

ИЗВЕСТИЯ

на Съюза на учените – Варна

Серия “ТЕХНИЧЕСКИ НАУКИ” - 1’2017



UNION
OF SCIENTISTS
VARNA

ИЗВЕСТИЯ

на Съюза на учените – Варна

СЪДЪРЖАНИЕ

МЕТАЛООБРАБОТКА, ТОПЛОТЕХНИКА, МОРСКА ТЕХНИКА, ТРАНСПОРТ

Стр.

In Memoriam

проф. д-р инж. Руси Русев.....3

Десислава Минчева

Спичане на хром съдържащи железни прахове Ecosint в промишлени условия.....21

Даниела Спасова

Получаване на лъти метални композити (MMCs) с влакнеста уякчаваща фаза от типа „in vitro“.....24

Анелия Стоянова

Изследване структурата и качеството на наварени слоеве с ABRADUR54.....43

Татяна Мечкарова

Структурни изменения при ръчно- електродъгово наваряване с електроди ABRADUR64.....47

Татяна Мечкарова

Изследване структурата на наварени слоеве с ABRADUR66 на нисковъглеродна стомана.....51

Анелия Стоянова

Определяне на структурните промени в наварени слоеве с ABRADUR58 след ръчно електродъгово наваряване.....55

Диана Петрова

Изследване на металографското съдържание на бронзови канделабри от края на VI - началото на VII век.....59

Пламен Петров

Механични характеристики и структура на газотермични покрития от прахове на никелова основа ПНХ-10 и ПНХ-14 (1050-00 и 1060-00) при газопламенно напластяване с горивна смес от пропан-бутан и кислород.....67

ЕЛЕКТРОНИКА, АВТОМАТИКА, ЕНЕРГЕТИКА, ЕКОЛОГИЯ

Стр.

Георги Червенков

Кръгово поляризирана микроленцова къса антена с обратно излъчване с диелектрично запълнен резонаторен обем и разширена работна лента.....4

Елена Михайлова, Вяра Василева

Модел на интегрирана система за управление на качеството на околната среда и постигане на устойчиво развитие.....10

Елена Михайлова, Вяра Василева

Анализ и оптимизация на модел на интегрирана система за управление на качеството на околната среда и постигане на устойчиво развитие.....14

Елена Михайлова

Приложение към МИСУКОСПУР за оптимизиране на ниво „Предприятие“ – методика и алгоритъм на работа.....29

Иванчо Богоев, Мария Консулова-Бакалова

Оценка на състоянието на прахови пожарогасители по косвени признаци.....35

Розалина Димова

Широкообхватните оптични мрежи - основа за интегрирана свързаност при интелигентни енергийни мрежи.....61

Емил Панов

Изследване върху постояннотоковите режими в линейните електрически вериги според релативистичната теория на веригите.....72

Ивайло Неделчев

Особености при работата на мълниезащитната система на вятърни електроцентрали.....77

РЕДАКЦИОНЕН СЪВЕТ

проф. д-р Виолета Йотова д.м.н.
проф. д.т.н. Росен Василев
доц. д-р Иван Иванов
гл.ас. д-р Любомир Камбуров
докт. Полина Иванова

РЕДАКЦИОННА КОЛЕГИЯ НА БРОЯ

доц. д-р Иван Иванов
гл.ас. д-р Любомир Камбуров
ас. д-р Йордан Бояджиев
докт. Полина Иванова

СЪЮЗ НА УЧЕНИТЕ – ВАРНА

Пощенски адрес: гр.Варна 9000,
ул. “Васил Друмев” № 73
Съюз на учените -Варна
тел:052/978576

Авторите носят отговорност за своите материали .
Текстовете, които се представят в редакцията,
следва да са във форма на MS Word и
придружени с разпечатка. Снимков материал се
представя и с негативи. Ръкописи не се връщат.

Предпечатна подготовка

Съюз на учените - Варна
Координатор на СУ-Варна:
докт. Полина Иванова
e-mail : polina_ivanova1983@abv.bg
тел:052/978576

Настоящото издание е
посветено на
**Науката в служба на
обществото**
и се осъществява по
проект, в рамките на
присъщата на
**Технически
Университет - Варна**
научноизследователска
дейност, финансирана
целено от държавния
бюджет.

**обновена лаборатория на
ТУ-ВАРНА по рентгенов
спектрален анализ**

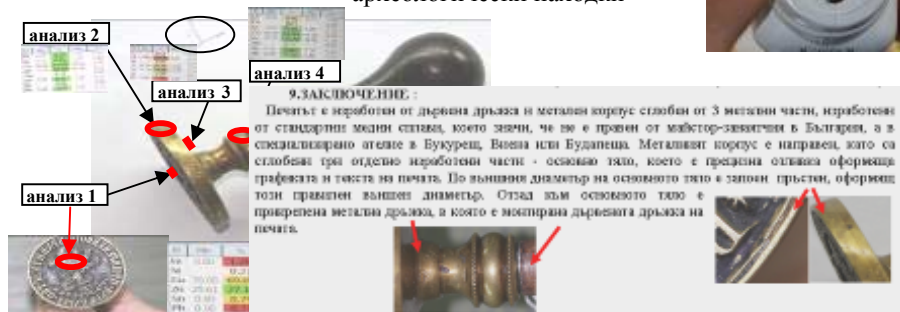
СЕРИЯ “ТЕХНИЧЕСКИ НАУКИ”

1’2017



ДЕЙНОСТ

Изследване, изпитване и
сертифициране на структурата,
състава, механичните и физико-
химичните свойства на
инженерни метални и неметални
материали; Безразрушително
изследване на метални
археологически находки



КОНТАКТИ

ВАРНА-9010, ул.Студентска-1, ТУ-Варна Тел.: 052/383 631, 052/383 586
Факс: 052/302 773 E-mail: rusi.rusev@tu-varna.acad.bg



IN MEMORIAM

проф. дтн инж. Руси Русев

С огромна изненада и непреодолима душевна болка узнахме за ненавременната кончина на 1 октомври 2017 година на нашия многоуважаван колега и приятел проф. дтн инж. Руси Добрев Русев.

Като един от най-успешно изявяващите се възпитаници, през 1973 г. инж. Руси Русев



печели конкурс за асистент към катедра ”Металознание и технология на металите” при ВМЕИ - Варна, сега ТУ-Варна, а от 1985 г. е

доцент и от 2000 г. - професор към същата катедра. През 1979 г. защитава докторска (кандидатска) дисертация на тема “Особености, механизъм на образуване и морфология на карбонитридни слоеве, получени в атмосфера от амониак и CO₂”, а през 1998 г. - докторска дисертация (дтн) на тема “Теоретично експериментален анализ на системата Fe - N - C и приложението му в карбонитриращите технологии”. През тези години той израства и се утвърждава като високоерудирани преподавател по материалознание и термична обработка на металите, като учен и изявен специалист с голям практически опит в областта на термичното и химико-термичното



обработване на металите и сплавите. Чете лекции по “Материалознание”, “Металознание и термична обработка”, “Термична обработка” и др., ръководи над 60 дипломни работи в тези

области. Под негово ръководство се защитават успешно 7 докторантури. Има над 180 публикации в областта на металознанието и термичната обработка. Участвувал е в голям брой научно-изследователски договори (проекти), на немалка част от които е ръководител. Има участие също така в проект ”Коперникус” и в два ТЕМПУС - проекта. Провежда специализации в университети и институти в Англия, Ирландия, Португалия и Полша и

участва в голям брой международни и национални конференции и конгреси. В периода 1986-1990 г. е зам. генерален директор на Технологичен център по “Повърхностни термични технологии” - Варна. Като израз на активната многостранна, целенасочена и ползотворна дейност на катедрата и на технологичния център с непосредственото участие на проф. Р. Русев в периода 1980-90 год. се създава една от първите интеграционни форми между УВР, НИР и промишлеността, изразяваща се в интеграция със сродните катедри и ПНИЛ-ове от ТУ-София, ВТУ-Русе, БАН (филиала на БАН по “Металелееене” в гр. Варна).

Проф. Р. Русев става член на Световната организация по инженерни материали (ASM), на секцията по “Термична обработка” към НТС, на СУБ, а от 1995 г. и на СНС по “Машиностроителни технологии и машини” към ВАК.



Повече от 40 години проф. дтн инж. Руси Русев осъществява преподавателска и научна дейност, има научни контакти в страната и в чужбина, и връзки с промишлеността. Създадените от него и с негово активно участие нови или усъвършенствани варианти на технологии, конструкции и инсталации за карбонитриране представляват не само потенциален научен задел за бъдещо практическо приложение, но и при досегашната им реализация и



внедряване у нас са доказали успешно своята значима икономическа ефективност, която е впечатляваща в цифрово изражение.

СКЪРБИМ дълбоко за огромната загуба. Поклон, дълбок поклон пред светлата му памет!

КРЪГОВО ПОЛЯРИЗИРАНА МИКРОЛЕНТОВА КЪСА АНТЕНА С ОБРАТНО ИЗЛЪЧВАНЕ С ДИЕЛЕКТРИЧНО ЗАПЪЛНЕН РЕЗОНАТОРЕН ОБЕМ И РАЗШИРЕНА РАБОТНА ЛЕНТА

CIRCULARLY POLARIZED MICROSTRIP SHORT BACKFIRE ANTENNA WITH DIELECTRIC FILLED CAVITY VOLUME AND WIDENED BANDWIDTH

Георги Цанев Червенков

Abstract – This paper examines the influence of the shape of a microstrip radiator and small reflector on characteristics of proposed microstrip short backfire antenna with dielectric filled cavity volume, cross-slot exited microstrip patch-exciter and a circular polarization of the radiated radio wave. The analysis of the results indicates the potential for broadening of antenna bandwidth.

Keywords: microstrip short backfire antenna, antenna arrays, circular polarization, polarization bandwidth, radiation efficiency

1. Въведение

Електродинамичните характеристики и параметри на антената, като първо звено във всяка радиолиния, оказват съществено влияние, както на енергийните параметри и размери на радиомодула, така и върху електромагнитната съвместимост и характеристиките на радиокомуникационните системи и мрежи. При антенните решетки единичният антенен излъчвател оказва влияние не само върху електродинамичните им характеристики, но и върху основните им конструктивни параметри (конфигурация, брой елементи, разстояние между тях, линейни размери, тегло), използвани материали и технологични процеси за производство, които са пряко свързани и със себестойността на антенната система.

Многоелементните МИМО (Massive Multiple Input – Multiple Output) антени са ключова технология, както в бъдещите (5G) наземни мобилни клетъчни радиокомуникационни системи IMT-2020 [1], така и в сателитните [2, 3] – стационарни и мобилни. Многоелементните МИМО антени предоставят освен възможност за увеличаване на преносния капацитет на системата и възможност за подобряване на енергийната ефективност на радиолинията и системата като цяло, поради което са ключова технология във визията на ITU-R за наземните мобилни клетъчни системи IMT-2020 [5]. Енергийната ефективност на системата става един от особено значимите фактори при проектиране на системата, тъй като почти

половината от оперативните разходи на телекомуникационните оператори са за енергозахранване [1]. Въпросът за енергийната ефективност на сателитните системи е основен още от самия им генезис, което налага всеки един елемент и системен блок да е с максимално висок коефициент на полезно действие. Този факт поставя с особена важност въпроса за ефективността на всеки един елемент от системата и в частност на антенната система, а с използването на многоелементни МИМО антенни масиви актуален е и въпросът за коефициента на полезно действие (КПД) на единичния антенен елемент.

Възможности за реализиране на антени с със средно-високо усилване и висок КПД, с приложение в мобилните наземни и спътникови радиокомуникации, предоставят микролентовите къси антени с обратно излъчване (МКАОИ) [6, 7]. Основен недостатък при МКАОИ с кръгова поляризация (КП) на излъчената радиовълна е тясната им работна честотна лента, като при най-близкото известно решение на МКАОИ с диелектрично запълнен резонаторен обем (ДРО) стойността ѝ е 2,7% [8, 9].

