014-2020г.. Това е свързано най-вече с изключително малките суми за инвестиции в наука и изследвания, които се отделят в България на един жител (€24.3) в сравнение с Румъния (€26), Латвия (€37.5), Турция (€52) през Чехия (€200), Португалия (€262), Испания (€318), Италия (€321) до скандинавските лидери Швеция (€1139), Дания (€1218) и Финландия (€1274). В никоя друга област европейският дисбаланс (над 50 пъти) между развити и изостанали страни не е толкова стряскащ.

Поради тази причина заслужава специално внимание, анализ и евентуално подкрепа предложението на португалския депутат Мариа де Гарсиа Карвало една съществена част (примерно 1/3 или около €120 млрд.) от структурните фондове, отделени за изпълнение на Кохезионната програма (за сближаване/изравняване) на ЕС през периода 2014-2020 г. да могат да бъдат похарчени като инвестиции в областта на научната и изследователска инфраструктура. Показателна е обществената дискусия „За“ или „Против“ това предложение в България [7]. **Застъпниците** на тази идея изтъкват, че само със скок (марсирани инвестиции в

научната инфраструктура) България може да догони лидерите и да участва пълноправно в осъществяването на изследвания и иновации на европейско и световно равнище. **Противниците** на тази идея изтъкват досегашното неефективно използване на структурните фондове от България (корупция, бюрокрация, липса на ясни приоритети, проектен капацитет и т.н.), което обрича бъдещото усвояване (ако няма промяна в нагласата и мотивацията на хората) на неуспех. Те дават пример с досегашното сравнително скромно участие на България в 7-ма рамкова програма за научни изследвания 2007-2013 г [4].

III. ИЗВОДИ

(1)България изостава в областта на иновациите. Пред нея като член на ЕС стои предизвикателството да потърси и реализира максимум възможности за преодоляване на това изоставане

(2)Необходимо е преустройство на националната иновационна система, вкл.засилване на връзката между бизнеса, образованието и научните изследвания, чрез приемането на нова Национална иновационна стратегия, Закон за иновациите и др.

(3)Иновациите в българските предприятия се реализират досега основно под формата на трансфер на технологии, включващи оборудване, лицензи и ноу-хау, придобити посредством инвестиции (собствени или чуждестранни). Необходимо е засилването на иновациите чрез собствени изследвания и сътрудничество с R&D организации.

(4)Съществува пряка положителна връзка между инвестициите в областта на производството и иновациите. Привличането на инвестиции в определени сектори с висока добавена стойност като ИКТ, електроника, фармацевтика, бизнес-услуги и др. ще стимулират иновациите.

(5)МОИМ заедно с университетите и цялото общество трябва да подкрепят процеса на иновативно развитие, като промоцират възможностите и мотивират младежите за обучение по

технически/инженерни специалности, а също така увеличат приема на студенти в тези специалности.

(6)Необходимо е специално внимание към технологичното предприемачество като основен двигател на иновациите, изучаване и рекламиране на негови успешни примери и практики.

(7) Наложителна е широка дискусия и ясно разбиране сред обществото за необходимостта/ неизбежността от осъществяване на иновации (ако искаме да бъдем конкурентоспособни и да живеем по-добре) и необходимите за това усилия/инвестиции в хора и инфраструктура.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Анализ на състоянието и факторите за развитие на МСП. Българските МСП в условията на криза, НОЕМА, ИАНМСП, София, 2011
 - [2]. Българската икономика – състояние и стратегия за развитие, МИЕТ, София, 02.07.2010
 - [3]. Зелена Книга: От предизвикателствата към възможностите — изграждане на обща стратегическа рамка за финансиране от ЕС на научните изследвания и иновациите, COM (2011) 48, Брюксел, 9.2.2011,
 - [4] „Иновации.Бг 2011” , Фондация „Приложни изследвания и комуникации”, София, 2011 [3].
 - [5].Предложение за решение на Европейския парламент и на Съвета за установяване на „Хоризонт 2020“ — рамкова програма за научни изследвания и иновации (2014—2020 г.) , COM(2011) 809, 2011/0401 (COD), Брюксел, 30.11.2011
 - [6]. Секторни стратегии за привличане на инвестиции, МИЕТ, София, май 2011
 - [7].Трябва ли една трета от фондовете на ЕС да са за изследователска инфраструктура? в.Капитал, No 46, 16 декември 2011
 - [8]. Horizon 2020, IP -11-1475-BG, 2011
 - [9]. Innovation Union Scoreboard 2010, IMPROVE, February 2011
- За контакти:** инж. Кирил Георгиев, доцент д-р в катедра”Икономика и мениджмънт” при ФМНЕ на ТУ-Варна , ул. Студентска № 1, НУК 508
e-mail: kirilvg@tu-varna.bg

Рецензент:

доц. д-р. инж. Христо Крачунов - ТУ-Варна

УПРАВЛЕНИЕ НА СТРУКТУРАТА НА КАПИТАЛА НА БИЗНЕС ОРГАНИЗАЦИЯТА

MANAGEMENT OF THE CAPITAL STRUCTURE OF THE BUSINESS ORGANIZATION

Дарина Маринова Павлова

Резюме: Разглеждат се теоретико-методологични въпроси и основни проблеми, свързани с различията при дефинирането и измерването на капиталовата структура на бизнес организация. Представени са базови теории за капиталовата структура на фирмата. Анализирано е влиянието на различни фактори върху управлението на капиталовата структура на бизнес организацията - влияние на данъчното облагане и цената на финансовата дестабилизация.

Ключови думи: бизнес организация, финанси, капитал, капиталова структура

Abstract: Here are considered theoretical and methodological issues and basic problems related to the differences in definition and measurement of the capital structure of a business organization. Basic theories of the capital structure of the company are presented. The influence of various factors on the management of the capital structure of a business organization is analyzed– the impact of taxation and costs on financial instability.

Keywords: business organization, finance, capital, capital structure

I. ВЪВЕДЕНИЕ

Управлението на структурата на капитала е изключително важно за постигане на оптималната цена на финансиране на дейността на бизнес организацията (БО).

В теоретичен план съществуват различни схващания за това как и кои капитали формират капиталовата структура на БО и съответно за видовете капиталова структура.

Проф. д-р ик. н. Г. Петров дава следното определение за капиталова структура “капиталовата структура на фирмата изразява величината и съотношението на източниците за дългосрочно финансиране на фирмата”. [2] По своята същност, това са обикновени и привилегирани акции, облигации и други видове дългосрочни заеми.

Според същият автор финансовата структура е съвкупност от всички видове източници на финансиране на БО, независимо от вида и срока им. Г. Петров уточнява и това, че често в литературата под капиталова структура се разбира цялата съвкупност от капитали на БО, а не само дългосрочните. [2]

Според Н. Николов “капиталовата структура на фирмата може да се изрази като съвкупност от всички източници на финансиране, отразени в пасива на баланса и взети с техните относителни тегла”. [1] Тя дава най-обща представа дали функционирането на дадена БО се осъществява в преобладаваща степен от наличието на собствен капитал, или е за сметка на дългов капитал.

Различията в мненията на отделните автори се изразяват в това дали трябва да се включват в капиталовата структура текущите капитали или не.

Обобщавайки горните схващания се стига до извода, че най-правилно е под капиталова структура да се разбира само съвкупност от дългосрочни капитали. Това е особено важно при изследване на връзката “финансово състояние – капиталова структура”. Аргументът е, че върху финансовото състояние и най-вече върху печалбата и рентабилността оказват влияние тези капитали, при които бизнес организацията формира разходи. Това са дългосрочните заемни средства (кредити и облигации), при които разходите са свързани с определени лихвени плащания, както и собственият капитал (поради

изискуемата от акционерите норма на възвръщаемост). Естествено, трябва да се държи сметка за текущата част от дългосрочните дългове, дължима в рамките на годината и прилежащата ѝ лихва. Текущите капитали, формирани от краткосрочните задължения на БО, са свързани по-скоро с ликвидността ѝ и оперативната ѝ дейност. Те често са определени от равнището на нормалната бизнес дейност и са свързани с оперативните мениджърски решения. За тях най-често не се дължат лихвени плащания и съответно не влияят пряко за намаляване на облагаемата печалба.

Капиталовата структура може да се раздели на **обща и вътрешна**.

Под **обща капиталова структура** се разбира относителния дял на собствените и привлечените средства към общата стойност на капитала. **Вътрешната капиталова структура** представлява съотношението на отделните елементи на собствения капитал (СК) и елементите на привлечения капитал (ПК).

Когато СК превишава ПК(дълг), капиталовата структура е слабо рискова и е източник на ниски печалби за акционерите. Тя е свързана с излишно оскъпяване на цената на капитала, защото цената на заемния капитал е по-ниска от минимално изискваната възвръщаемост на акционерите. Обратният случай, когато дълговият капитал преобладава или има високо рискова капиталова структура се реализира излишен риск, шансът за по-високи печалби за акционерите се компенсира с по-висок риск.

Определянето на най-подходящата комбинация ПК – СК е сложен процес, особено днес, когато приемането на варианти на разпределение на капитала с преобладаващ СК, без отчитане на пазарните реалности и състоянието на БО, не е обосновано. Основният аргумент при избора на определена капиталова структура трябва да е цената на капитала и възможността на БО да обезпечи както акционерите си, така и кредиторите си, без това да повлияе негативно на финансовото ѝ състояние.

Връзката на структурата на капитала с финансовото състояние на БО се изразява чрез влиянието на средно претеглената цена на капитала на БО върху възвръщаемостта от дейността на БО. Или дава отговор на въпросите как средно претеглената цена на капитала оказва влияние на показателите, характеризиращи финансовата стабилност и представяне на БО, и най-вече как това се отразява върху богатството на акционерите.

Определянето на оптималната капиталова структура е свързано с оптимизиране на средно претеглената цена на капитала, използван от БО.

Цената на собствения и привлечен капитал може да се определи по два начина:

- на база пазарните стойности на съответстващите им ценни книжа - акции и облигации;

- на база техните счетоводни стойности.

Цената на ПК се отличава с твърдо договорени лихвени и погасителни плащания. Това важи както за получените банкови заеми, така и за емитираните дългосрочни и средносрочни облигации. БО могат да определят точно величината на произтичащите от тях задължения за плащане, като цената на дълговите източници на капитал са договорените лихвени проценти. В практиката при определянето на средно претеглената цена на капитала, като цена на дълговото финансиране, може да се приеме цената на дълга преди или след данъка.