Създаването на антени с кръгова поляризация, като единични излъчватели, със средно-високо усилване, широка честотна лента, компактна антенна конструкция, висока ефективност на излъчване и добри механични характеристики, е актуален проблем, както от научен, така и от научноприложен аспект.

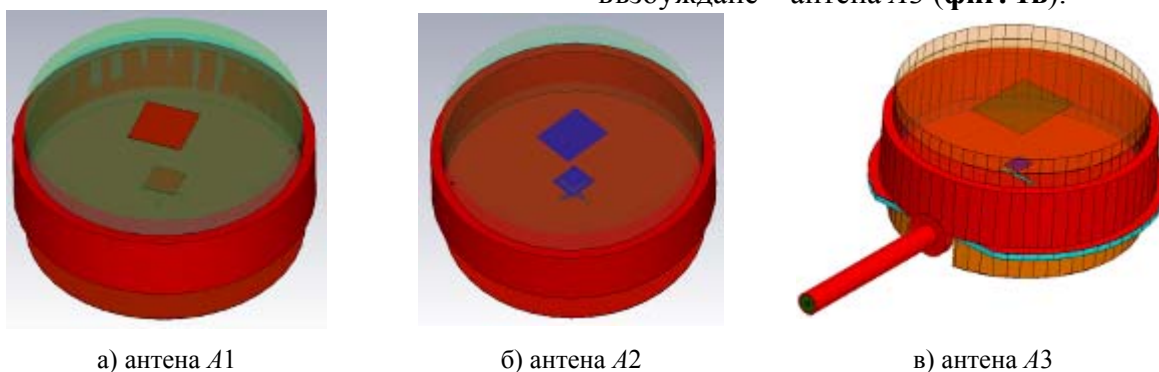
Цел на изследването – Да се изследват възможностите за разширяване на работната честотна лента на микроленовите къси антени с обратно излъчване с микроленово процепно възбуждане, диелектрично запълнен резонаторен обем и кръгова поляризация на излъчената радиовълна, при използване на малък отражател и микроленов излъчвател с възбуждани ортогонални еквивалентни вълнови модификации.

Изследователска хипотеза – Разширяване на поляризационната честотна лента посредством формиране на пресичащи се близкоразположени минимума в поляризационната честотна характеристика (ПЧХ), чрез възбуждане на ортогонални еквивалентни вълнови модификации в системата малък отражател (МО)-периферен екран (ПЕ), но отместен по честота от

минимума формиран от ортогоналните процепи.

2. Конструкция на антената

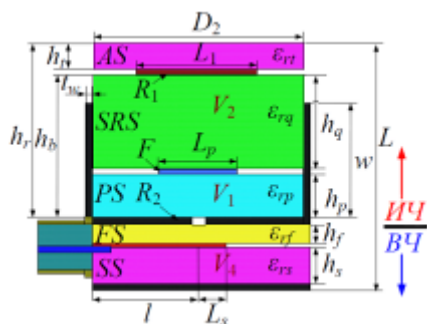
Изследвана е микроленова къса антена с обратно излъчване с процепно възбуждане, диелектрично запълнен резонаторен обем, квадратни микроленов излъчвател и малък отражател и дясновъртяща кръгова поляризация на излъчената радиовълна – антена *A1* (фиг. 1а). Като базова антенна конструкция за изграждане на *A1* и използвана за сравнение в това изследване, служи антена *A2* [8, 9], представена на фиг. 1б. Използваните материали, антенните елементи и основните конструктивни размери при антена *A1* и антена *A2* са същите като при използвания, за тяхна основа, линейнополяризиран прототип [7, 10, 11] на МАКОИ с ДРО и процепно възбуждане – антена *A3* (фиг. 1в).



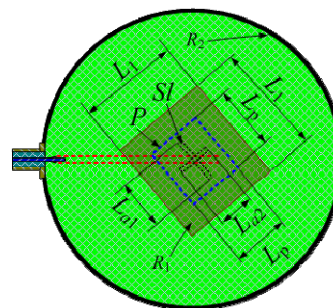
Фиг. 1. Микроленови къси антени с обратно излъчване

Антената *A1* (фиг. 2) условно може да се разглежда като съставена от две части – излъчваща (ИЧ) и възбуждаща (ВЧ). Двете части са разположени от двете страни на

големия отражател *R2*, а електромагнитната връзка между тях се осъществява посредством кръстообразни процеп изрязан в центъра на *R*



а) разрез



б) поглед отгоре

Фиг. 2. Микроленова къса антена с обратно излъчване (антена *A1*)

Конструктивните размери на антена *A1*, различаващи се от тези на антена *A3* са – L_1 ; w ; L_p , а разликата с антена *A2* е по

отношение освен на L_1 , w и L_p , и на L_{a1} , L_{a2} , което е представено в таблица 1.

Таблица 1		
Елемент	Антенa A2, A3 [7-11]	Антенa A1 (предложена)
Малък отражател (L_1)	5мм×4,24мм	4,8мм×4,8мм
Периферен екран (w)	5,5мм	5,9мм
МЛИ (L_2)	2,8мм×2,7мм	2,8мм×2,8мм
Дължина на процепи (L_{a1}/L_{a2})	4,13мм×3,67мм	4,4мм/3,4мм
Ширина на процепи (W_{a1}/W_{a2})	0,41мм/0,36мм	0,4мм/0,4мм

3. Резултати и дискусия

Проверката на издигнатата дедуктивна изследователска хипотеза се извърши посредством изграждане на триизмерен модел и числено изследване в програмна среда, с използване на комерсиалния софтуерен антенен симулатор AN-SOF, използващ конформния метод на моментите (Conformal Method of Moments) за електродинамично моделиране на антени [12] и MWS. Това позволява антенните решетки да бъдат моделирани триизмерно и максимално близко до изработения след това прототип, с отчитане на влиянията и взаимните връзки в реалната антенна конструкция.

Енергетичният параметър ефективност на излъчване η_{rad} характеризира способността на антената да преобразува мощността на направляемите електромагнитни вълни P_t

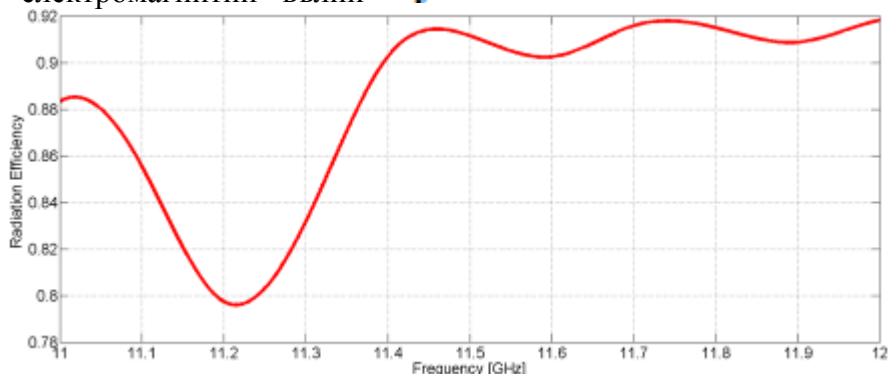
(радиочестотната мощност подавана към антената) в мощност на излъчените радиовълни P_{rad} и се определя от израза [13,

$$14]: \eta_{rad} = \frac{P_{rad}}{P_t} \quad (1)$$

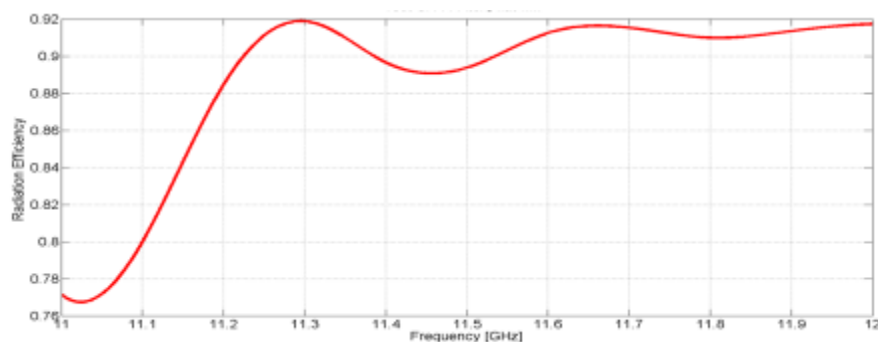
Мощността на излъчване на антената се определя посредством интегриране на плътността на потока на мощността $\Pi(\theta, \varphi)$ по затворената повърхност S , обхващаща обема от пространството около антената

$$P_{rad} = \oint_S \Pi(\theta, \varphi) \cdot dS$$

съгласно израза: На фиг. 3а е показано изменението на ефективността на излъчване η_{rad} на антенa A1 и антенa A2 (фиг. 3б) във функция от честотата. От получените резултати се вижда, че в работните честотни ленти и на двете антени $\eta_{rad} \geq 92\%$.



а) антенa A1

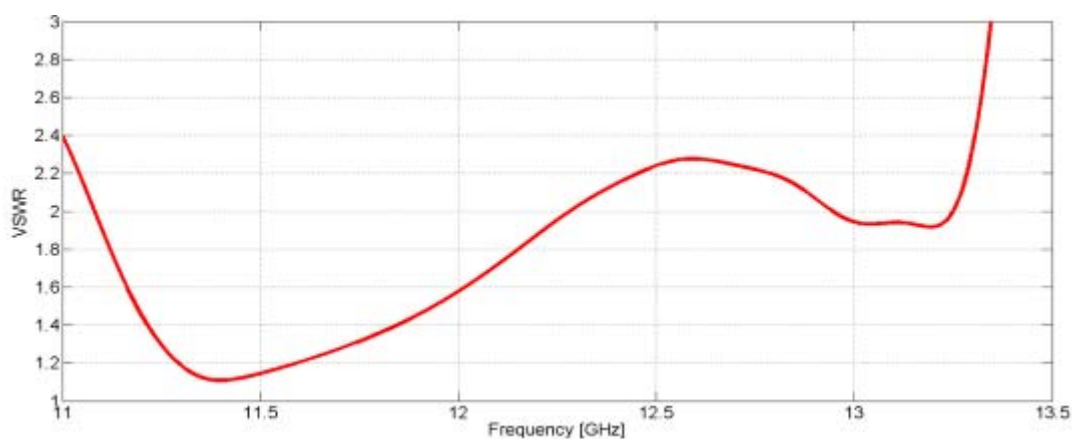


б) антенa A2

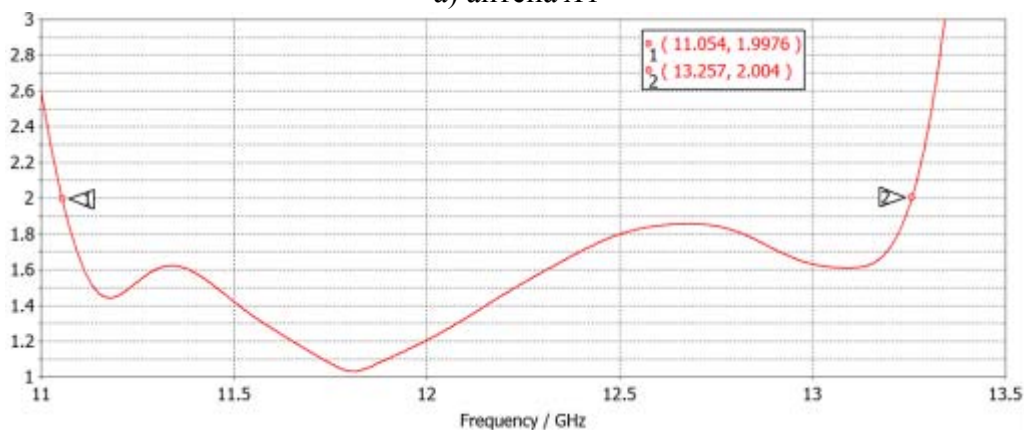
Фиг. 3. Честотни характеристики за ефективността на излъчване

На фиг. 4 е показано изменението на модула на коефициента на отражение $|S_{11}|$ от входа на антена A1 (фиг. 4а) и антена A2 (фиг. 4б) във функция от честотата, при вълново съпротивление на захранващата коаксиална линия равно на 50Ω . От получените резултати се вижда, че относителната импедансната честотна лента Δf_z на антена A1 (фиг. 4а), отчетена на ниво $VSWR = 2$ е по-тясна от тази на антена A2 (фиг. 4б). Причината, е че при антена A2 се използва възможността за въздействие на входната характеристика на антената, посредством промяна, както на

ширината на процепите, така и посредством промяна на отношението дължина/ширина на микролентовия излъчвател (F). При антена A1 процепите са с фиксирана ширина и МЛИ е квадратен, което позволява да се изследва реакцията, върху електродинамичните характеристики на антената, от промяната на всеки един размер, което при антена A2 не е възможно поради използването на взаимовръзки [8] между размерите на: процепите (дължина/ширина и L_{a1}/L_{a2}), МЛИ (дължина/ширина) и малкия отражател (дължина/ширина).



а) антена A1

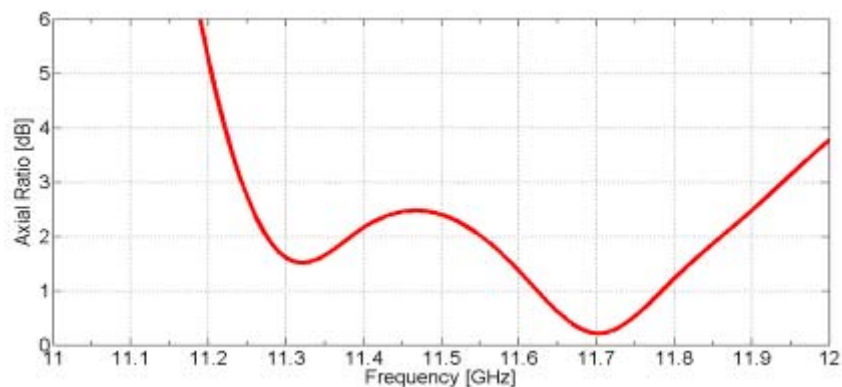


б) антена A2

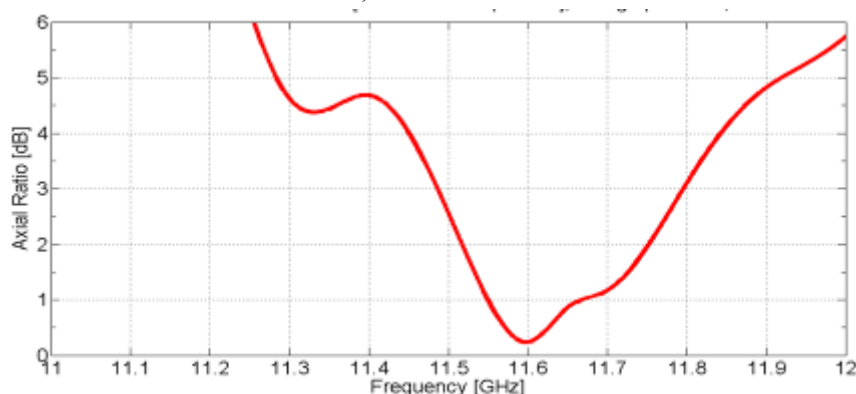
Фиг. 4. Честотни характеристики на модула на коефициента на отражение

На фиг. 5 са представени поляризационните честотни характеристики (ПЧХ) на антена A1 (фиг. 5а) и антена A2 (фиг. 5б), при излъчване по нормалата спрямо равнината, в която лежи големия отражател. От получените резултати се вижда, че относителната поляризационна честотна лента Δf_{AR} на антена A1 (фиг. 5а), отчетена на ниво е 6%, а тази на антена A2 (фиг. 5б) е 2,7%. Разширяването на

поляризационната честотна лента при антена A1 е реализирано посредством формиране на пресичащи се близкоразположени минимума в ПЧХ (първи на честота 11,32GHz и втори на честота 11,7GHz), чрез възбуждане на ортогонални еквиамплитудни вълнови модификации в системата МО-ПЕ, но отместен по честота от минимума формиран от ортогоналните процепи (фиг. 5а).



а) антена A1



б) антена A2

Фиг. 5. Поляризационните честотни характеристики

В таблица 2 са обобщени основните антенни характеристики на изследваната антена A1 и използваната за сравнение антена A2 [8, 9].

таблица 2						
Антена	$\Delta f_{\pm}$ %	$\Delta G_{0.5}$ %	ΔAR_{3dB} %	η_{rad} %	G_{max} dBic	G_{min} dBic
A1	10	16,5	6	92	9,4	7,5
A2	12	17	2,7	92	9,4	9

От представените в таблица 2 резултати се вижда, че постигнато двукратно разширяване на работната честотна лента на предложената микролентова къса антена с обратно излъчване с процепно възбуждане, диелектрично запълнен резонаторен обем и дясновъртяща кръгова поляризация на излъчената радиовълна (антена A1) не е за сметка на енергетичните параметри на антената – тя запазва своето усилване и КПД.

4. Заключение

Представени са резултатите свързани с изследвания на възможността за разширяване на поляризационната лента на микролентови къси антени с обратно излъчване с гладък периферен екран при диелектрично запълнен резонаторен обем, процепно възбуден микролентов излъчвател-възбудител и кръгова поляризация на излъчената радиовълна. Постигнато е двукратно разширяване на работната лента на този тип микролентовите къси антени с обратно излъчване, в сравнение с най-близкото

известно решение [8, 9], посредством предложен нов подход за разширяване на поляризационната им лента – чрез използване на малък отражател и микролентов излъчвател с квадратна форма. Установена е възможността за разширяване на поляризационната честотна лента на МКАОИ с ДРО и ПВ посредством формиране на пресичащи се близкоразположени минимума в ПЧХ, чрез възбуждане на ортогонални еквиамплитудни вълнови модификации в системата МО-периферен екран, но отместен по честота от минимума формиран от ортогоналните процепи. Установено е влиянието на формата на малкия отражател и микролентовия излъчвател върху ефективността им на излъчване. Получените резултати са един от критериите при избор на единичен излъчвател за градивен елемент в антенни решетки.

Научните изследвания, резултатите от които са представени в настоящата публикация, са извършени по проект ПД2/2017г. в рамките на присъщата на ТУ-Варна научноизследователска дейност, финансирана целево от държавния бюджет.

5. Литература

- [1]. Yazdan A., et al., “Energy-Efficient Massive MIMO”, IEEE Microwave Magazine, Vol. 18, Issue: 5, 2017.
- [2]. Byman A., et al., "MIMO for Mobile Satellite Digital Broadcasting: From Theory to Practice", Veh. Tech. IEEE Trans., vol. 65, pp. 4839-4853, 2016.
- [3]. Digital Video Broadcasting (DVB); Next Generation Broadcasting System to Handheld, Physical Layer Specification (DVB-NGH), A160, Nov. 2012.
- [5]. “IMT Vision – Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond”, ITU-R, Rec. ITU-R M.2083-0.
- [6]. Chervenkov G.T., Kirov G.S., Microstrip Short Backfire Antennas. Annual Proceedings of TU-Varna, Varna, 2009, Vol. I, pp. 20-25, ISSN : 1311-896X..
- [7]. Червенков Г.Ц., „Изследване на микролентови къси антени с обратно излъчване“, Дисертация за ОНС „доктор“, ТУ-Варна, 2013.
- [8]. Kirov G.S., G.T.Chervenkov, K.K.Abdoula, „Some Studies of Circularly Polarized Microstrip Short Backfire Antennas“, Third International Congress “50 Anniversary TU –Varna”, 04-06 October 2012, ISBN: 978-954-20-0551-3, Varna, vol. II, pp. 116-121.
- [9]. Киров Г.С., Червенков Г.Ц., Абдула К.К., „Микролентова къса антена с обратно излъчване с кръгова поляризация“, Патентно ведомство на Р България, Официален бюлетин на ПВ на РБ, бр. 5/2017г., стр.20. Патент за изобретение № 66583.
- [10]. Киров Г.С., Г.Ц. Червенков, „Микролентова къса антена с обратно излъчване с процепно възбуждане“, Патентно ведомство на Република България, Официален бюлетин на ПВ на РБ, бр. 8/2016г., стр.19, Патент за изобретение № 66540.
- [11]. Kirov G.S., G.T. Chervenkov, C.D. Kalchev, “Aperture Coupled Microstrip Short Backfire Antenna”, Journal of Electrical Engineering, ISSN: 1335-3632, Vol. 63, №. 2, 2012, pp. 75-80.
- [12]. <http://antennasoftware.com.ar>
- [13]. Пудовкин А.П., Ю.Н. Панасюк, А.А. Иванков, “Основы теории антенн”, Тамбов, 2011.
- [14]. Balanis C. A., “Modern antenna handbook”, 4th ed., 2016.

За контакти:

9010 Варна, ул. “Студентска”1,
Технически университет - Варна,
катедра “Комуникационна техника
и технологии”,
гл. ас. д-р инж. Георги Червенков,
e-mail: g.t.chervenkov@tu-varna.bg

МОДЕЛИ НА ИНТЕГРИРАНА СИСТЕМА ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА КАЧЕСТВОТО НА ОКОЛНАТА СРЕДА И ПОСТИГАНЕ НА УСТОЙЧИВО РАЗВИТИЕ

MODELS OF INTEGRATED ENVIRONMENTAL QUALITY MANAGEMENT SYSTEM AND ACHIEVEMENT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Елена Михайлова, Вяра Василева

Abstract: Based on the diversity of management system standards and the continuous drive to integrate them to achieve better and more efficient management, models of an integrated environmental quality management system and sustainable development are developed at three levels: production enterprise, industrial area and settlement. A brief description of the model's algorithm is presented. Findings and conclusions are made.

Keywords: integrated management system, quality, sustainable development

1. Въведение

Една система представлява съвкупност от взаимосвързани елементи, които са в непрекъснато взаимодействие един с друг. Това е основна характеристика и на разработените системи за управление (СУ) по европейските стандарти ISO (International Organization for Standardization - Международна организация по стандартизация) [5, 8, 10]. Създаденото многообразие от такива стандарти за СУ обуславя възникналата идея за тяхното интегриране в една обща СУ. [10]

Интегрираните системи се внедряват повсеместно, тъй като са доказан инструмент за качествено управление на всяко предприятие, независимо от неговия предмет на дейност и големина.

Най-често разработваните ISO стандарти са ISO 9001 за СУ на качеството (за разработката е прието, че се свързва основно с икономическите фактори) [1, 2, 8] и ISO 14001 за СУ на околната среда (свързва се основно с екологичните фактори) [3, 4, 10]. Други стандарти, различни от ISO стандартите, се актуализират, така че да е възможно интегрирането им с упоменатите. Именно такъв е широко разпространеният Британски стандарт OHSAS 18001 (Occupational health and safety management systems) за СУ на здравето и безопасността при работа (свързва се основно със социалните фактори) [9, 10].

Разработването на СУ и интегрирани системи за управление по сходен модел породил идеята за разработване на модели на интегрирана система за управление на качеството на околната среда и постигане на устойчиво развитие (МИСУКОСПУР).

2. Модели на интегрирана система за управление на качеството на околната среда и постигане на устойчиво развитие

Разработени са модели за предприятие, промишлена зона и населено място. Съвкупното им имплементиране създава общ модел на интегрирана система за управление на качеството на околната среда и устойчиво развитие на производствената зона и/или населеното място с производствена зона.

Фигура 1 илюстрира разработения модел на интегрирана система за управление на качеството на околната среда и устойчиво развитие на производствените предприятия чрез обработка на база данни – информационна и статистическа.