Поради функцията на СК да бъде рисков носител, очакванията за неговата възвръщаемост са по-високи в сравнение с лихвените равнища по привлечения капитал. Цената на СК е съответно минималната изискуемата от собствениците норма на възвръщаемост. Последната се определя така, че резултатите от дейността да покриват разходите и погашенията по привлечените капитали.

Или цената на капитала на БО може да се определи по следния начин [3]:

$$WACC = W_d * L_d + W_e * L_e \quad (1),$$

където: WACC → средно претеглена цена на капитала; L_d → цена на привлечения капитал; L_e → цена на СК; W_d → относителен дял на привлечения капитал; W_e → относителен дял на собствения капитал.

Така се определя средно претеглената цена на капитала преди данъците, като за да се калкулира след данъчното облагане, цената на привлечените средства се коригира с (1-данъчната ставка).

Освен това, трябва да се има предвид, че е необходимо да се анализира както структурата на привлечените средства, така и на собствените капитали, като се определя цената на всеки техен елемент.

За формиране цената на собствения капитал се използват няколко основни метода [3]:

- **Модел за оценка на капиталовите активи МОКА-** Capital Asset Pricing Model (CAPM) – чрез него се характеризира връзката между възвръщаемост на акциите и пазарната възвръщаемост.

На база историческите данни за възвръщаемостта на акциите, чрез този модел се определя теоретичната цена на СК и се прогнозира бъдещите стойности на възвръщаемостта. Моделът изразява цената на СК като сума от безрисковата норма на възвръщаемост и рискова премия, т.е. посредством него се определя нивото на възвръщаемост, което инвеститорите изискват от фирмата за съществуващия инвестиционен риск.

Методът се опира на логиката, че след като в последните няколко десетилетия рискът от инвестиране в акции не се е променил особено много, най-добрата оценка на бъдещата рискова премия е историческата рискова премия. Следователно рисковата премия може да се определи като усреднена величина от хронологични данни за възвръщаемостта

на пазара и за безрисковия лихвен процент.

Недостатък на този подход, е че усреднявайки данните той елиминира влиянието на текущите изменения, както в безрисковото ниво на доходност, така и в пазарната възвръщаемост.

Вторият елемент на модела е **бета коефициентът**, който изразява зависимостта на акцията от промените на пазара.

- **Методът „доход от облигации плюс рискова премия”** - към цената на заема се добавя рискова премия.

- **Методът на дисконтирания паричен поток** - използва се дисконтиране на очакваните дивиденди.

Влиянието на средно претеглената цена на капитала се моделира чрез оптимизиране на капиталовата структура на БО.

II. ВЪЗМОЖНОСТИ ЗА ОПТИМИЗИРАНЕ НА КАПИТАЛОВАТА СТРУКТУРА

Предположенията за оптималния размер на дълга в постоянното финансиране на фирмата са различни (30%? 40%? 50%? 60%).

А дали има изобщо оптимална капиталова структура?

Процесът на оптимизиране на капиталовата структура се усложнява особено за БО, функциониращи в преходни икономики, липса на данни и пазарни традиции, с неустановена акционерна собственост, и особено такива, които присъстват на няколко несъпоставими капиталови пазари.

Цената на собствения капитал, като елемент на средно претеглената цена на капитала е различна за една и съща фирма, но определяна на различни капиталови пазари.

Съвременната теория за капиталовата структура се гради на няколко основни концепции:

• Наивна теория за капиталовата структура

Представителите на това схващане защитават тезата, че с увеличаване на финансовия лост (делът на привлечения

капитал в капиталовата структура) средно претеглената цена на капитала намалява, като между нарастването на финансовия лост и цената на СК няма връзка и с всяко увеличение на дълга пазарната стойност на БО ще нараства.

- **Традиционна теория за капиталовата структура**

Това е теория, според която оптималната структура се реализира при най-ниската средно претеглена цена на капитала и при най-висока цена на БО. Това изразяват и съвременните концепции за оптимална капиталова структура, но традиционната теория не подкрепя схващанията си с модел (технология) за определяне на оптималната структура.

- **Теория на Милър и Модилиани (ММ)**

Тази теория търпи редица промени. В оригинален вид първоначалните схващания са, че БО функционират в условия на съвършени капиталови пазари, като не се отчита влиянието на данъците. Теорията ММ изтъква, че цената на дълга и пазарната стойност не зависят от капиталовата структура. Ето защо нормата на възвръщаемост, която акционерите очакват да получат, нараства при увеличение на дела на дълга точно с толкова, колкото е необходимо да се поддържа постоянна средно претеглена цена на капитала. По-късно **Милър представя теория, отчитаща данъците** и доказва, че с отчитане на данъците пазарната стойност на БО се увеличава еднакво с нарастване дела на заемния капитал. Моделът на Милър е валиден с допускането, че ефективната данъчна ставка върху дохода от акции е нула.

- **Модерна теория за капиталовата структура.**

ММ теорията е основа за развитието на съвременните теории за капиталовата структура на БО. Според модерната теория с нарастването на дълговия коефициент до определена степен пазарната стойност на БО ще расте и съответно WACC ще намалява. След определено ниво на дълга цената на капитала ще нараства, като пазарната стойност на БО ще намалее.

Това се дължи на влиянието на данъците и отчитане на риска от фалит, над определено ниво на дългово финансиране. Оптимална капиталова структура, според съвременните схващания, е тази, която максимизира пазарната стойност на БО и минимизира WACC.

III. ТЕОРИЯ НА МИЛЪР И МОДИЛИАНИ (ММ)

През месец юни 1958 година на страниците на американско списание *American Economic Review* се появява статията “Цената на капитала, корпоративните финанси и теорията на инвестициите”[4]. Авторите на изследването са Franco Modigliani и Merton Miller. Двамата са удостоени поотделно с най-високото научно отличие в областта на икономическата наука, а именно Нобелова награда по икономика, за приноса им в областта на финансите.

Концептуалната идея, която Modigliani и Miller обосновават посредством своята теория ММ, е, че на практика капиталовата структура на компанията няма значение по отношение на стойността на БО. Независимо, дали мениджърите на компанията финансират дейността посредством СК, чрез емисия на акции, или използват финансов ливъридж, емитирайки облигации, е без значение за стойността на БО.

Теорията ММ се формализира посредством формулирането на следните две твърдения, известни като Теорема I и Теорема II на теорията ММ.[6]

- **Теорема I.** Стойността на ливъриджирания (в чиято капиталова структура има привлечен капитал) БО е равна на тази на неливъриджирания (в чиято капиталова структура няма привлечен капитал), т.е.:

$$V_L = V_U, \text{ където:}$$

V_L - стойност на ливъриджирана БО - Value of Levered Firm; V_U - стойност на неливъриджирана БО - Value of Unlevered Firm.

- **Теорема II.** Очакваната възвръщаемост на собствения капитал е

позитивно свързана с финансовия ливъридж.

Теорията ММ е изградена на базата на следните абстрактни положения [3], които могат да бъдат обособени в две групи:

- ❖ общи финансово-икономически предположения
 - ✓ икономическо равновесие
 - ✓ съвършен капиталов пазар
 - ✓ хомогенни очаквания на инвеститорите
 - ✓ хомогенен бизнес риск
- ❖ конкретни технически предположения
 - ✓ няма данъци
 - ✓ няма разходи при банкрут

IV. ПРАКТИЧЕСКО ПРИЛОЖЕНИЕ НА ТЕОРИЯТА ММ

Практическото приложение на теорията еволюира. Първоначално то е свързано само с отчитане на наличието на корпоративни данъци, впоследствие е добавена и цената на финансовата дестабилизация.

1. Теория ММ при наличие на корпоративни данъци

Най-характерният момент в логиката на данъка върху печалбата, е, че разходите за лихви, дължими по отпуснатите на БО кредити, се признават от счетоводна гледна точка за разходи на БО, елемент са от нейната себестойност, и по този начин се приспадат от приходите. Именно получената остатъчната стойност се облага с корпоративен данък върху печалбата. Това е счетоводният, чисто технически план. Какво е обаче финансовото измерение на тази важна особеност.

Приспадането на лихвените разходи от приходите, в действителност означава, че реализираната от БО печалба, с която се покриват лихвите дължими на кредиторите на компанията, не се облага с корпоративен данък. На практика, използвайки дългово финансиране, финансовият мениджър на компания може да “спаси” от данъци част от печалбата на компанията, равна на стойността на разходите за лихви. Това става напълно легално, без да се налага да “заобикаля” или нарушава

законовите разпоредби, или да търси други схеми за нерегламентирано бягство от данъка. Това е една от най-важните причини БО да използват дългово финансиране [3]

Двете теореми на теорията ММ, като се отчете наличието на данък върху корпоративните печалби, имат следният вид [7]

■ Теорема I. Стойността на ливъриджирания БО е равна на тази на неливъриджирания БО плюс стойността на данъчната защита, т.е.:

$$V_L = V_U + T_C LTD, \text{ където:}$$

V_L - стойност на ливъриджирания БО - Value of Levered Firm; V_U - стойност на неливъриджирания БО - Value of Unlevered Firm; $T_C LTD$ - данъчна защита - Tax Shield; T_C - размер на корпоративния данък - Corporate Tax Rate; LTD - дългосрочен дълг - Long-term Debt.

През 1963г. се появява отново статия на Franco Modigliani и Merton Miller, озаглавена, този път “Корпоративните данъци върху печалбата и цената на капитала: една корекция”. [5]

■ Теорема I на теорията ММ, в резултат на отчитане на влиянието на корпоративните данъци, този път гласи, че капиталовата структура не само, че има значение за стойността на БО, но и с увеличение на дела на дълговото финансиране в общото финансиране, стойността на БО нараства, достигайки своята максимална стойност при финансиране на компанията изцяло с дълг.

■ Теорема II. Очакваната възвращаемост на собствения капитал остава позитивно свързана с финансовия ливъридж, но стойността ѝ се коригира с ефекта от данъка.

2. Теория ММ при отчитане на цената на финансовата дестабилизация

Предимството на дълговото финансиране пред финансирането със СК, в реалната действителност не може да бъде експлоатирано в своята цялост, поради редица практически ограничения, които реалният икономически живот поставя. Наличието на дълг в капиталовата

структура на БО я поставя под “напрежение”, тъй като стойността на дълга и лихвените задължения по него имат облигационен характер. От юридическа гледна точка означава, че ако тези претенции не бъдат удовлетворени може да се пристъпи към законово трансфериране на собствеността върху активите на БО от акционерите към облигационерите. Такава ситуация може да бъде дефинирана като финансова дестабилизация.

Ситуацията на финансова дестабилизация се характеризира с появата на определени допълнителни разходи, произтичащи непосредствено от положението, в което се намира компанията. С оглед прецизната оценка на разходите, свързани с финансовата дестабилизация на компанията, е необходимо те да бъдат ясно дефинирани. В този смисъл, ще бъде възприета следната класификационна схема на разходите за финансова дестабилизация, предложена от Ross, Westerfield и Jordon [8]:

- преки разходи по финансова дестабилизация

Процедурата по ликвидация и реорганизация на акционерните дружества представлява изключително сложен процес. Като резултат от това, правно-административната процедура, в рамките на отделните етапи, по обявяване на банкрута на БО е свързана с осъществяването на значителни по обем разходи.

- непреки разходи по финансова дестабилизация

Когато компанията е финансово дестабилизирана, възникват проблеми с клиентите и доставчиците на БО, с финансово-кредитните институции, с държавната администрация, които неизменно резултират в осъществяване на допълнителни разходи, в резултат на загубата на доверие в БО.

- разходи по представителство

Когато делът на дълговото финансиране стане значителен в дела на общото финансиране на БО, се появяват

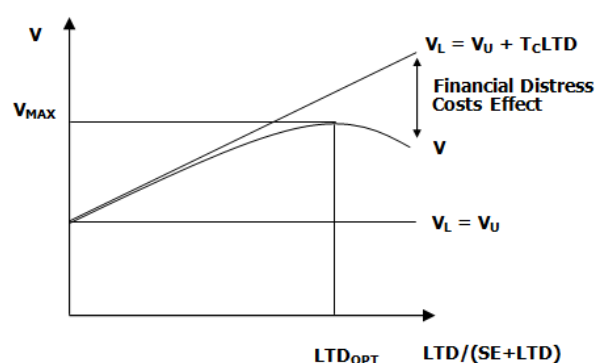
предпоставки за възникване на конфликт на интереси между акционерите и облигационерите на компанията. Този конфликт има най-често следните практически измерения:

- ✓ поемане на излишен риск – в условията на финансова дестабилизация мениджърите са склонни да поемат необосновано висок риск, с оглед повишаване на финансовите резултати на компанията;

- ✓ недоинвестиране – когато вероятността от банкрут се увеличава, мениджърите са склонни да не поемат допълнителни инвестиционни инициативи, тъй като по този начин увеличават стойността на активите на компанията, които евентуално в бъдеще биха могли да бъдат разпределени между кредиторите на БО;

- ✓ разпределяне на извънредни дивиденди – обичайно действие от страна на мениджърите накърняващо интересите на кредиторите.

Интегрирането на ефекта на корпоративните данъци и разходите по финансова дестабилизация, в крайна сметка придава един значително по-реалистичен от практическа гледна точка вид на теорията ММ, чиято графична интерпретация има следния вид, фиг.1.



Фигура 1. Ефект на данъците и финансова дестабилизация

където: SE - собствен капитал - Stockholders' Equity; LTD - дългосрочен дълг - Long-term Debt; V - стойност на БО - Firm Value; V_L - стойност на ливъриджирана БО - Value of Levered Firm; V_U - стойност на неливъриджирана

БО - Value of Unlevered Firm; T_C LTD - данъчна защита - Tax Shield; Financial Distress Costs Effect-ефект на разходите по финансова дестабилизация; LTD_{OPT} - оптимален размер на дългосрочния дълг - Long-term Debt Optimum; V_{MAX} - максимална стойност на БО - Maximum Value of Firm

Както става ясно, обосноваването на управленското решение, свързано с формирането на капиталовата структура на компанията, е от изключителна важност. Универсална формула за определянето на оптималната капиталова структура не съществува.

V. ИЗВОДИ

Направеното проучване върху някои аспекти на управлението на капиталовата структура на бизнес организацията дава основание да се формулират следните изводи:

1. Капиталовата структура представлява съотношението между величините на дългосрочните източници на финансиране на БО. Финансирането с дълг има своите предимства и недостатъци. Дългът е акселератор за развитието на фирмата, но също така и за нивото на риска. Привличайки заемни средства фирмата може бързо и мащабно да осъществи своите проекти, но финансовият мениджър не трябва да забравя наличието на финансов риск.

2. Когато коефициентът дълг към капитал се увеличава означава, че БО става рискова, защото нарастват нейните задължения, от друга страна увеличаването на дълга може да въздейства за увеличаване на печалбата, тъй като в оборота се включват допълнителни капитали.

3. Въздействието на промяната на дълга в общата величина на капитал може да бъде свързано с намаляване на данъците, защото лихвата е финансов разход, чрез който се намалява облагаемата печалба.

4. Въздействието на дълга в общата величина на капитал, което оказва влияние върху нормата на печалбата се нарича

финансов ливъридж. Следователно, финансовият ливъридж отразява степента на зависимост на компанията от кредиторите (съществува риск от загуба на платежеспособност). Колкото по-голям е финансовият ливъридж, толкова по-голям е рискът от загуби и фалит на БО.

5. Няма универсална формула, която да се прилага в търсене на оптималната капиталова структура на БО. Ето защо, при вземането на решения относно формите на финансиране, мениджмънта трябва да има предвид както характера на дейността, текущото състояние и перспективите на конкретната компания, така и икономическите процеси, протичащи на макроравнище.

6. В тази връзка, при формиране на капиталовата структура на БО е необходимо да се спазва следното правило: намиране на такова съотношение между собствените и привлечените средства, при което цената на акциите на компанията е най-висока. Това от своя страна е възможно при едно умерено, но не прекомерно използване на дълг.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1].Николов, Н., Финансов анализ, Princeps, Варна, 1995, стр. 19
- [2].Петров, Г., Основи на финансите на фирмата, Тракия-М, София, 1999, стр. 127
- [3].Harvey, C., Capital Structure and Payout Policies, WWWFinance, Online Course, 1995, Fuqua School of Business, Duke University.
- [4].Modigliani, F., and M. Miller, The Cost of Capital, Corporation Finance, and the Theory of Investment, American Economic Review, June 1958.
- [5].Modigliani, F., and M. Miller, Corporate Income Taxes and the Cost of Capital: A Correction, American Economic Review, June 1963.
- [6].Ross, St., Westerfield, R. and J. Jaffe, Corporate Finance, Irwin McGraw-Hill, 1996, p. 386-395.
- [7].Ross, St., Westerfield, R. and J. Jaffe, Corporate Finance, Irwin McGraw-Hill, 1996, p. 400-407.
- [8].Ross, St., Westerfield, R. and J. Jaffe, Corporate Finance, Irwin McGraw-Hill, 1996, p. 416-423.

За контакти:

Дарина Павлова, доц.д-р в катедра "Икономика и мениджмънт" при ФМНЕ на ТУ-Варна, ул. Студентска № 1e-mail:pavlovad@mail.bg

Рецензент: доц. д-р. Йордан Николов, ТУ-Варна

THE ASSESSMENT OF FISH STOCK AND ITS DISTRIBUTION IN BLACK SEA BY SPLIT BEAM ACOUSTIC SYSTEM

ОЦЕНКА НА РИБНИТЕ ЗАПАСИ И ТЯХНОТО ПРОСТРАНСТВЕНО РАЗПРЕДЕЛЕНИЕ В ЧЕРНО МОРЕ ПОСРЕДСТВОМ SPLIT BEAM АКУСТИЧНА СИСТЕМА

Veselka Marinova, Darina Pavlova

Abstract: The assessment of fish stock and its distribution in Black Sea, especially in front of Bulgarian and Romanian coasts, was conducted by Simrad EK60 split-beam acoustic system, in December 2010. As a result, it can be reported that the dominant species of fish distributed in area were sprat (*Sprattus sprattus*) and whiting (*Merlangius merlangus*). Distribution maps and biomass estimates manifested that the highest sprat densities were associated with lower temperatures, higher abundance of zooplankton and lower concentrations of dissolved oxygen. . Whiting was acoustically distinguished only in front of cape Galata - cape Kaliakra area. Estimated biomasses of sprat and whiting in the surveyed area were 444.46 and 34.34 t.

Keywords: acoustic method, biomass, Black Sea, sprat, whiting,

Резюме: Оценка на рибните запаси и тяхното пространствено разпределение в Черно море, по-специално пред бреговете на България и Румъния, е извършена посредством Simrad EK60 split-beam акустична система, през декември 2010г. Доминиращите видове риби са трикона (*Sprattus sprattus*) и меджид (*Merlangius merlangus*). Най-силно влияние върху пространственото разпределение и биомасата на триконата оказват температурата, разтворения кислород и зоопланктонните струпвания в морската вода. Пряка зависимост между разпределението на меджида и основните хидрологични параметри не е установена. Струпвания от меджид са регистрирани само в района между н. Галата и н. Калиакра. Биомасата на триконата в изследвания район е 444.46 t, а на меджида - 34.34 t.

Ключови думи: акустичен метод, биомаса, меджид, трикона, Черно море

I. INTRODUCTION

Fish stock assessment is essential in order to provide scientific advice on optimum exploitation of fishery resources. One of the widely acknowledged and efficient methods for assessing of pelagic fish stocks is acoustic method [1, 2], which cover large areas for relatively short time. In the Western Black Sea Area, including Bulgaria and Romania, hydro-acoustic research surveys were sporadic, accomplished by YugNIRO (Ukraine), cover only sprat and anchovy and the recent ones were carried out during the period 1984-1994 [3, 4, 5]. For the Black Sea ecosystem, sprat (*Sprattus sprattus*) and whiting (*Merlangius merlangus*) are key fish species [4, 5]. Sprat is the main target for the fisheries of Bulgaria and Romania [6, 7, 8] in the last 40 years and the landings represented about 39 – 65 % from total catch of both countries. Whiting has been subject of commercial fishery in the Eastern Black Sea, although in the Western part it has been

caught as by-catch of sprat and other types of trawl fisheries [5]. Specific ecological niches of sprat and whiting as most abundant cold-water fishes, which are in the base of trophic food web make the state of their stocks very important for the functioning of Black Sea ecosystem and regular stock assessments on these species are needed.

The aim of present paper is to update the knowledge of biomass levels and spatial distribution of sprat and whiting stocks by applying of acoustic method and to study the effects of some hydrological factors on the vertical distribution of fish populations.