Необходимата за модела информационна база данни се обезпечава от две информационни групи:

- правно-нормативна рамка - обследва актуални нормативни документи - политики, програми, планове, стратегии, наредби, закони, директиви, конвенции и други документи на местно, регионално, национално, европейско и глобално ниво;
- характеристика на разновидности СУ - съществуващи СУ и възможности за приложение.



Фиг. 1: Модел на интегрирана система за управление на качеството на околната среда и устойчиво развитие на производствените предприятия

Генерираната информационна база данни се анализира относно възможности и ограничения за постигане на устойчиво развитие. Определят се необходимите нива за изграждане на интегрирана система за управление. Предложеният модел обхваща три нива: първо - предприятие, второ - промишлена зона и трето – населено място (територията, към която зоната принадлежи). Установяват се разработените СУ и/или интегрирани системи за управление. Между нивата има непрекъснат информационен обмен.

На следващия етап се извършва обработка и анализ на събраните статистически данни относно икономически, екологични и социални аспекти по нива. За оценка на достигнатото ниво на устойчиво развитие и определяне на тенденцията, събираните данни обхващат минимален пет годишен период.

Разработеният модел на интегрирана система за управление е приложен за управление и прогнозиране на устойчивото развитие на предприятия, промишлени зони и населени места с такива на три нива (фиг. 2: Модел на интегрирана система за управление на първо ниво – предприятие).

Необходимите данни за функциониране на системата на всяко ниво са три групи индикатори (икономически, екологични и социални), съдържащи различен брой подходящо подбрани показатели, които условно се разделят на основни и

специфични. Прилагането на еднакви показатели на всички нива е задължително за да има сравнимост и съпоставимост. Включването на групата специфични показатели, зависещи от вида на производствената дейност е допустимо единствено на ниво предприятие.

Броят показатели във всяка група не е регламентиран, варира в широки граници. Ползвателят избира оптималния брой показатели, необходими за осъществяване на наблюдение на достигнатото ниво на устойчиво развитие при предприятие, при промишлена зона и при територията, към която зоната принадлежи.

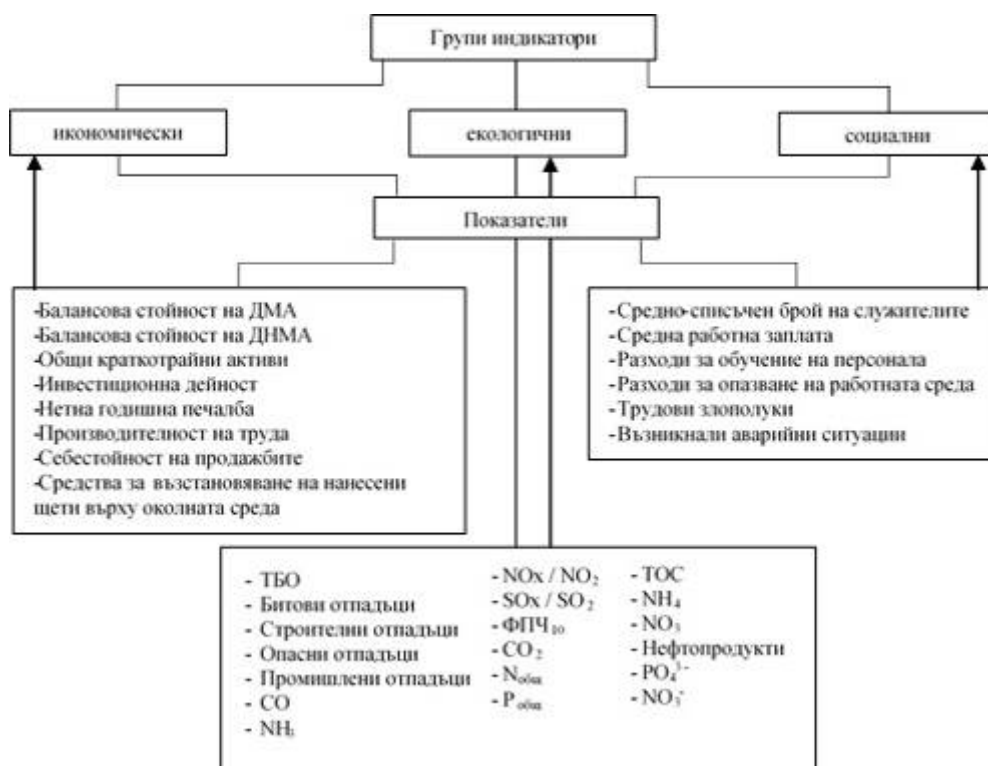
За експериментиране на разработката е извършен анализ на наличните предприятия по икономически сектори в град Девня [6, 7] и поради значимостта на съществуващите химически предприятия - най-големите „врагове“ за качеството на околната среда изследването е извършено с техни данни. Изследвано и анализирано е състоянието на компонентите на околната среда в града за определяне на качеството на околната среда и тенденцията на развитие.

Анализирана е събраната статистическа информация за предприятията и са направени изводи за степента на влияние върху околната среда, посоката и тенденцията за устойчиво развитие на предприятията.

За доказване на разработения модел на интегрирана система за управление на

качеството на околната среда и устойчиво развитие на производствените предприятия, моделът е разработен с данни за шест годишен период за конкретна промишлена

зона – Химически промишлен център – град Девня (фиг. 3) като са разгледани най-значимите емитери на замърсители.



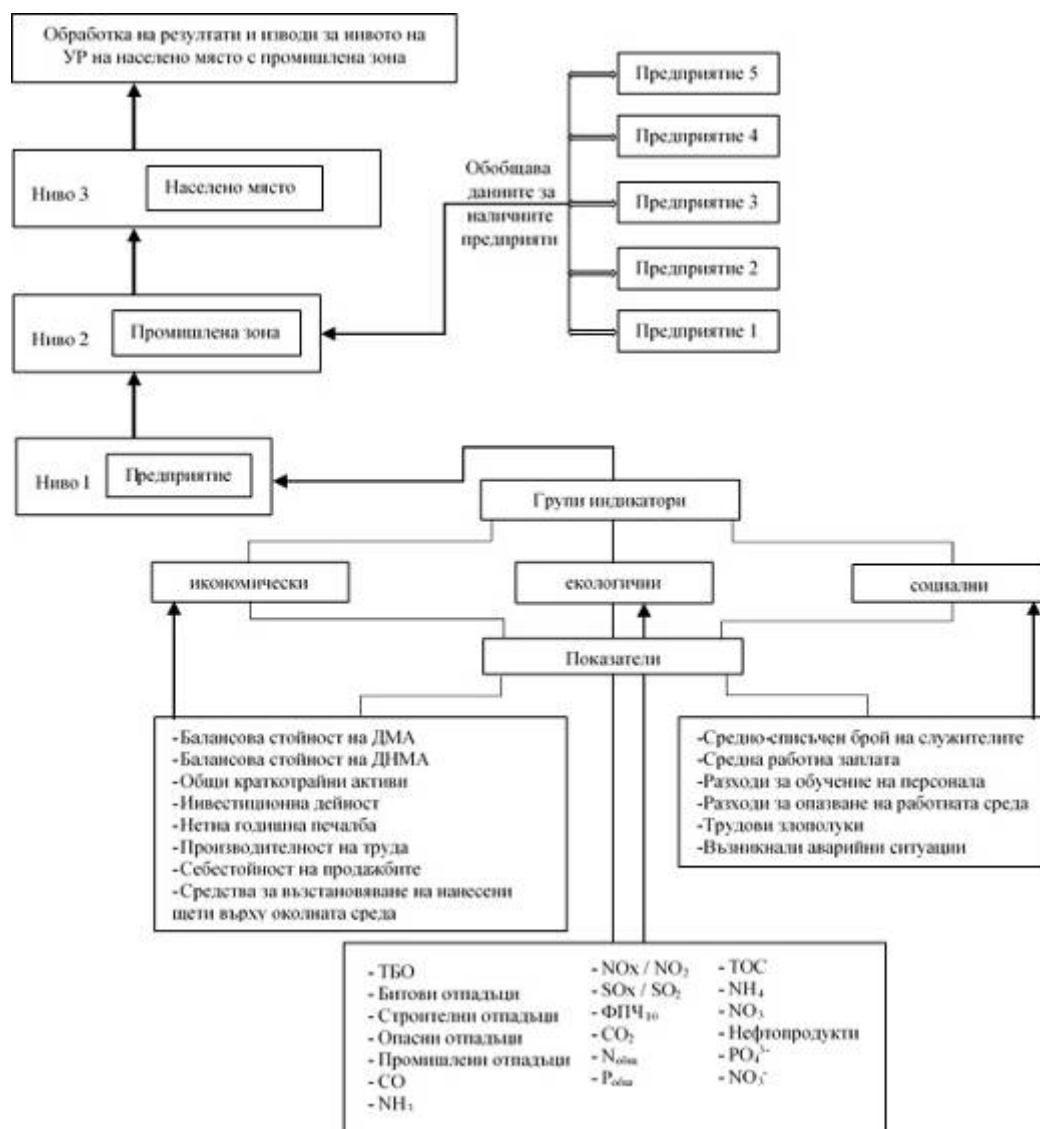
Фиг. 2: Модел на интегрирана система за управление на първо ниво - предприятие

На ниво предприятие се изследват трите групи индикатори с избраните основни показатели (фиг. 2), като същите се изследват за града. Второ ниво е обобщение на събраните данни за изследваните емитери, броят на които варира в зависимост от поставените цели и анализираната зона. Обобщение за цялата промишлена зона и града (Девня) се генерира на трето ниво (населено място). На тази основа се наблюдава нивото на устойчиво развитие на населеното място с промишлена зона и се доказва необходимостта от непрекъснат информационен обмен между емитерите, чрез който се установяват проблемните емисии - тези с най-големи количества. Постига се информираност за предприятията, търсещи решение за намаляване на проблемните емисии с оглед съвкупността им да не бъде в количества, предизвикващи увреждане на компонентите на околната среда и съответно нейното качество.

3.Констатации и заключения

Създадените модели:

- са разработени така, че да обхващат аспектите на устойчивото развитие - икономически (ISO 9001), екологични (ISO 14001) и социални (OHSAS 18001);
- могат да се разработват за: всяко предприятие, цяла производствена зона, населено място с производствена зона;
- позволяват да се наблюдава нивото на постигане на устойчиво развитие на всяко от разработените три нива;
- позволяват да се наблюдават проблемните предприятия и съответните дейности;
- позволяват по-лесно да се вземе решение за необходимите мерки, които трябва да се предприемат.



Фиг. 3: Модел на интегрирана система за управление за химически промишлен център – град Девня

Литература

- [1] Български институт за стандартизация (БИС). БДС EN ISO 9001:2001 - Системи за управление на качеството – Изисквания. 2001
- [2] Български институт за стандартизация (БИС). БДС EN ISO 9001:2015 - Системи за управление на качеството - Изисквания с насоки за използване. 2015
- [3] Български институт за стандартизация (БИС). БДС EN ISO 14001:2004 - Системи за управление на околната среда Изисквания с насоки за използване. 2004
- [4] Български институт за стандартизация (БИС). БДС EN ISO 14001:2015 - Системи за управление на околната среда Изисквания с насоки за използване. 2015
- [5] КОНСЕХО - Консултант по разработване и внедряване на Системи за управление ISO. Кратко описание на ISO стандартите. © 2015 Consejo.bg., последен преглед на 11 април 2017 от <http://www.consejo.bg>
- [6] Общински план за развитие на Община Девня за 2005 – 2013 г. Девня, 2004
- [7] Общински план за развитие на Община Девня за 2014 – 2020 г. Девня, 2013

[8] ISO. ISO 9004:2009 – Managing for the sustained success of an organization - A quality management approach. © ISO, 2009

[9] The OHSAS Project Group. OHSAS 18001:2007 - Occupational health and safety management systems – Requirements. © OHSAS Project Group, ISBN 978 0 580 50802 8, 2007

[10] Weiß, P., Bentlage, J. Environmental Management Systems and Certification. The Baltic University Press, BeraCon Unternehmensentwicklung, Cologne, Germany, ISBN 91-975526-3-1, 2006

За контакти:

Технически университет – Варна
гр. Варна, 9010, ул. Студентска, № 1
инж. Елена Михайлова
(elena_mihaylova@tu-varna.bg)
гл. ас. д-р инж. Вяра Василева
(via_vas@abv.bg)

АНАЛИЗ И ОПТИМИЗАЦИЯ НА МОДЕЛ НА ИНТЕГРИРАНА СИСТЕМА ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА КАЧЕСТВОТО НА ОКОЛНАТА СРЕДА И ПОСТИГАНЕ НА УСТОЙЧИВО РАЗВИТИЕ

ANALYSIS AND OPTIMIZATION OF MODEL OF INTEGRATED ENVIRONMENTAL QUALITY MANAGEMENT SYSTEM AND ACHIEVEMENT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT

Елена Михайлова, Вяра Василева

Abstract: A model of an integrated system for environmental quality management and sustainable development at three levels has been developed: enterprises, industrial zones and settlements with such. The methodology and algorithm of working on the developed table forms in MS Excel® program environment are presented. Conclusions and conclusions about the positive and negative features of the development were made.