II. MATERIAL AND METHODS

The pilot fisheries acoustic survey was conducted in front of the Bulgarian and Romanian Black Sea coasts, over the continental shelf between 42°50' N and 43°50' N and 28°00' E and 29°30' E in December 2010. Acoustic data were collected by using of scientific echosounder Simrad EK60,

operating at 38, 120 and 200 kHz simultaneously with hull-mounted split-beam transducers on the R/V “Akademik”, Institute of Oceanology, Varna - Bulgarian Academy of Sciences. The main frequency for the assessment of fish biomass was 38 kHz. The 120 kHz and 200 kHz frequencies were used for discriminating fish, plankton, noise etc. GPS data were collected for pairing acoustic density readings with geographic location.

The mid-water trawl, equipped with monitoring system based on SIMRAD ITI sensor was used for direct fishing and estimation of species composition and size frequency distribution. The ITI measures the trawl depth, vertical opening of the trawl mouth and temperature at the trawl depth.

The targeted fish species were sprat (*S. sprattus*) and whiting (*M. merlangus*). Furthermore, for zooplankton sampling, vertical Juday net (0.1 m², 200 µm mesh size) was used. Environmental measurements in each station were performed by CTD Seabird 911 sensor system for variables – temperature, salinity and dissolved oxygen, analyzed by Winkler method [9].

Systematic parallel design was employed during the pilot hydroacoustic survey – Fig.1. Cruise was planned to cover the fish aggregations, accessible for the fisheries and to provide up-to-date information about spatial, temporal, and quantitative distribution of species, providing basic data for future surveys. The total area covered was 1525 nm², divided into 4 polygons (Fig.1). The acoustic track consisted of 13 transects, approximately perpendicular to the major bathymetric features, separated by 5 nm (Fig.1). The vessel's speed during echo-surveying was 6–7 knots, whereas during the fishing hauls, it was 3–3.5 knots.

For acoustic data acquisition, detailed echogram analysis and related calculations, the post-processing system LSSS [10] was used. Data acquired by the 38 kHz transducer were used for extracting the SA values (nautical acoustic scattering coefficient (NASC), m².nm⁻²) [11]. The echointegration interval was 1 nm (1852 m).

For each species different target strength (TS) relationship was used. As no

TS-length (L) relationship has been established for the two species, for this study the following target strength-length (TS) relationships were adopted, Clupeoids: $TS = 20 \log L \text{ (cm)} - 71.2$ [12] and Gadoids: $TS = 20 \log L \text{ (cm)} - 67.4$ [13].

For biomass estimates, the surveyed area was divided into 4 polygons (Fig.1). For each polygon, the species composition in the identification hauls enabled sprat and whiting S_A values to be estimated according to their proportion (in weight) in the catch. The biomass for each species was computed as the integral of surface density on the investigation area.

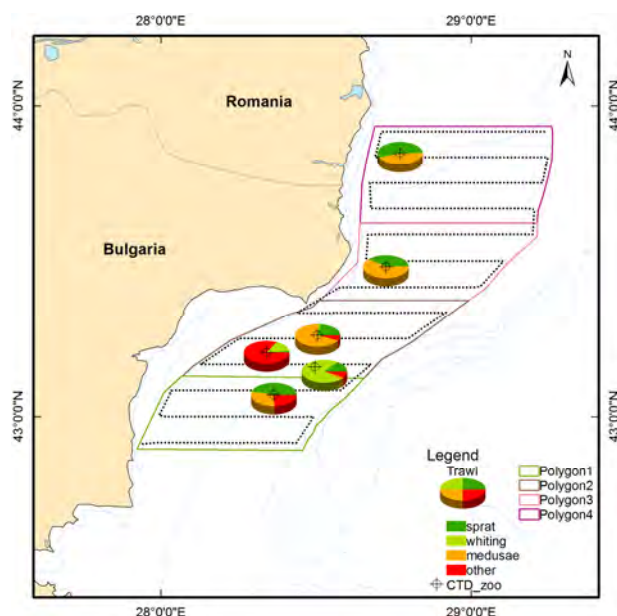


Fig.1. Survey area transects design, fish hauls, and environmental variables sampling stations and polygons during the acoustic survey in December 2010.

III. RESULTS AND DISCUSSION

The most abundant species in the Bulgarian and Romanian areas during the survey were European sprat – *S. sprattus* and Whiting - *M. merlangus*. Other species with high occurrence frequency were Horse mackerel (*Trachurus mediterraneus*) and jellyfish species – *Aurelia aurita* and *Rhizostoma pulmo*. At total, 29 species were registered in the catches, from which 20 fishes, 1 crustacean, 2 macro-zooplankton and 6 zoobenthos species.

Biomasses only of sprat and whiting were assessed acoustically for the area under investigation.

Sprat population, respectively biomass, was scattered in the whole surveyed area and dense agglomerations were observed in front of Shabla – Mangalia and Obzor – Kamchia with NASC values range of 12 – 31 ($\text{m}^2 \cdot \text{nm}^{-2}$) – Fig.2. The observed sprat distribution in December corresponds to the spring-summer aggregations allocation estimated within previous trawl surveys in the period 2007 – 2010 [5, 14] caused by higher December's water temperatures. All along the Bulgarian area an anomalous homothermic layer was established down to 55 – 65 m. Its temperature varied in a rather narrow interval of 12.3 – 12.8 °C – high values for the winter period (Fig.3). A thermocline-like sharp temperature shift was located in the layer 57 – 67 m. The temperature of the lower layers varied in the 8.3 – 8.8 °C range – close to normal values for the cold intermediate layer (CIL) usually found at these depths [15, 16]. In the Romanian area isotherm conditions were also observed with values of 11.79 – 11.87 °C.

Dissolved oxygen (DO) in surface waters varied between 5.03 and 6.42 ml/l. Vertical distribution is characterized by relative homogeneity caused by the hydrological structure. Minimum concentrations (1.64 – 1.38 ml/l) of DO are observed in the bottom layer (60 – 73 m). These abnormal DO values are due to the deep sharp temperature alteration preventing dissolved gasses convection and deeper layers ventilation. Following the Black Sea specific deeper anoxic conditions the low DO content had to be expected [15, 16]. A relatively similar, but far not so severe, situation is usually observed in late summer and early autumn as consequence of summer stratification [17]. The densest sprat agglomerations correspond to the areas with higher abundance of zooplankton (copepods and meroplankton), lower temperatures and lower concentrations of dissolved oxygen. Because sprat reproduces during the period October – March, shoals were observed near

coast where food availability was enhanced [18].

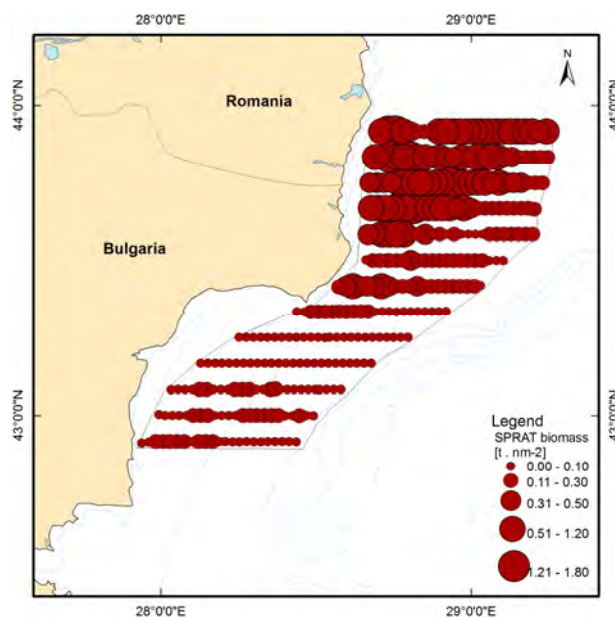


Fig. 2. Distribution map of sprat biomass values ($\text{t} \cdot \text{nm}^{-2}$), obtained during the acoustic survey of R/V “Akademik” in December 2010.

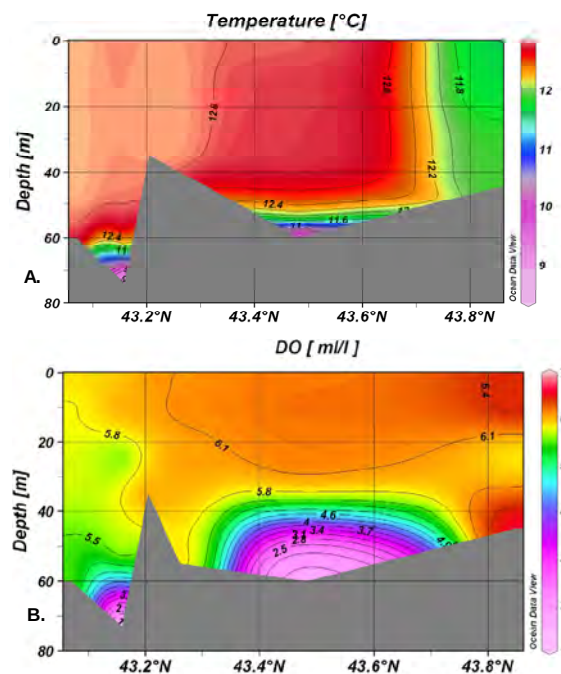


Fig. 3. Vertical distribution of hydrological parameters during the survey: A) Temperature; B) Dissolved oxygen.

Acoustically distinguished agglomerations of whiting were registered in

the Bulgarian area, in front of cape Galata and cape Kaliakra (Fig.4). In these areas, whiting had patchy distribution, than that of sprat (Fig.4). The average length of specimens in the catch for these polygons was lower – between 9.76 and 10.92 cm and fish were at age between 1-4 years old, i.e. relatively young. Higher whiting density in this area leads to lower sprat density due to predator prey- relationship. Insignificant difference in environmental conditions was observed during the survey and the observed distribution probably was due to food availability.

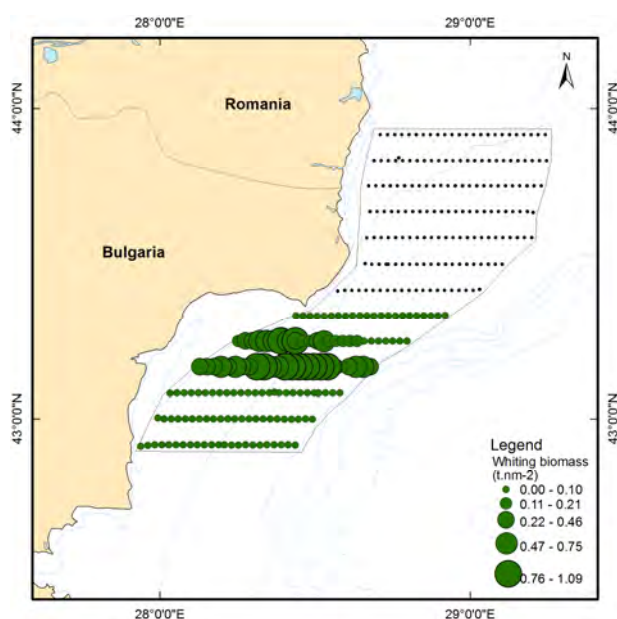


Fig. 4. Distribution of whiting biomass values, obtained during the acoustic survey of R/V “Akademik” in December 2010 ($t.nm^{-2}$).