Keywords: model, integrated management system, quality, sustainable development, industrial zone

1. Въведение

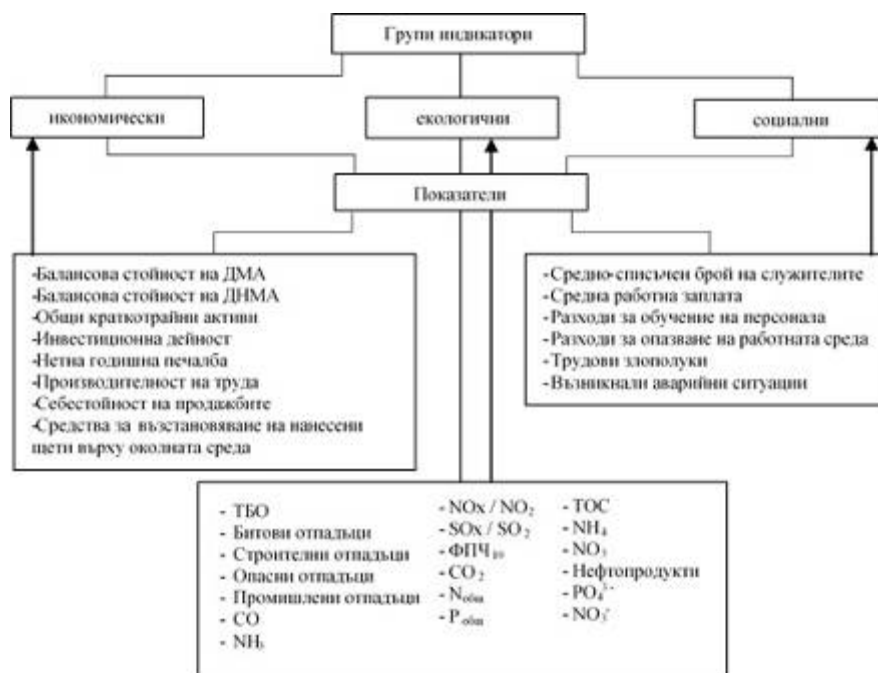
Промислената зона е съвкупност от производствени предприятия, взаимодействащи помежду си главно чрез емисираните замърсители. Последните влияят на околната среда на конкретното населено място и по тази причина в предприятията се внедряват една / повече системи за управление (СУ) [2, 5]. Многообразието от СУ, разработвани по сходен модел позволява интегрирането им в обща такава. Съвързането на предприятията в обща интегрирана СУ на околната среда предполага координирани действия и обмен на информация, достатъчна да могат предприятията в обособената промишлена зона да наблюдават нивото и тенденцията за устойчиво развитие (УР) на самите тях, зоната и населеното място. Поради това е създаден модел на интегрирана система за управление на качеството на околната среда и постигане на устойчиво развитие (МИСУКОСПУР). Моделът е приложим за управление и прогнозиране на УР на предприятия, промишлени зони и населени места с такива на три нива (фиг. 1). За доказване на възможностите е експериментирано с данни за Химически промишлен център – град Девня [3, 4].

2. Алгоритъм на работа на създадения модел

Моделът на интегрирана система за управление на качеството на околната среда и постигане на устойчиво развитие е създаден въз основа на разработена информационна база данни (правно-нормативна рамка и характеристика на разновидностите на СУ - възможности за приложение).

Необходимите данни за функциониране на предложения модел на всяко ниво са три групи индикатори - икономически, екологични и социални (аспектите на УР). Съдържат различен брой подходящо подбрани показатели (подгрупи: основни и специфични). Показателите като количествени измерители са с еднаква мерна единица.

За изграждане на реална система от индикатори за УР едновременно на няколко нива показателите трябва да могат да се проследяват във времето (не по-малко от 5 години). За оптимизиране на модела и доказване, че съдържа минимален, но достатъчен брой показатели, подходящи за всяко предприятие, за обособената промишлена зона, както и за населеното място, в което е разположена се използва групата основни показатели. За сравнимост и съпоставимост на всички нива се прилагат еднакви показатели. Групата специфични показатели, зависи от вида на производствената дейност и се включва само на ниво предприятие.



Фиг. 1: Модел на интегрирана система за управление

Броят показатели във всяка група не е регламентиран, варира в широки граници. Съобразно вида производство ползвателят избира оптималния брой показатели, необходими за осъществяване на наблюдение на достигнатото ниво на УР при предприятие, при промишлена зона и при територията, към която зоната принадлежи. В таблица № 1 са представени избраните показатели със значението на „клас“ и „ниво“, автоматично присвоявани за определяне на нивото на УР спрямо въведената стойност.

В програмна среда MS Excel® [1] са разработени таблични форми (фиг. 2 и фиг. 3) за въвеждане на входни данни за показатели към трите групи индикатори на три нива (предприятие, промишлена зона и населено място) и онагледяване на получените резултати графично. Разработени са методика и алгоритъм за определяне на нивото на постигане на УР на обектите от трите нива, на които се базира продукта. Чрез събиране и въвеждане на реални данни е направена експериментална проверка на разработената система и същевременно е реализирано достоверно изследване на качеството на околната среда в населено място с промишлена зона, както и нивото на

постигане на УР на нива предприятие и промишлена зона. Основната цел е да се представи начин за наблюдение на съвкупното въздействие на производствени предприятия, разположени в близост едно до друго и върху територията на едно населено място. Дава се възможност за откриване на проблеми и определяне на тяхната степен на важност с оглед отстраняването им. За по-добра интерпретация на получените резултати са програмирани радарни и бар диаграми. Разработеният програмен продукт е експериментиран с данни за шест годишен период.

Степента на важност на производствената дейност на всяко предприятие се представя с коефициент на тежест.

Необходимо е определяне на гранични стойности (min/max) за всеки показател. Чрез трите вида данни: текуща стойност за годината, минимална и максимална гранична стойност се определя „клас“, в който отчетената стойност попада и съответно се дефинира „нивото“ на дадения показател, а от там и нивото и тенденцията му по отношение на постигане на УР.

Таблица № 1: Дефиниране значението на „Клас“ и „Ниво“ на показателите за определяне на нивото на УР

Група индикатори	Наименование на показателя	Клас 1	Клас 2	Клас 3	Клас 4	Клас 5	Мерна единица
		А	В	С	Д	Е	
		Ниво 1	Ниво 2	Ниво 3	Ниво 4	Ниво 5	
И К О Н О М И Ч Е С К И	Балансова стойност на ДМА	слабо	умерено	добро	много добро	отлично	[хил. лв.]
	Балансова стойност на ДНМА	слабо	умерено	добро	много добро	отлично	[хил. лв.]
	Общи краткотрайни активи	отлично	много добро	добро	умерено	слабо	[хил. лв.]
	Инвестиционна дейност	слабо	умерено	добро	много добро	отлично	[хил. лв.]
	Нетна годишна печалба	слабо	умерено	добро	много добро	отлично	[хил. лв.]
	Производителност на труда	слабо	умерено	добро	много добро	отлично	[тон] [МВт]
	Себестойност на продажбите	слабо	умерено	добро	много добро	отлично	[хил. лв.]
	Средства за възстановяване на нанесени щети върху околната среда	отлично	много добро	добро	умерено	слабо	[хил. лв.]
Е К О Л О Г И Ч Н И	ТБО	отлично	много добро	добро	умерено	слабо	[тон/год.]
	Битови отпадъци	отлично	много добро	добро	умерено	слабо	[тон/год.]
	Строителни отпадъци	отлично	много добро	добро	умерено	слабо	[тон/год.]
	Опасни отпадъци	отлично	много добро	добро	умерено	слабо	[тон/год.]
	Промислени отпадъци	отлично	много добро	добро	умерено	слабо	[тон/год.]
	СО	отлично	много добро	добро	умерено	слабо	[кг./год.]
	NH ₃	отлично	много добро	добро	умерено	слабо	[кг./год.]
	NO _x / NO ₂	отлично	много добро	добро	умерено	слабо	[кг./год.]
	SO _x / SO ₂	отлично	много добро	добро	умерено	слабо	[кг./год.]
	ФПЧ ₁₀	отлично	много добро	добро	умерено	слабо	[кг./год.]
	CO ₂	отлично	много добро	добро	умерено	слабо	[кг./год.]
	N _{общ}	отлично	много добро	добро	умерено	слабо	[кг./год.]
	P _{общ}	отлично	много добро	добро	умерено	слабо	[кг./год.]
	ТОС	отлично	много добро	добро	умерено	слабо	[кг./год.]
	NH ₄	отлично	много добро	добро	умерено	слабо	[mg/l]
	NO ₃	отлично	много добро	добро	умерено	слабо	[mg/l]
	Нефтопродукти	отлично	много добро	добро	умерено	слабо	[mg/kg]
	PO ₄ ³⁻	отлично	много добро	добро	умерено	слабо	[mg/kg]
	NO ₃ ⁻	отлично	много добро	добро	умерено	слабо	[mg/kg]
С О Ц И А Л Н И	Средно-списъчен брой на служителите	слабо	умерено	добро	много добро	отлично	[брой]
	Средна работна заплата	слабо	умерено	добро	много добро	отлично	[хил. лв./год.]
	Разходи за обучение на персонала	слабо	умерено	добро	много добро	отлично	[хил. лв.]
	Разходи за опазване на работната среда	слабо	умерено	добро	много добро	отлично	[хил. лв.]
	Трудови злоупотреки	отлично	много добро	добро	умерено	слабо	[брой]
	Възникнали аварийни ситуации	отлично	много добро	добро	умерено	слабо	[брой]

Показателите от първа и трета група индикатори са най-съществените и даващи най-пълна информация относно икономическото развитие на дадено предприятие и важността на социалния

фактор. Показателите от втора група се подбират в зависимост от отрасъла, който определя облика на производствената зона и/или населеното място с такава.