Sprat biomass in the surveyed area was estimated at 444.5 t, dominated by 1 and 2-year's old fish. The share of older age groups does not exceeded 5 % from total biomass. Older age groups probably were spread in the area after 100 m depths, where acoustic survey was not executed due to time and funds limitations. Previous acoustic investigations during the period 1974 – 1983 [18] registered dense sprat agglomerations in the area southeast from cape Kaliakra after 100 m isobath.

Whiting biomass amounted at 34.34 t, distributed between 5 age groups. The major share was of 2- and 4 years old fish.

IV. CONCLUSIONS

The pilot study presents the estimates of abundance/biomass and distribution of two fish species (sprat and whiting), obtained by the acoustic method in the Bulgarian and Romanian Black Sea area.

The observed abundance, biomass and distribution pattern of these species are preliminary and if these results are confirmed, it would be possible to predict future catch levels from acoustic biomass estimates. Combination of acoustic surveys, environmental sampling and fish trawling is powerful tool for evaluation of current state of fish resources and obtained results have further application in management of marine living resources.

Acknowledgements. The present study was conducted owing to the financial support from the EC under Council Regulation (EC) No.199/2008 establishing a community framework for the collection, management and use of data in the fisheries sector and support for scientific advice regarding the common fisheries policy and National Agencies for Fisheries and Aquaculture of Bulgaria and Romania.

References

- [1]. Johennesson, K.A. and Mitson. R.B., 1983. *FAO Fish tech. Pap.*, no. 240, 240 pp.).
- [2]. MacLennan, D.N. and Simmonds, E.J., 1992. *Fisheries acoustics*. Chapman & Hall, London. 325 p.
- [3]. Prodanov K., Mikhailov K., Daskalov G., Maxim K., Ozdamar E., Chashchin A., Arkhipov A., Shlyakhov V. 1997. *GFCM, Studies and Reviews*, No 68, FAO, Rome, 178pp.
- [4]. Prodanov K.B. & M.D. Stoyanova, 2000. Monograph: “Biological resources of the World Ocean”. “Steno”, Varna, 335 pp. (In Bulgarian)
- [5]. Daskalov G., Gümüş A., Maximov V., Panayotova M., Radu G., Raykov V., Shlyakhov V., Zengin M., Rätz H.-J., Scott R., Druon J.-N., 2010. *STECF, JRC, Scientific and Technical Research series*, EU.
- [6]. Prodanov, K., G. Daskalov, K. Mikhailov, K. Maxim, E. Ozdamar, V. Shlyakhov, A. Chashchin & A. Arkhipov, 1998. In: *Durand M.-H., Ph. Cury, R. Mendelssonh, C. Roy, A. Bakun D. Pauly (Eds.). Global vs local changes in upwelling systems*. Ed. ORSTOM, Paris: 345-358 pp.
- [7]. FAO FishStat Plus (GFCM capture production 1970-2006)
- [8]. Agriculture Report, 2010, MAF, Bulgaria

- [9]. Grasshoff K., Ehrhard M., Kremling K, 1983. Methods of sea water analyses. 419 p.
- [10]. Korneliussen, R. J., E., O., Eliassen, I. K., Heggenlund, Y., Patel, R., Godø, O. R., Giertsen, C., Patel, D., Nornes, E. H., Bekkvik, T., Knudsen, K. P. and Lien, G. (2006). ICES WGFAST Report 2006.
- [11]. MacLennan, D. N., Fernandes, P. G. and Dalen, J. (2002). ICES Journal of Marine Science, 59, 365–369.
- [12]. ICES 1983. Report of the Planning Group on ICES co-ordinated herring and sprat acoustic surveys. ICES CM 1983/H:12.
- [13]. Foote, K., 1987. J. Acoust. Soc. Am. 82, 981–987.
- [14]. Daskalov G., V. Raykov, M. Panayotova, G. Radu, V. Maximov, V. Shlyakhov, E. Duzgunez and H.-J. Rätz, 2009. STECF, Scientific and Technical Research series, EU.
- [15]. Shtereva G., Krastev A. and Hristova O., 2003. Proceedings of 2nd Intern. Conference “Oceanography of Eastern Mediterranean and Black Sea” (Ed. A. Yulmaz), 438 – 442 pp.
- [16]. Krastev A., Shtereva G., Hristova O., Dzhurova B. 2006. Proceeding of 1-st Black Sea Conference, “Black Sea Ecosystem 2005 and Beyond” May 2006, Istanbul, (on CD).
- [17]. Shtereva G., Krastev A., Hristova O. 2001. Water Sci & Technology, 46, 8, 137-143.
- [18]. Zuev G., E. Melnikova, 2007. Marine Ecology Journal, 4, vol. VI, 31-42 pp.

За контакти:

гл. ас. инж. Веселка Маринова,
ИО-БАН, Варна
e-mail: marinova@io-bas.bg

Рецензент:

доц. д-р. инж. Траян Траянов - ИО-БАН, Варна

ГЕНЕЗИС НА ПОЛЕВОТО СИВО (FELDGRAU) В ДИЗАЙНА НА АРМЕЙСКАТА ЕКИПИРОВКА

GENESIS OF THE FIELD GREY (FELDGRAU) IN ARMY EQUIPMENT DESIGN

Момчил Тачев

Резюме: В статия се изследва теоретичната основа стояща в основата на концепцията за т. нар. „полево сиво. На основата на проведени експерименти с определени стандартни цветови пигменти се правят изводи за принципният подход при търсенето на обобщен защитен цвят на основата на смесването на трите основни цвята и добавяне на ахроматичният бял тон с цел изсветляване. Полученият сивкаво-зеленикав (охрав) отенък става основен тон за униформите и екипировката на Немската, Австрийската империи, а в последствие и на Третия Райх. В изследването се анализира причините, поради които съвременните модели UCP, Multicam, MARPAT и Multiterrein, ползват за основен тон сиво със отенъци в зелено, синкаво или охра.

Ключови думи: камуфлаж, маскировка, полево сиво,

Abstract: The aim of this article is to make a suggestion about the concept incorporated in so called field gray color. Conducted experiments with additive mixture of pigments proved the idea that it was produced by mixing the three primary colors and lightening the result with white. After it was the "official" for Imperial Germany and Third Reich it was unpopular after WW2. But recently (from the late 90 years of the 20th century) there is certain revival of that conceptual color at camouflage design patterns. The reasons way the contemporary UCP, Multicam, MARPAT and Multiterrain patterns used as a base color gray with green, blue or ochre nuances, are analyzed in the topic.

Keywords: camouflage patterns, field gray, additive mix,

I. ВЪВЕДЕНИЕ

След близо 100 годишно развитие, десените на някой армии сякаш се връщат, към началото на еволюцията на маскировъчните униформи, преоткривайки богатството на сивия тон.

В предишни доклади [1,2,6] са разглеждани някой аспекти, основни концепции и зрителни илюзии при разработката на маскировъчни разпетновки за армейски нужди.

В настоящото изследване вниманието ще се насочи към анализиране генезиса, еволюцията и популярността на разпетновките, основаващи се на принципа на отенъците и намалена хроматичност. За целта е целесъобразно да се потърси концептуалният модел, използван при създаването на „feldgrau” (“полево сиво”) поради основополагащото, според нас значение на този тон за по-късните разработки.

Преди да се разгледа същността на проблема, е редно да се обърне внимание на терминологичния апарат, който в случая е доста размит и неясен. Основният обект на анализ - „полево сиво” е популярно определение сред военните историци и колекционери, номиниращ цветови тон на униформи и милитария свързан с продукцията основно на Германия и Австрия в периода между 1907 и 1945г.

Проблемът възниква от условността при наименованията на цветните стойности и нюанси, и се усилва когато се сравняват обекти от различни производители и епохи. Самият тон не е еднозначен и съществува в определен регистър от нюанси и отенъци, и се отбелязва липса на пълна стандартизация.

Самото понятие идва от немски език (Feldgrau) означавайки „полево сиво” и покрива всички нюанси на този сиво-зеленикав (или синкав) тон, в някой случаи

охран. За целта на настоящото изследване ще възприемем работно понятие „полево сиво” което съответства на гореописаният широк диапазон, без да се налагат потъсни рамки.

II. АНАЛИЗ

Първите масово въведени военни униформи с защитен цвят, имат за цел да направят войника по-трудно откриваем визуално, чрез багрено на платовете в тонове, пристващи в заобикалящата природна среда. Такива са цвета „каки”, сиво, кафяво, различни тонове от зеленото. Стремещт е към „универсален”, максимално маскиращ цвят, но според различни принципи и критерии. В този момент военните експерти се насочват към теорията на изкуството и специалистите в тази област. В периода от началото на 1900г. САЩ въвеждат «каки» като основен цвят за униформи. А Великобритания, го прилага дори по-рано - колониалните части в Индия ползват по-светла версия след Въстанието от 1857г., като потъмният модел е възприет като основен за цялата кралска армия през 1902г.. Италия през 1909г. въвежда сиво-зеленикавото като основен тон за униформи. По същото време и Германия изоставя 200-та годишна традиция на тъмно синьото (т. нар. „пруско синьо”), в някои провинции тревно зелени униформи и облича всички свои войници в един радикално нов тон. Това действие бива реализирано чрез приемането на униформите от 1907 (допълнена 1910г.) и 1914г.[7]. Достига се до изнамирането на прочутия „фелдграу”, което е сложен тон с множество нюанси. За вариативността значение имат производителя и обекта, който се оцветява (униформи, шинели, каски, кутии за противогази, чашки, манерки). „Полевото сиво” не е чисто сив ахроматичен тон. Той е далеч, по своята сложна нюансираност, от чисто сивите шинели получени при традиционното боядисване на вълната и ползвани например в Руската Царска армия (българските шинели през този период също са сиво-кафеникави [4]. Самият тон има някои интригуващи характеристики, една от които е реакцията

му на светлина. При ярко слънчево греее цветът сякаш изсветлява и става по-топъл, докато на сянка синее и потъмнява. Друго важно свойство е, че поради сложният тон в който имат участие много цветове фелдграу се интегрира добре в различни околни среди (с различни тонове в тях). Тези особености, както и факта, че поради отдалечеността на времето на създаването не са известни принципите по които е избран, представляват предизвикателство за изследователите. Анализирайки темата впечатление прави някак „неочакваното” откриване и трайно възприемане на този тон. От друга страна, странно е и липсата на категоричен стандарт точно при немската военна продукция. Тези начални наблюдения и изводи послужиха за отправна точка при търсене на възможно обяснение.