Определяне класовете и нивата на показателите към съответните групи индикатори след определянето (осредняването) им за промишлената зона и населеното място за 2015 г.																
Населеността	№	Наименование на показателя	Стойност	Гран. стойност		Клас 1	Клас 2	Клас 3	Клас 4	Клас 5	Ниво	Стъпка	Мерна единица	Коеф. на тежест	кориг. стойност	
				Min.	Max.											
	1	Балансова стойност на ДМЗ	232525.00	0.00	325000.00					1	3	81250	[млн. лв.]	1	3	
	2	Балансова стойност на ДМЗ	501.00	0.00	17000.00		В			2	2	5015	[млн. лв.]	1	2	
	3	Общ капитал (вкл. и чуждестранен капитал)	134890.75	0.00	200000.00				В	4	4	33698	[млн. лв.]	1	4	
	4	Чуждестранен капитал	44459.38	0.00	100000.00				В	1	3	11115	[млн. лв.]	1	3	
	5	Натрупана печалба	67221.75	0.00	100000.00				В	1	3	16805	[млн. лв.]	1	3	
	6	Натрупаните разходи на труда	1011.00	2813.30	3075.00				В	4	4	25275	[млн. лв.]	1	4	
	7	Средствата за производството на продуктите	128933.50	0.00	270000.00			С		3	3	32233	[млн. лв.]	1	3	
	8	Средствата за производството на материални суровини	2764.30	0.00	17200.00		В			2	2	6911.5	[млн. лв.]	1	2	
Екологичните	№	Наименование на показателя	Стойност	Гран. стойност		Клас 1	Клас 2	Клас 3	Клас 4	Клас 5	Ниво	Стъпка	Мерна единица	Коеф. на тежест	кориг. стойност	
	Min.	Max.														
	1	ТКО	3166.00	0.00	2000.00					В	3	340	[тон/год.]	1	3	
	2	Водна сточна вода	116.14	0.00	900.00		В				3	225	[тон/год.]	1	3	
	3	Почвенна сточна вода	29787.89	0.00	100000.00			С			3	3750	[тон/год.]	1	3	
	4	Опасни отпадъци	35.44	0.00	2000.00		В				2	400	[тон/год.]	1	2	
	5	Промислените отпадъци	111.48	0.00	100000.00		В				2	4000	[тон/год.]	1	2	
	6	CO ₂	3308054.38	0.00	300000.00					В	3	175000	[кг/год.]	1	3	
	7	NO ₂	190500.00	0.00	100000.00					В	3	2500	[кг/год.]	1	3	
	8	NO _x / NO ₂	575405.14	0.00	100000.00					В	3	2500	[кг/год.]	1	3	
	9	SO ₂ / SO ₂	111296.49	0.00	100000.00					В	3	17500	[кг/год.]	1	3	
	10	CH ₄	15176.82	0.00	100000.00			С			2	12500	[кг/год.]	1	2	
	11	CO ₂	621251879.00	0.00	100000000.00					В	3	1000000	[кг/год.]	1	3	
	12	NO ₂	40813.89	0.00	100000.00					В	3	17500	[кг/год.]	1	3	
	13	NO _x	480.30	0.00	10000.00			В			2	1250	[кг/год.]	1	2	
	14	SO ₂	19115.17	0.00	100000.00			С			3	17500	[кг/год.]	1	3	
	15	PM ₁₀	0.00	0.00	5.40	А					3	0.11171	[мг/м ³]	1	3	
	16	PM _{2.5}	32.38	0.00	44.31				В		4	11.8125	[мг/м ³]	1	4	
	17	нефтопродукти	0.00	0.00	100.00	А					3	25	[мг/м ³]	1	3	
18	PCDD ₂	0.00	0.00	18.75	А					3	4.6875	[мг/м ³]	1	3		
19	PCDF ₂	0.00	0.00	75.00	А					3	18.75	[мг/м ³]	1	3		
Средствата	№	Наименование на показателя	Стойност	Гран. стойност		Клас 1	Клас 2	Клас 3	Клас 4	Клас 5	Ниво	Стъпка	Мерна единица	Коеф. на тежест	кориг. стойност	
	Min.	Max.														
	1	Средствата общия брой на ступените	342.75	235.00	385.00		В				2	2	15	[Брой]	1	2
	2	Средствата работна зплата	34813.75	4500.00	30000.00					В	3	8713	[млн. лв.]	1	3	
	3	Разходи за обучение на персонала	8488.75	0.00	10000.00					В	3	2000.000	[млн. лв.]	1	3	
	4	Разходи за обучение на персонала	10176.50	0.00	10000.00					В	3	8000.00	[млн. лв.]	1	3	
5	Трудови изчисления	1.00	0.00	1.00					В	3	0.01	[Брой]	1	3		
6	Висококачествени изделия	4.75	0.00	10.00		В				2	2	5	[Брой]	1	2	

Фиг. 2: Определяне класовете и нивата на показателите към съответните групи индикатори след определянето им за промишлената зона и населеното място по години

На ниво предприятие се изследват трите групи индикатори с избраните основни показатели (фиг. 1), а за населеното място се изследват само екологичните. Второ ниво е обобщение на събраните данни за изследваните емитери, броят на които варира в зависимост от поставените цели и анализираната зона. Обобщение за цялата промишлена зона и населеното място (град Девня) се генерира на трето ниво (населено място). На тази основа се наблюдава нивото на УР на населеното място с промишлена зона и се доказва необходимостта от непрекъснат информационен обмен между емитерите, чрез който се установяват проблемните емисии (тези с най-големи количества). Постига се информираност за предприятията, търсещи решение за намаляване на проблемните емисии с оглед съвкупността им да не бъде в количества, предизвикващи увреждане на компонентите на околната среда и съответно нейното качество.

Основните два файла на програмния продукт задължително се поставят в една и съща директория (папка) и като краен резултат се достига до: определяне класовете и нивата на показателите към съответните групи индикатори след определянето им за промишлената зона и населеното място по години; определяне нивата на показателите към съответните групи индикатори след определянето им за промишлената зона и населеното място за анализирания период и определяне на тенденцията за УР при всяко от трите нива на програмата.

Първият файл се състои от минимум 5 работни листи. Всеки от тях съдържа следната информация: име на групите индикатори; колона, която посочва номера на показателя; наименования на показателите към всяка група; стойност на показателя; гранични стойности (min/max) за него; клас от 1 до 5; ниво; стъпка; мерна единица, коефициент на тежест, коригираща стойност, диаграма на

нивото на показателите по групи и диаграма на комплексната оценка по групи индикатори на УР.

Определят се групите индикатори и техните показатели, като се въвеждат в работен лист „Определяне класовете и нивата на показателите към съответните групи индикатори след определянето им за промишлената зона и населеното място“. Прехвърлят се автоматично на останалите работни листи.

Работен лист 1 представлява първо ниво - Определяне класовете и нивата на

показателите към съответната група индикатори за отчетените стойности при изследвания емитер за година. Дублира се толкова пъти, колкото са изследваните емитери. Попълват се стойностите на показателите за конкретна година и техните гранични стойности, както и мерната единица и коефициента на тежест. Чрез тях се определят „стъпка“ и съответно „клас“, с помощта на които се оценява нивото на постигане на УР.

Определяне нивата на показателите към групите индикатори за анализирания период 2010 г. - 2015 г. при населеното място с промишлена зона (Химически промишлен център - град Девня)										
Индикатори	№	Наименование на показателя	Гран. стойност		Ниво 2010	Ниво 2011	Ниво 2012	Ниво 2013	Ниво 2014	Ниво 2015
			Мил.	Мак.						
			Мил.	Мак.						
Химически индикатори	1	Балансова стойност на ДМА	0,00	325000,00	4	4	4	4	4	5
	2	Балансова стойност на ДНМА	0,00	37900,00	2	2	2	2	2	2
	3	Общи кредитирани активи	0,00	200000,00	3	4	4	4	4	4
	4	Инвестиционна дейност	0,00	35000,00	4	4	3	3	4	5
	5	Нетна годишна печалба	0,00	67500,00	2	2	3	3	4	5
	6	Производителност на труда	2837,50	3575,00	2	2	3	4	4	4
	7	Средствата на промишлените предприятия за изготвяне на	0,00	275000,00	3	3	4	3	3	3
	8	Средствата за изготвяне на	0,00	37250,00	2	2	2	2	2	2
Екологични индикатори	№	Наименование на показателя	Гран. стойност		Ниво 2010	Ниво 2011	Ниво 2012	Ниво 2013	Ниво 2014	Ниво 2015
			Мил.	Мак.						
	1	ТБО	0,00	2000,00	5	5	5	5	5	5
	2	Витови отпадъци	0,00	900,00	5	5	5	2	2	2
	3	Строителни отпадъци	0,00	150000,00	2	2	2	2	2	2
	4	Опасни отпадъци	0,00	2500,00	2	2	2	2	2	2
	5	Промислени отпадъци	0,00	38000,00	2	2	2	2	2	2
	6	CO	0,00	500000,00	5	5	5	5	5	5
	7	NO _x	0,00	30000,00	5	5	5	5	5	5
	8	NO _x / NO ₂	0,00	100000,00	5	5	5	5	5	5
	9	SO _x / SO ₂	0,00	150000,00	5	5	5	5	5	5
	10	ФПЗав	0,00	50000,00	4	4	5	4	4	2
	11	CO ₂	0,00	100000000,00	5	5	5	5	5	5
	12	Мощност	0,00	50000,00	5	5	5	5	5	5
	13	РФБС	0,00	50000,00	2	2	2	2	2	2
	14	ТДС	0,00	50000,00	2	5	5	5	2	2
	15	НКА	0,00	0,46	2	4	5	5	5	1
	16	NO ₂	0,00	44,23	2	2	2	2	4	4
	17	Нефтепродукти	0,00	100,00	2	2	2	2	2	1
	18	РМЗ	0,00	16,75	1	1	1	1	1	1
	19	NO ₂ -	0,00	75,00	1	1	1	1	1	1
Социални индикатори	№	Наименование на показателя	Гран. стойност		Ниво 2010	Ниво 2011	Ниво 2012	Ниво 2013	Ниво 2014	Ниво 2015
			Мил.	Мак.						
	1	Средно-спонсирен брой на служителите	335,00	395,00	4	4	4	5	5	2
	2	Средна работна заплата	3660,00	20500,00	5	4	4	5	5	5
	3	Разходи за обучение на персонала	0,00	9982,50	4	4	5	5	5	5
	4	Разходи за оздравяване на работната среда	0,00	15125,00	4	4	5	5	5	5
	5	Трудна ситуация	0,00	1,00	1	1	1	1	1	5
	6	Възникнали аварийни ситуации	0,00	20,00	2	2	2	2	2	2

Фиг. 3: Определяне нивата на показателите към съответните групи индикатори след определянето им за промишлената зона и населеното място за анализирания период и определяне на тенденцията за УР при всяко от трите нива на програмата

Въведени са пет класа („Клас 1“, „Клас 2“, „Клас 3“, „Клас 4“ и „Клас 5“) като за прегледност на всеки от тях съответно се присвоява означение А, В, С, D и Е.

„Стъпката“ е разликата между граничните стойности разделена на четири (брой класове минус един, тъй като в „Клас 1“ попадат само стойности, които са по-малки или равни на минималната гранична стойност за съответния показател и автоматично се обозначава с буква А). В „Клас 2“ попадат стойностите на показателите, които са между „Клас 1“ и автоматично изчислената стойност за „стъпката“. В „Клас 3“ се категоризират показателите, за които данните сочат, че са

по-големи от стойността на стъпката, но по-малки от нея умножена по две. Аналогично към „Клас 4“ се числят стойности на показатели, които са по-големи от предходния клас, но по-малки от стъпката умножена по три. С буква Е като „Клас 5“ се обозначават тези показатели, за които данните сочат, че са по-големи за да бъдат обозначени като D.

Нивата на показателите се определят от класовете. Към всяка буква за съответния клас респективно е присвоена цифра (стойност) 1, 2, 3, 4 и 5.

Коригиращата стойност представлява произведението на определеното ниво за всеки показател и съответно зададения

коэффициент на тежест. Изчислените показания за коригиращата стойност се представят чрез диаграма на нивото на групата показатели.

След попълването на информационните клетки в работния лист се вижда Диаграмата на комплексната оценка по групи индикатори на УР за съответната година. Тя показва най-високото ниво при групите индикатори.

След въвеждане на първичните данни и автоматичното изчисляване на останалите за всички изследвани обекти, обуславящи промишлена зона се преминава към ниво 2 на разработения продукт - Определяне класовете и нивата на показателите към съответната група индикатори за анализирания предприятия в промишлената зона за съответната година. Работния лист съдържа същите информационни клетки, но тук продуктът автоматично изчислява средно аритметично стойностите за всички показатели по групи индикатори за изследваните обекти, респективно граничните стойности на показателите, а от там се определят класовете и нивата им.