Теоретичен анализ на ситуацията и популярните физични, изкуствоведски и оптически идеи от края на 19 век [5] показва, че властва теорията за трите основни цвята – синьо, червено и жълто, тоест - трите основни цвята на които се разлага светлината. Всички други са „вторични” - резултат от смесване на основните или намесата на ахроматични тонове. С напредване на изследването се оформи предположението, че е възможно немските експерти да ползват за основа концепциите за цвета разработвани от изтъкнати учени. Теориите на Нютон, Гьоте, Ото Рунге, Вилхелм фон Безолд и др. са популярни в този период и се изучават от художниците. Така се стигна до предположението, че създателите на тона са подхождали в съответствие с теорията и са смесили трите основни цвята, с цел да получат универсален, „съвършен” цвят. При направените опити изходихме от позицията, че макар да не знаем какви са точните нюанси и изходни тонове за адитивно смесване, можем чрез по-голямо количество вариации да проверим основателността на тази теза. Тук следва да се направи уточнението че номинацията на цвета е условна според възприетата от фирмата производител каталожна система. С цел максимална

обективност ползвахме за експеримента темперни бои на холанската фирма „Таленс“, като един надежден и спазващи стандарта си производител.

Изхождайки от факта, че сините униформи на немската армия от 19 век са били в „donkenblau“ цвят близък до сега известното като „пруско синьо“, това бе първият син тон (Prussian blue; 508; S1), който бе смесен последователно в равни пропорции с цинобър (vermilion; 311; S2) и жълто (deer yellow; 202; S2) в резултат се получи един доста сложен и тъмен сивозеленикав тон. Анализирайки как са могли да го изсветлят решихме, че е търсен отенък чрез белия цвят (с цел намаляване на яркостта). В резултат се получи нюанси близки до цветовете стойности на някои от зеленикавите отенъци на полево сиво. Опитът бе повторен с друг вид жълт цвят (lemon yellow; 205; S2) при което резултатът бе по-сивкаво-син отенък (фиг.2). В следствие направихме експеримент и с друг син цвят – цианблау, отново със лимонено жълто и скарлет, при който бяха получени сивкаво-охране отенъци, които при различни проценти даваха различни по стойност нюанси. При някой от тях полученият отенък дори се доближава до английското „Каки“ (при по-малко избелване, тоест по-силен интензитет на тона), което показва, че е ползван идентичен принцип, в друго процентно съотношение на пигментите.

От резултатите на експериментите може да бъде направен извода че действително при адитивно смесване на трите основни цвята според теорията на цветознанието, се получава сложен тъмен тон, който при изсветляване с бял пигмент се видоизменя в различни отънъци със сиво-син, зелен или охране отенък, тоест характерните за „полево сиво“.

В разгара на бойните действия се налага корекцията на цвета с цел повишаване неговата ефективност.

За опростяване и стандартизирано промишлено производство, вместо използването на 2 ярки пигмента (които сами по себе си имат множество нюанси) е

предпочетено по-рационалното използване на охра. Във фундаменталния си труд “The History Of The German Steel Helmet 1916-1945” [3] Ludwig Baer посочва формулата за получаване на цвета за немските каски M1916 от късния етап на войната. Според нея процентното съдържание на пигментите е както следва: 15% охра, 5% синьо, 5% черно, 30% бял пигмент на маслена основа, 20% терпентин, 10% секатив, 15% вода.

Целта на проведените експерименти бе разкриването на модела, който е ръководил работат, по генезиса на този сложен тон. Интересно е че при направените от нас експерименти при разлика в нюанса на началните пигменти се получават значителни разлики във крайния тон. По подобен начин стои въпроса и с промяната на пропорциите на отделните пигменти. С малка промяна на процентното съдържание на отделни пигменти се получават значителни разлики в нюансите на тоновете (фиг.2). Това е едно възможно обяснение за вариациите на цвета, засвидетелствани по множество различни реликви от този период. Производителите вероятно са получавали някаква формула за смесване на пигменти, при тогавашната система е естесвено боите и самите пигменти за различните материали (различни видове текстил, метал) да не са идентични по багрилни качества, устойчивост, интензивност на пигмента. Което е довело до значителни разлики в отенъците на продуктите, предназначени за армейски нужди.

Всичко дотук говори за дълбоко теоретичният и концептуален подход при избирането на „официален цвят“ на Германската империя. От практическа и идейна гледна точка той отрязва в себе си основните налични цветове в природата. Ето защо избора спира на него - поради възприемането му като „универсален“, според практиката, а и според теорията и философията на изкуството. От друга страна възплъщава в себе си политическите намерения на Германската империя за обединение на отделните немски

държавици чрез премахване на отделните различаващи ги цветове в униформите и въвеждането на единен, унифициращ тон в който сякаш са ”смесени” всички други.



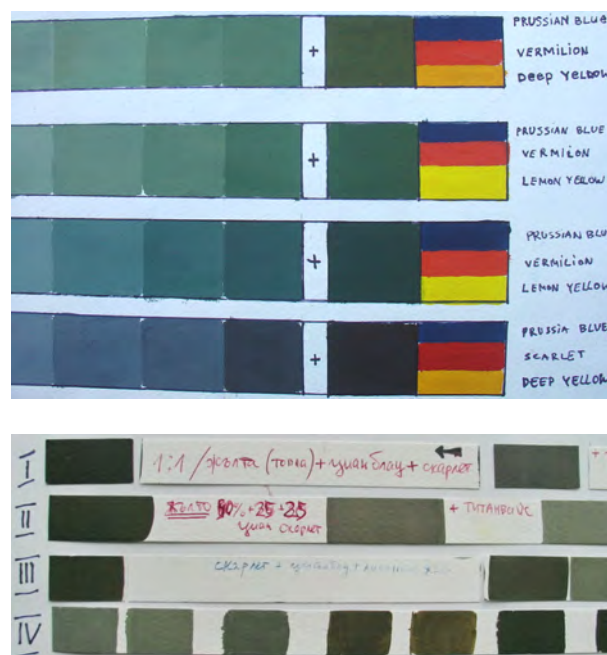
Фиг. 1. „Полево сиво” в различни по сила отенъци от немска екипировка от ПСВ (лична колекция на автора)

Експертите явно са в директна връзка с фронта тъй като правят модификации в тона с цел повишаване на практическите му маскиращи качества. Това води и до определена еволюция на тона. Впоследствие този цвят с въпросните модификации, става основен и емблематичен и за военната продукция на Третия райх (фиг.3).

Ако може да се потърсят някакви етапи (макар и с уговорката, че този принцип не засяга тотално продукцията и има определени изключения) то въз основа на запазаните обекти, може да се заключи, че еволюцията в тона по отношение на униформите, градира от по-сивкаво-бежов тон в началото на Първата световна война към малко по-сложен зеленикаво-синкав отенък в края и. В началото на Втората световна война тонът е по-синкаво-сив, докато към 1945 става отново с по-зеленикаво-охран отенък.

Любопитно е развитието на традицията на полевото сиво през втората половина на XX век. Непопулярните вече традиции, свързвани с Третия Райх се negliжират за сметка на практиките и продуктите свързвани с победителите от Втората световна война. Въпреки това някои европейски държави продължават

да ползват вариации на полевото сиво като основен униформен цвят.



Фиг. 2. А и Б -Експерименти при адитивно смесване на цветове – получаване на някои отенъци на полево сиво

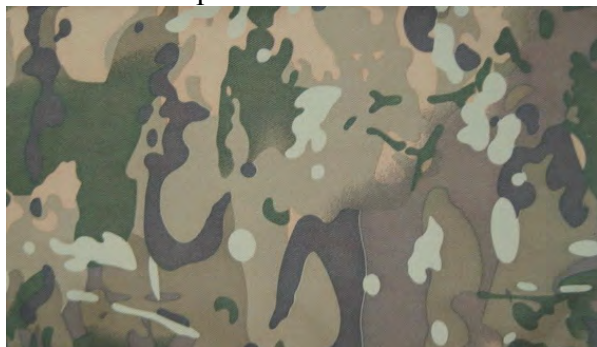


Фиг.3. Офицерско кепе от униформа М 1942 на немската армия (снимка – архив на автора)

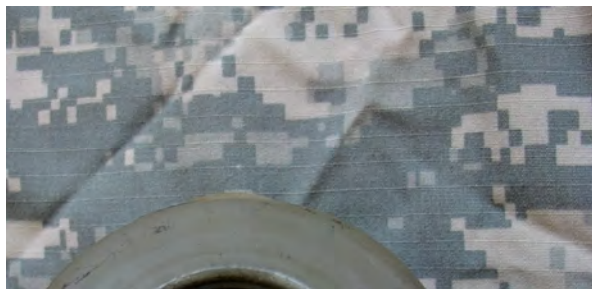
Такъв е случаят с Швейцария, чийто синкаво-зеленикав отенък е доста близък до цвета на немското сиво от началото на ВСВ. От 50-те години започва бавен процес на „реабилитация” на полевото сиво в 2те германски държави. ГДР се опитва да се „върне” към традициите от преди Първата световна война и сивкавия

„миши” тон. В ГФР първоначално възприемат подход към отдалечаване от сивото в посока към англо-американското „каки” (първите следвоенни вълнени униформи). При по-късните (памучни) униформи на Бундесвера цвета отново става близък до полево сиво, макар и в по-тъмен кафеникав отенък.

През последните две декади в много съвременни армии се забелязва оттегляне от „цветни” камуфлажи и експериментиране с намалена цветност и наличие на сивкави тонове. САЩ експериментират от 15 години с т.нар. Мултикам (фиг.4), макар в последствие да бе предпочетен „дигиталния” UCP (Universal Camouflage Pattern- приет от 2005г. [8]. Но според оплаквания на войници (7) UCP не осигурява надеждна маскировка. В сравнение с традиционното полево сиво при него впечатление прави отсъствието на охравия отенък (фиг.5), твърде студената (синкава) ахроматична гама и липсата на нюанси, а само отенъци (изсветляване с добавяне на единствено на бял пигмент). Скоро се създават негови подвидове с по-разнообразни тонове. И все пак, очевидно неудовлетворени от резултата, САЩ търсят алтернатива и има сериозни очаквания да бъде възприета някаква версия на сивкавия „Мултикам”. Италия още от 90-те прилага сивкаво-зеленикаво-кафеникави тонове в пастелна гама, при определени елитни части („дивизия „САН МАРКО”). А от 3 години (от 2008), консервативната Английска армия също прилага нов маскировъчен десен основан на силно изслетлени нюанси на охраво-сивкаво-зеленикави.