За населеното място, в което е разположена промишлената зона се въвеждат данни само за екологичните показатели. Така се съчетават анализ на фоновата обстановка в населеното място и резултатите от задълбочено изследване на промишлената зона, което позволява да се достигне до ниво 3 на програмата - Определяне класовете и нивата на показателите към съответните групи индикатори след определянето им за промишлената зона и населеното място за дадена година.

В работен лист 3 „Определяне класовете и нивата на показателите към съответните групи индикатори след определянето им за промишлената зона и населеното място“ се въвеждат имената на групите индикатори и наименованията на показателите, които автоматично се вписват във всички работни листи.

Създават се n на брой файла като описания (според броя анализирани години), всеки съдържащ m на брой работни листа (според броя анализирани обекти).

Вторият файл служи за определяне нивата на показателите към съответните групи индикатори след определянето им за промишлената зона и населеното място за анализирания период. Това позволява определяне на тенденцията за УР при всяко от трите нива на програмата. Броят работни листи съответства на броя листи в първия файл, с имена съответстващи на тези от предходния файл. Всеки от тях съдържа: име на групите индикатори; номер и наименования на показателите; гранични стойности; ниво на показателите за съответната изследвана година; графика за всяка от трите групи индикатори.

В този файл не се въвеждат данни, информационните клетки автоматично се попълват, след като са попълнени първичните файлове. При всяко отваряне на вторичния програмен продукт е зададена възможност за обновяване на информацията в него.

Данните за граничните стойности за изследваните обекти представляват средно аритметичната стойност от зададените минимални и максимални стойности за показателите за всяко предприятие, промишлената зона, населеното място и населеното място с промишлена зона, които се извличат от работните листи на първичните файлове по години.

Броят на колоните за нивото на показателите за дадена година зависи от броя на годините включени в анализирания период. Нивата се обозначават с думата и съответната година, за която са стойностите (напр. „Ниво 2015“). Информацията за нивото на показателите по групи се попълва автоматично от определеното такова за съответния показател и година за изследваните първични обекти и населеното място. Аналогично на осредняването на граничните стойности се осредняват нивата на показателите при определянето им за цялата промишлена зона и населеното място с такава. Цялата генерирана информация се визуализира графично за дефиниране нивото на постигане и тенденцията на УР.

3.Констатации, изводи и заключения

Моделът на интегрирана система за управление на качеството на околната среда и

постигане на устойчиво развитие (МИСУКОСПУР) е разработен в съответствие с масово разработваните и внедрявани СУ и международните, европейските, националните, регионалните и местните документи по отношение опазването на околната среда и постигане на УР.

Разработката позволява да се направи оценка на нивото на УР и предоставя възможност за дефиниране на тенденцията за УР на наличните производствени предприятия, цялата промишлена зона и самото населено място, качеството на чиято околна среда се определя от тях. Улеснява се поддържането на база данни и по-лесното боравене със статистическа информация.

Разработеният продукт е иновативен и предлага нов, съвременен и достъпен начин за внедряване на интегрирана СУ, чрез която се управлява качеството на околната среда, постигането на устойчиво развитие на производствените предприятия и промишлените зони.

Продуктът е гъвкав и адаптивен. Обхватът му може да бъде разширяван, съобразно желанията на ползвателите. Позволява да бъде използван за извършване на анализи на състоянието, определяне на тенденцията на развитие и изготвяне на прогнози.

Литература

- [1] Карлберг К. Бизнес анализ с Microsoft Excel. Софт Прес, ISBN 954-685-265-1, София, 2003
- [2] КОНСЕХО - Консултант по разработване и внедряване на Системи за управление ISO. Кратко описание на ISO стандартите. © 2015 Consejo.bg., последен преглед на 11 април 2017 от <http://www.consejo.bg>
- [3] Общински план за развитие на Община Девня за 2005 – 2013 г. Девня, 2004
- [4] Общински план за развитие на Община Девня за 2014 – 2020 г. Девня, 2013
- [5] Weiß, P., Bentlage, J. Environmental Management Systems and Certification. The Baltic University Press, BeraCon Unternehmensentwicklung, Cologne, Germany, ISBN 91-975526-3-1, 2006

За контакти:

Технически университет – Варна
гр. Варна, България,
9010, ул. Студентска, № 1
инж. Елена Михайлова
e-mail: (elena_mihaylova@tu-varna.bg)
гл. ас. д-р инж. Вяра Василева
e-mail: (via_vas@abv.bg)

СПИЧАНЕ НА ХРОМ СЪДЪРЖАЩИ ЖЕЛЕЗНИ ПРАХОВЕ ECOSINT В ПРОМИШЛЕНИ УСЛОВИЯ

SINTERING OF CHROM CONTAINING IRON BASED POWDERS ECOSINT IN INDUSTRIAL CONDITIONS

Десислава Минчева

Abstract: The article presents studies on the structure and certain properties of sintered alloys made of chromium containing iron powders ECOSint. The compression and sintering of the powders was carried out under industrial conditions at $T = 1140^{\circ}\text{C}$ in $85\% \text{N}_2 + 15\% \text{H}_2$ and a suitable cooling rate. Metallographic analyzes were carried out to establish a formed structure after sintering. Microhardness in the phases were determined.

Key words: sinter hardening; powders ECOSint; structure, microhardness

1. Въведение

Свойствата на ПМ изделия се определят до голяма степен от вида на изходния железен прах от който са изработени. Съществува голямо разнообразие от легирани железни прахове, от които чрез използването на подходящ метод на пресоване и режим на спичане се изработват конструкционни изделия с необходимите експлоатационни характеристики. В последните години в областта на праховата металургия важна роля заемат праховете за т. нар. уякчаващо спичане. Това е алтернативна технология, при която синтерованите ПМ изделия получават закалена мартензитна структура без използване на традиционните методи на закаляване. Стандартния процес на уякчаващо спичане съчетава в един термичен цикъл, спичане и закаляване при подходяща скорост на охлаждане във въздушната среда на пещта. За изпълнение на този процес е необходимо пещно съоръжение, което може да осигури скорост на охлаждане над 1°C/s в интервала $860-400^{\circ}\text{C}$. Праховете предназначени за уякчаващо спичане основно съдържат комбинация от легиращите елементи Ni, Cu, Mo и Mn. Голяма част от фирмите произвеждащи железни прахове, предлагат на пазара определени марки прахове специално за уякчаващо спичане. Например за шведската фирма Höganes това са марките AstaloyLN с химичен състав Ni(0,9%),

Mo(0,9%) Mn(0,2%) и DistaloyLN Ni(0,9%), Mo(0,9%), Mn(0,2%) и Cu (2%). [1, 2].

През 2010 г. фирма “PometonSpa” разработва прахове за уякчаващо спичане, известни под търговското наименование ECOSint [3,4]. Освен традиционните легиращи елементи, като Ni, Cu, Mo в тях е въведен и Cr. Според редица изследванията, проведени върху праховете, комбинацията от легиращи елементи води до значително намаляване на критичната скорост на охлаждане. За тези прахове тя е в интервала $0,45-0,8^{\circ}\text{C/s}$. В източник [4,5,6,7] са посочени резултати относно микроструктурата и свойствата на образци спичани в лабораторни и индустриални при контролирани скорости на охлаждане от $0,25^{\circ}\text{C/s}$ до $1,75^{\circ}\text{C/s}$. Установено е формирането на бейнитна структура при скорости $0,25-0,28^{\circ}\text{C/s}$ до напълно мартензитна структура при по-високите скорости на охлаждане $1,5-1,75^{\circ}\text{C/s}$.

Целта на настоящето изследване е да се установи структурата на праховете при спичане в промишлени условия, в пещно съоръжение и режим, отличаващи се от технологични режими посочени в други изследвания.

2. Методика на експеримента

За предвидените изследвания са използвани два вида комплексно легирани железни прахове ECOSintC и ECOSintHiHgCr, с химичен състав посочен в табл.1.

От двата вида материали са пресовани образци с използване пресово усилие от 600МПа. Приблизителните размери на пресованите образци са 10x10x50mm. Спичането на образците е проведено в индустриални условия във фирма „Гама Синтер” ООД - Варна, в тръбна пещ при температура 1140°C за 40min в среда 85%N₂+15%H₂ и подходяща скорост на охлаждане.

Таблица 1

No	Материал	Химичен състав, %					
		Cr	Mo	Mn	Ni	Cu	C
1	ECOSINT C	1,4	0,8	0,2	1,0	1,0	0,6
2	ECOSINT HighCrA	2	0,8	0,2	0,4	0	0,7

И на двата вида материали е определена плътността след спичане. На специално подготвени образци е проведен металографски анализ на формираната структура след спичане.

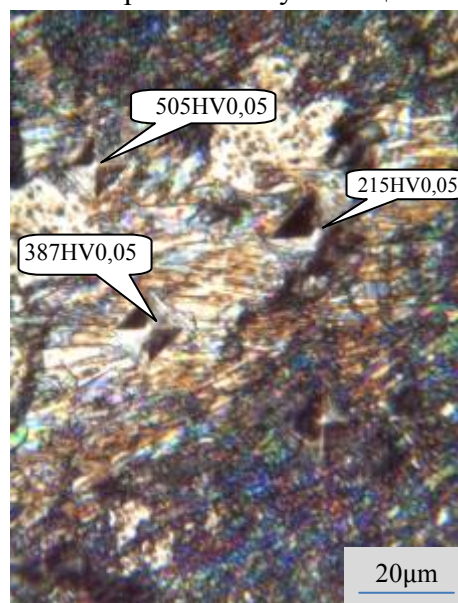
3. Резултати и анализ

След проведеното спичане бе направен контрол на плътността на образците. Тъй като образците са с правилна геометрична форма, тяхната плътност бе определена чрез измерване на геометричните размери на образците и тяхната маса. Установи се, че плътностите на образците изработени и от двата вида комплексно легирани прахове са сравнително сходни в граници 6,7-7,0 g/cm³.

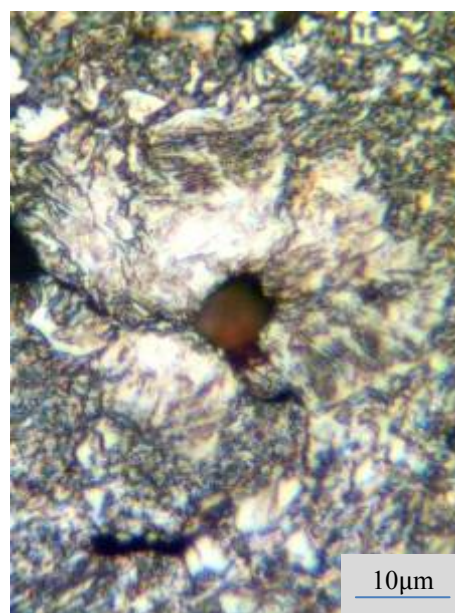
Тъй като праховете, които бяха използвани в настоящето изследване са с голямо разнообразие на легиращи елементи, това оказва влияние върху структурата след спичане. В каталозите на производителя, както и в редица публикации [2,3,4,5] се посочва, че при висока скорост на охлаждане 1°C/s на сплавите директно от температурата на спичане, могат да се получат мартензитни структури с много високи повърхностни твърдости 40-43HRC. На фиг. 1-4 са показани микроструктурите на спечени сплави изработени от EcosintC (1,4Cr-1%Cu-1%Ni-

0,6%C) и EcosintHighCr (2%Cr) спичани в индустриални условия.

Проведения металографски анализ на микроструктурата показва формиране на нехомогенна структура, състояща се от зони на преобладаващ фин перлит (сорбит) с микротвърдости 215-300HV_{0,05}, както и наличие на пори. На локални места в структурата (фиг.1,2) се открояват бели зони с по-високи микротвърдости 387-550HV_{0,05}, за които може да се предположи, че са бейнитно-мартензитни участъци.