Фиг. 4. Мултикам САЩ -(лична колекция на автора)



Фиг. 5. Сравнение между гамата на Полево сиво (оригинален немски противогаз модел 1916г.) и американски UCP десен (лична колекция на автора)



Фиг. 6. Ловен маскировъчен десен на фирмата „Hillman” (лична колекция на автора)

Принципно тази „сива вълна” е повлияна от няколко фактора. Един от тях са „urban” моделите („градски”-превод от английски) на маскировъчни разпетновки. Те са популярни от близкото минало и са стереотип за полицейски, охранителни, опазващи реда части, което в психологически план вероятно е било водещо за избора им, при сили стремящи се да изградят образ на „мироопазващи” в очите на местното население вместо „окупатори”.

От друга страна променя се начинаят на водене на бойни действия и най-вече се появява тенденция една и съща част да участва в акции, в съвсем различни обкръжаващи среди и променящ се пейзаж. Това налага идеята да се търси съчетание на пустинен, горски и „градски” камуфлаж в един десен. Изоставя се идеята за „тясно специализиран камуфлаж” и се оформя концепцията за „оптимален” по отношение

определен кръг оперативни среди десен и цветовете. Което логично води до преоткриване на добре забравеното „полево сиво“. Между впрочем разлики има и в средите на умерения климатичен пояс. Една августовска поляна от южноевропейска страна (България, Франция, Италия) например е далеч по светла и демаскира войник екипиран с традиционен зелено-кафяв камуфлаж („горски“ тип). Обратният случай не е така фрапиращ- върху боец във „светла“ (но не пустинна!) униформа се наслагват сенките от дърветата сред които е той и това потъмнява оптически силуета му. За предпочитанията на сивкаво-пастелните модели роля изиграва и един друг момент. Такъв е силното усъвършенстване на ловния камуфлаж. Както е известно при него, напоследък, усилено се използва фото-реалистичният модел.

При него се имитира околната среда за определен вид лов, чрез заснемане и повтаряне на детайли от пейзажа. И тъй като ловният сезон заема в по-голямата си част късното лято, есента и зимата естествено е десените да са в сивкави тонове, каквито са тези на природата в този период (фиг.6). Популярни в практиката, заради своята ефективност, тези модели се налагат при силна конкуренция от различни производители, което позволява да се отличат само най-качествените. Бегъл поглед върху наложилите се образци показва, че те са в ефективната сивкаво-охраво-зеленикава гама, т.е. възраждат за нова употреба сложния „полеви сив“ тон.

III. ИЗВОДИ

1. От направените анализи и експерименти е изградена обоснована теория за генезиса на концептуалния „полеви сив“ тон от началото на ПСВ.

2. Неговата сложна и нееднозначна хроматична характеристика го прави актуална основа за разработка на модерни армейски и ловни камуфлажни десени.

3. Камуфлажен десен, разработен в ахроматична гама, е оптимално ефективен,

когато се търси максимално богатство на отенъците, умерен контраст, с ефективно използване на начини за намаляване на граничния и едновременния контраст.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Тачев, М.; „Роля на дизайна на растера при редуциране ефекта на граничния контраст и засилване ефекта на адаптация при маскировъчните разпознавки за армейски нужди“; Сборник с материали от годишна научна конференция „Стратегия за национална сигурност на Република България“ с доклад на тема ВА „Г.С.Раковски“; 2010г. /с. 274;
 2. Tachev, M., “Camouflage Patterns- Optical Illusions of Fusion and Decomposition”; стр. 22, The Knowledge Based Organization, 14-th International Conference. Military Science , Conference Proceedings 1, “Nicolae Balescu” Land Forces Academy Publishing house , Sibiu, 2008.
 3. Baer Ludwig; The History Of The German Steel Helmet 1916-1945; 1985
 4. Върков; Ал., „Български военни униформи 1879-1945“ Военно издателство“; 2010г.
 5. Gage John , “Colour in Art “, THAMES AND HUDSON; 2006
- Интернет източници:
6. http://vision.vein.hu/~schanda/Sbornik%20BALKANCOLOR%202008/Materiali/Dokladi/Color%20in%20textile/MomchilTachev_Doklad%20N.doc
 7. <http://www.kaisersbunker.com/gtp/m10feldrock.htm>
 8. <http://www.kamouflage.net/global.php?rid=00003>

За контакти:

Д-р Момчил Тодоров Тачев
Технически университет – Варна
Катедра „Индустиален дизайн“
ул. „Студентска“ 1; гр. Варна 9010
GSM: 0899 027714
e-mail: m_tachev@abv.bg

Рецензент: доц. Пламен Братанов-ТУ-Варна

СЪБИТИЯ

ПЕТДЕСЕТ ГОДИНИ ОТ ПОЛЕТА НА ЮРИЙ ГАГАРИН – ПЪРВИЯТ ЧОВЕК ЛЕТЯЛ В КОСМИЧЕСКОТО ПРОСТРАНСТВО

FIFTY YEARS OF THE FLIGHT OF YURI GAGARIN –
THE FIRST PERSON TO FLY IN THE SPACE

Цветанка Ковачева

Резюме: На 14.04.2011 г. в зала 114М на ТУ – Варна се проведе тържество посветено на 50 години от полета на първия човек проникнал в космическото пространство Юрий Гагарин. Инициативен комитет в състав: доц. д-р О. Фархи - почетен председател, доц. д-р И. Иванов - председател и членове - инж. М. Александров, гл.ас. д-р Ц. Ковачева, инж. В. Иванова и ст.пр. И. Макриева организира нейното провеждане.

Abstract: On 14/04/2011, in the hall 144 of Mechanical Engineering Faculty of Technical University – Varna, a meeting was opened in the occasion of 50 years of the flight of the first man who entered the space Yuri Gagarin. The event was organized by an Initiative Committee consisting of: Assoc. Prof. PhD O. Farhi – chairman of honour, Assoc. Prof. PhD. I. Ivanov – chairman and members - Eng. M. Alexandrov, Chief Ass. PhD Ts. Kovacheva, Eng. V. Ivanova and s. lect. I. Makrieva.

I. ПЕТДЕСЕТ ГОДИНИ ОТ ПОЛЕТА НА ЮРИЙ ГАГАРИН

На 12 април 2011г. светът отбеляза по най-тържествен начин 50-годишнината, от първия полет на човек в Космоса. На тази дата през 1961г. космическият кораб „Восток” с *Юрий Гагарин* на борда, успя да полети в космическото пространство. Неговият 108-минутен полет около Земята, постави началото на Космическата ера за човечеството.



Половин век по-късно космонавтите и астронавтите са над 500, човек стъпи на Луната, работят дълговременни орбитални станции.

В чест на юбилея от изключителния подвиг на Юрий Гагарин в много страни

бяха проведени различни мероприятия:

- фотоизложби в Москва, в представителството на ООН във Виена, в сградата на Еврокомисията в Брюксел, в Рим, в столицата на Венецуела Каракас и др.

- в 700 кина в повече от 60 страни е показан филмът „Първата орбита” на режисьора Крис Райли.

- в центъра на Лондон е издигнат паметник на Гагарин.

- издадена е книгата „Звезден човек: истината зад легендата за Юрий Гагарин” на Джейми Доран и Пирс Байзони.

- на международния фестивал в „Стармус”, проведен на Канарските острови един цял ден е посветен на Гагарин.

- в един от големите научни центрове на САЩ – Хюстън са проведени дни на руската наука във връзка с юбилея.

- създаден е виртуален музей на космонавтиката [3].

- на 5 април 2011г. е изстрелян руския пилотиран космически кораб - "Союз-21", по програмата на "Международната космическа станция", който е наречен "Гагарин".



България също отбеляза събитието. Тя е 6-та страна в света, която има космонавти и трета страна в света, която произвежда космически храни; има повече от 100 прибора, апаратури и системи, изстреляни в космоса; участва в международни проекти в изучаването на Фобос, спътника на Марс и др. Проведени са много конференции, срещи и изложби, на някои от които присъстваха български и руски космонавти и учени.

II. КРАТКИ БИОГРАФИЧНИ ДАННИ ЗА ЮРИЙ ГАГАРИН

Юрий Алексеевич Гагарин е роден на 09.03.1934г. в село Клушино до Москва. Завършва гимназия и техническо училище в Москва. Още в училището се увлича по авиомоделизъм. През 1951г. постъпва в Саратовския



индустриален техникум, след което се записва в авиационното училище в Оренбург. През 1955г. започва службата му в съветските военновъздушни сили. През 1960г. *Гагарин* е зачислен в групата на космонавтите. Получава отлична подготовка и е одобрен да бъде първият космонавт. На 12 април 1961г. в 9 часа и 7 минути московско време *Гагарин* излита от космодрума „Байконур“ на космическия кораб „Восток 1“ с ракета носител Р-7, с

който прави една пълна обиколка на Земята.



След полета на „Восток-1“ *Юрий Гагарин* става най-известния човек на планетата. Посещава много страни и се среща с хиляди хора. Той става Герой на четири държави, получава висши отличия от 20 страни - ордени, медали, дипломи, става почетен гражданин на много градове, многобройни улици и площади по света носят неговото име. Написва книгата „Пътят към космоса“.



Американски кореспондент на първата пресконференция дадена след полета, дава за Гагарин следната характеристика: „Да, вие можахте да разчетете своя кораб и орбитата му, но как вие определихте човека? Красив. Умен. Мил. Обаятелен. Образован. Спортист. Летец. Храбрец. Има княжеска фамилия, класическа червена биография, открито лице и неповторима усмивка!“.

Става командир на отряда космонавти. Постъпва във военновъздушната академия „*Николай Жуковски*“. Назначен за заместник-началник на центъра за подготовка на космонавти. Продължава подготовката си за нови полети в космоса. На 27 март 1968г. *Гагарин* загива при полет с експериментален самолет.

II. ПОСРЕЩАНЕ НА ЗВЕЗДНИТЕ ГОСТИ В ТУ-ВАРНА

На 14.04.2011г. академичното общество в ТУ посрещна български и руски космонавти, учени и представители на български и руски институции. На церемонията присъстваха вторият български космонавт *Александър Александров* и неговият дубльор *Красимир Стоянов*, руският космонавт *Юрий Гидзенко*, който е летял три пъти в космоса, руският учен проф. *Вячеслав Родин* от Института за космически изследвания към РАН, представители на:



Община-Варна *Румяна Иванова*, руския културно-информационен център-София *Константин Пеев* и Федерацията за приятелство с народите на Русия и ОНД *Боряна Илиева*.

В двора на университета космонавтите засадиха паметно борче. До космическото дръвче бе поставена паметна плоча с надпис „50-години от първия полет на човек в космоса“.

На площадката пред университета танцовият ансамбъл „Гергана“ изпълни кръшни хора, след което по български обичай гостите бяха посрещнати с хляб и сол.



На площадката пред университета танцовият ансамбъл „Гергана“ изпълни кръшни хора, след което по български обичай гостите бяха посрещнати с хляб и сол.

Ректорът на университета доц. д-р инж. *Овид Фархи* показва на гостите подготвената изложба във фойето на машинния факултет.



На табла бяха поставени фотоси за живота и полета на първия космонавт в космоса, както и фотоси за живота и творчеството първия художник-фантаст у нас, колегата *Стефан Лефтеров*, работил приживе в университета като математик. Неговите картини са с фантастични сюжети, отразяващи космическите пространства.



Той е един от най-активните създатели на движението по фантастика у нас, основател и председател на варненския клуб по фантастика и прогностика клуб „Андромеда“.

Гостите разгледаха с интерес изложените картини на талантливия художник.



Бяха раздадени брошури за живота и творческата дейност на *Юрий Гагарин* и *Стефан Лефтеров*, както и DVD дискове с творчеството на художника.

Преди започване на тържеството *доц. д-р инж. О. Фархи* покани гостите на среща в неговия кабинет.



III. ПРОВЕЖДАНЕ НА ТЪРЖЕСТВОТО

В зала 114М гостите бяха посрещнати от преподаватели, студенти и граждани на Варна с космическата песен „Мой Байконур“ за гордостта на руския народ – първия и най-голям в света космодрум от който е осъществен полетът на Гагарин.



Бяха изложени и 23 табла за полета в космоса на първия български космонавт *Георги Иванов*, които любезно бяха предоставени от директора и Регионалния исторически музей в Ловеч *г-н Иван Лалев* и на един от създателите ѝ *г-н Георги Николов*.



Песента се съпровождаше от видеоклип за изстрелването на космически спътници и кораби от космодрума и за работата в него. Зам-ректорът по Наука и научно приложна дейност *доц. д-р инж. Иван Иванов* откри тържеството и представи гостите на аудиторията.



Той даде думата на *доц. д-р инж. Овид Фархи* за приветствено слово.



Доц. д-р инж. О. Фархи поздрави гостите и присъстващите в залата със знаменателния юбилей. Той отбеляза приноса в изследването на космоса на изтъкнатия български учен акад. Димитър Мишев, бивш директор на Централна лаборатория за слънчево-земни взаимодействия, изобретил спектрометър за орбиталните станции „Салют-6“, „Салют-7“ и „Мир“, ръководил разработването на навигационен комплекс за станцията „Фобос“ предназначена за изучаване на

Марс и спътника му Фобос, организатор на космическите програми за нашите космонавти Георги Иванов и Александър Александров, преподавал в Центъра за подготовка на космонавти „Юрий Гагарин“, участник в създаването и развитието на телевизията в България, който е бил и преподавател в нашия университет [4].

Доц. д-р инж. О. Фархи свърза юбилейното честване с изкуството на нашия колега математик-физик и първи художник-фантаст у нас *Стефан Лефтеров*, който е пресъздал своето художествено въображение за космоса в прекрасни картини [10].

Той връчи подаръци на гостите – статуетки „Ритон“ изработени от *доц. д-р инж. Р. Радев*, картини на учителката по изобразително изкуство *г-жа Севдалина Драгнева* от Националната гимназия за хуманитарни науки и изкуства (НГХНИ) „Константин Преславски“, материали за университета и юбилейното тържество.

Доц. д-р И. Иванов даде думата на *гл.ас.д-р Цветанка Ковачева* от секция „Математика“ при Д„ОМЕО“ да продължи да води тържеството. Тя разказа за живота и дейността на първият човек летял в Космоса и Човек №1 на космическото пространство *Юрий Гагарин*, който осъществи мечтата на човечеството.



Тя прочете обръщението, направено от Гагарин преди старта: „Скъпи приятели! Близки и непознати! Съотечественици! Хора от всички страни и континенти! След няколко минути могъщият космически кораб ще ме отнесе в далечните простори на Вселената. Какво мога да ви кажа в тези

последни минути преди старта? Целият ми живот сега ми изглежда като един прекрасен миг. Всичко, което е преживяно, което е направено преди, е било преживяно и направено заради тази минута – да бъда първи в космоса, да вляза в невиджан досега сблъсък с природата – може ли човек да мечтае за повече?”.



Беше проектирана интересна презентация за живота на *Ю. Гагарин* подготвена от ученици на НГХНИ „*Константин Преславски*“, както и кратък филм „*Гагаринский старт*“ за полета му в космоса.

Д-р *Ц. Ковачева* даде думата на руския летец-космонавт *Юрий Гидзенко*. Кръстен на името на първия космонавт, той тръгва по неговите стъпки и три пъти лети в космическото пространство като е бил и командир на станция „*Мир*“.



Той изрази задоволството си, че българския народ празнува деня на космонавтиката и помни подвига на *Юрий Гагарин*.

Изказа се и другият руски гост *проф. Вячеслав Родин*. Той разказа за работата си



по изграждането на станция „*Мир*“, като подчерта отговорната работа на авиоконструкторите осигуряващи надежна работа на оборудването и космическите апарати и системи.

Музикален поздрав към гостите поднесе танцовата група „*Ангел мой*“ от руското училище „*Александър Пушкин*“ с художествен ръководител *Натали Караван*.



Глас д-р *Ц. Ковачева* разказа за посещението и посрещането на *Юрий Гагарин* в България през 1961г. Той засажда сребриста ела в морската градина на Варна. Това става традиция за космонавтите, пристигащи в България. На мраморните плочи в алеята на космонавтите може да се прочетат имената и на българските космонавти *Георги Иванов* и *Александър Александров*, които също политат в космоса от космодрума „*Байконур*“ [1].

От представителите на българската космонавтика се изказа космонавтът *Александър Александров*, който сподели



спомени от детството си, когато като дете е чул за полета на Гагарин и с какъв възторг българите са посрещнали тази новина. Той подчерта изключителната роля на Гагарин за овладяване на космоса. Посочи необходимостта всяка страна да развива космическите изследвания с цел изучаване на енергийните запаси на космоса, наблюдение и прогнозиране на развитието на флората и фауната на земята и др. По време на полета си с екипажа на борда на „Союз ТМ-5“ през 1988г. са извършили много научни изследвания.



След това аудиторията имаше възможността да чуе запис на част от песента на Валя Балканска „Излел е Делю войвода“, която е част от визитната картичка на земята, летяла с космическия кораб Вояджър 1. Ученичката от НГХНИ „Константин Преславски“ във Варна Елена Тодорова – изпълни на живо тази песен.

Другият български космонавт - варненецът *Красимир Стоянов*, поднесе грамота на доц. д-р инж. *О.Фархи* и благодари на нашия университет, че е дал своя принос за изследванията в космоса и за отбелязването на юбилея. Той нарече Гагарин достоен гражданин на планетата Земя.



Поздравителни адреси по случай юбилея бяха изпратени от г-н *Иван Иванов* – зам.председател на Варненското астронавско-дружество и г-жа *Радослава Манярова* – директор на Институт по метеорология.

В края на тържеството д-р *Ц. Ковачева* покани всички присъстващи да си направят снимки и вземат автографи от звездните гости. Тържеството завърши с песента „Трава у дома“ на Земляне написана в памет на Юрий Гагарин.

Присъстващите си направиха много снимки с космонавтите и гостите, взеха си автографи.

V. ОТЗИВИ ЗА ИЗЛОЖБАТА

Интерес към изложбата проявиха много студенти, преподаватели и граждани.

По-подробно за тържеството в ТУ-Варна може да се прочете на сайта на университета [2,9].

Провеждането на юбилейното тържество бе отбелязано и от медиите. В следващите дни бяха публикуваха редица отзиви за посещението на космическите гости в нашия университет [5,6,7,8,11].

За живота и дейността на първия космонавт *Ю. Гагарин* може да се прочете и в някои интернет-страници [12,13].

Нека съхраним посланието на Юрий Гагарин: „Обикаляйки Земята с космически кораб, аз видях колко всъщност е красива нашата планета. Хора, нека я съхраним и да увеличим нейната хубост, не да я унищожаваме”.



ЛИТЕРАТУРА:

- [1]. <http://www.moreto.net/varna-gid2.php?n=14919>
Алея на космонавтите
- [2]. http://www.tu-varna.bg/tu-varna/index.php?option=com_content&task=view&id=527&Itemid=81 Валентина Иванова „Технически университет – Варна посрещна своите космически гости”
- [3]. <http://index.virtualcosmos.ru/> Виртуальный музей космонавтики
- [4]. <http://bg.wikipedia.org> Димитър Мишев (инженер)
- [5]. <http://www.focus-news.net> Засадиha дръвче в двора на варненски университет по повод 50 години от първия полет на човек в космоса
- [6]. <http://novini.bg-joker.com>
Засадиha дръвче в двора на варненски университет по повод 50 години от първия полет на човек в космоса
- [7]. <http://www.moreto.net/novini.php?n=129601>
Космонавти засадиha дръвче в двора на Технически университет-Варна
- [8]. <http://www.myvarna.info/news> Космонавти засадиha дръвче в двора на Технически университет-Варна
- [9]. http://www.tu-varna.bg/tu-varna/index.php?option=com_content&task=view&id=536&Itemid=157 Николай Жеков „Космическо борче расте в парка на ТУ – Варна”

- [10]. <http://bgf.zavinagi.org> Стефан Лефтеров
- [11]. <http://www.varnautre.bg/life/education/item/>
Студенти от ТУ събираха автографи от космонавти вместо от професори
- [12]. <http://bg.wikipedia.org> Юрий Гагарин
- [13]. <http://www.bulnews.net>
Юрий Гагарин - 50г. от полета на първият човек в космоса отбеляза Google

За контакти:

Цветанка Ковачева, гл. ас. д-р. в
Секция „Математика” при Д”ОМЕО”
ТУ-Варна, ул. Студентска № 1, 406Е
e-mail: tsveta_kovacheva@tu-varna.bg