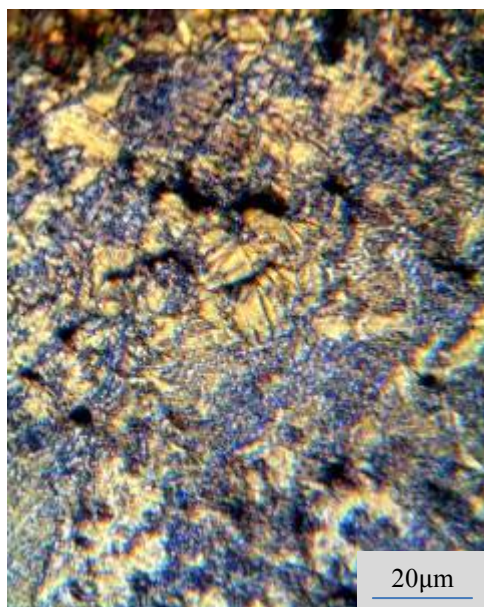
a)



b)

Фиг. 1 Микроструктури на образци изработени от EcosintC - a, b

Тъй като пещното съоръжение използвано за спичане на образците не притежава възможност за контрол на скоростта на охлаждане, по формираните структури може да се предположи, че скоростта на охлаждане е около $0,25^{\circ}\text{C/s}$.



a)



b)

Фиг. 2 Микроструктури на образци изработени от EcosintChighCr – a, b

Заклучение:

Проведени изследвания установиха, че праховете Ecosint могат да се спичат в промишлени условия. При подобрените технологични режими се получава сравнително висока плътност на спечените материали. Структурата след спичане е нехомогенна състояща се основно от фин перлит, като на локални места се открояват мартензитни области с висока микротвърдост.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1]. HognasAB, Product Data Handbook,
- [2]. Димитров Д., Минчева Д., Тенденции в развитието на легирани железни прахове за конструкционни ПМ детайли, Известия на съюза на учените – Варна, Серия технически науки 1'2014. Стр. 102-105, ISSN1310-5833
- [3]. Pometon powder, Ecosint Advanced alloyed powders for sintering technology
- [4]. www.pometon.spa
- [5]. Francisco Castro, Angela Veiga, Frank Baumgaertner, Johannes Heyde, Stefano Saccarola, Sandra Bueno, Endogas sintering of a Cr-containing PM steel
- [6]. S. Bueno, S. Saccarola, A. Karuppanagounder, A. Veiga, S. Sainz and F. Castro, Lean Cr-containing powders for obtaining high performance PM steel grades
- [7]. S. Bueno, S. Saccarola, S. Sainz, A. Veiga, F. Castro, Comparison between Sinterhardened PM Steels obtained from, both, Diffusion Bonded and a Lean Cr-containing Powder
- [8]. S. Bueno, S. Saccarola, S. Sainz, Sinterhardening response from a Cr-containing iron based powder during industrial sintering, 7th International Powder Metallurgy Conference&Exhibition, June 24-28, 2014, Ankara, Turkey

За контакти:

гл. ас. д-р инж. Десислава Минчева
Технически университет – Варна,
кат. МТМ
e-mail: mincheva_d@abv.bg

ПОЛУЧАВАНЕ НА ЛЯТИ МЕТАЛНИ КОМПОЗИТИ (MMCs) С ВЛАКНЕСТА УЯКЧАВАЩА ФАЗА ОТ ТИПА „IN VITRO“

PRODUCTION OF METAL MATRIX COMPOSITE WITH FIBROUS REINFORCEMENT PHASE OF „IN VITRO“ TYPE

Даниела Спасова

Abstract: The aim of the present paper is to test the synthesis of cast metal matrix composites (MMCs) with fibrous reinforcement phase of type “in vitro”. In this case the investigated MMCs is with metal matrix ZnAl4Cu1 alloy (zamac) and glass fiber reinforcement phase. The research on the methods of metal matrix composites development in this paper has been brought to the application of different space vacuum schemes for composite synthesis of vacuuming the space for composites synthesis by using the notion of the “capillary forming”. The experiments were conducted with laboratory equipment elaborated on the base of another equipment for ‘capillary forming’ with extra vacuum. The obtained MMC was tested for impact strength and his structures were investigated by metallographic analysis.

Key words: MMCs, ZnAl4Cu1 alloy (zamac), glass fiber, capillary forming, vacuum

1. Въведение

Едно от най-съвременните направления в развитието на технологията на материалите е получаването на ляти метални композити (MMCs), които значително превъзхождат по експлоатационни характеристики металите и сплавите, в частност огнеупорност, твърдост, относителна якост. Най-общо металните композити представляват хетерогенна система, състояща се от сравнително хомогенна метална основа (матрица), в която чрез различни технологии се внася и разпределя отличаващи се по вид, форма, съдържание и определени характеристики, фаза наричана усилваща (уякчаваща).

MMCс се класифицират според състоянието на усилващата фаза : **in vitro**-когато в целия цикъл на производство усилващата фаза е в твърдо състояние; **in situ**-когато усилващата фаза се получава в резултат на фазови взаимодействия в процес на кристализация или при протичане на химични реакции; **hybrid**- получаващи се в резултат на по-сложно взаимодействие, включващо елементи и на двата варианта. Също така според видовото разнообразие, лятите метални композити, се делят на следните групи: дисперсно уякчени материали- армирани с частици, в това число и псевдосплави (сплави, получени по методите на праховата металургия); евтектични композитни материали – сплавите

с насочена кристализация на евтектичните структури; влакнести материали- армирани с дискретни или непрекъснати влакна. В проведените изследвания получените метални композити условно могат да бъдат причислени към композитите “in vitro”.

Изследванията относно методите за изграждане на MMCs в настоящата разработка се сведоха до използване на различни схеми на вакуумиране на пространството за синтез на MMCs, като се използва идеята на метода „капилярно формоване” [1].

2. Изложение

Целта на проведените изследвания е да се синтезират и изследват принципно нови многофазни композити, като се използват възможностите на метода капилярно формоване. В конкретния случай този процес е свързана с получаване на ляти метални композити от типа “in vitro” с метална матрица ЦАМ (ZnAl4Cu1) и неметална уякчаваща фаза от стъклени влакна (фибростъкло) [6,7]. Предимството в разгледаната постановка е, че се получават икономически целесъобразно и единични заготовки, с екипировка лесна за изработване, чрез използване на конвенционални методи за изработване на форми и синтезиране в тях на изследваните ляти композити [2]. Формите, в които се синтезирани композитите, не е необходимо да са метални каквито се

използват при конвенционалните методи за получаване на MMCs [5]. Те могат да бъдат керамични, на гипсова или циментова основа, или други подходящи за конкретния случай.

При класическия метод за получаване на ляти композити „in vitro” се прилага механизъм на принудително внасяне на усилващата фаза в подготвената стопилка и следващо хомогенизиране на композитната структура [4,8]. В конкретния случай самото смесване на матрицата с усилващата фаза се осъществява на принципа на „капилярното формование”. Първо във формата се поставя усилващата фаза (стъклени влакна), а след това металната матрица (ЦАМ) във вид на стопилка, се инфилтрира принудително в пространствата между елементите на уякчаващата фаза чрез вакуумиране.

Използваните материали са: 60% фибростъкло (S- стъкло) и 40% ЦАМ (ZnAl4Cu1), (таблица 1).

Таблица 1

Основни характеристики на използваните материали

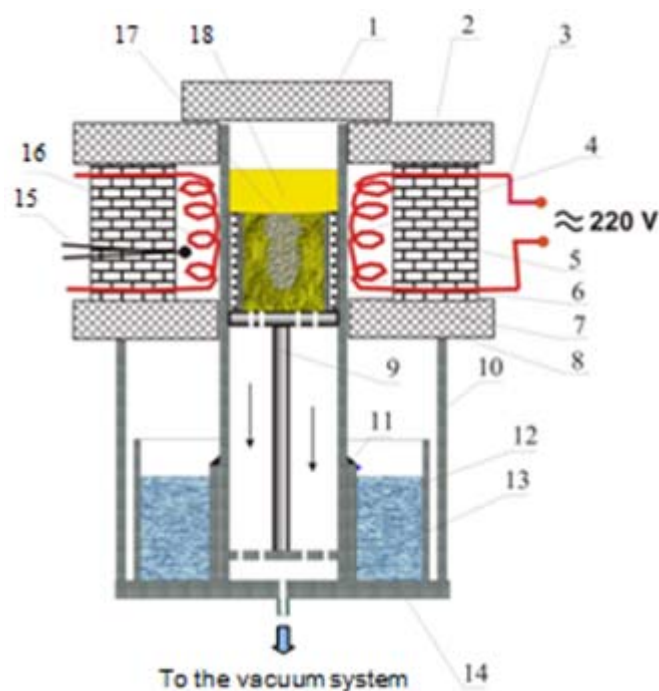
Материали и сплави		Основни характеристики			
		Плътност γ [g/sm ³]	Rm MPa	T _{топ} [°C]	d [μm]
металната матрица	ЦАМ (ZnAl4Cu1)	6,67	270-330	386	-
усилващата фаза	Фибростъкло (S-стъкло)	2,5	4380-4590	1500	3-50

За целите на изследването се използва цилиндричен модел с размери L=80mm, D=10mm от дървен материал. Леярските форми са изработени от бързовтвърдяваща се формовъчна смес от кварцов пясък и водно стъкло.

За реализиране на поставената задача е разработена лабораторна уредба принципната схема, на която е показана на фиг.1.

В получената леярска форма 6 се поставя усилващата фаза (стъклени влакна),

след което формата се монтира в лабораторната уредба. Формата се нагрява до температура на прегряване на стопилката (матрицата)- 480°C, чрез нагреватели 3, което от своя страна спомага инфилтрацията на стопилката (матрицата) в капилярните пространства между елементите на уякчаващата фаза. След достигане на необходимата температура, формата се залива със стопилката 23 (сплав ZnAl4Cu1), едновременно с това се включва и вакуумсистемата. Изравняването на налягането във формата по страничните повърхнини и долната повърхнина, което е едно допълнително уплътняване на стопилката и елементите, изграждащи композита, се постига чрез перфориране на касата на леярската форма [3].



Фиг. 1. Схема на лабораторната уредба за получаване на MMCs

1- уплътнение; 2- междинен капак; 3- нагреватели; 4- основна каса; 5- топлоизолационен кожух; 6- форма; 7- външна каса; 8- топлоизолационна плоча; 9- подпора; 10- кожух; 11- уплътнение; 12- опора; 13- вана; 14- основна плоча; 15- термодвойка; 16- топлоизолационно уплътнение; 17- уякчаваща фаза; 18- стопилка;

Едно от главните предимства на използваната схема при проведените експерименти, е че след стапяне на металната

матрица тя изпълнява функциите и на уплътнение между пространствата над нея и под нея. Над стопилката действа атмосферно налягане, а под нея налягането е по-ниско, тъй като пространството в тази зона е свързано с вакуумсистемата. В следствие създадената разлика в налягането над стопилката и под нея тя (стопилката) се инфилтрира принудително в пространствата между елементите на уякчаващата фаза, в резултат на което се изгражда композита.

3. Резултати и анализи

Резултатите от проведените експериментални изследвания потвърждават в голяма степен възможността за получаване на MMCs с влакнеста уякчаваща фаза, чрез прилагане основните принципи на капилярното формоване от типа “in vitro”.

От получените експериментални образци са изработени пробни тела за изпитване на ударна жилавост (фиг. 2), също така и за микроструктурен анализ. Изготвените металографски шлифове са изследвани с металографски микроскоп “Neophot32”



Фиг. 2. Образци за изпитване на ударна жилавост с V-образен надрез на MMCs с матрица ЦАМ и уякчаваща фаза стъклена влакна

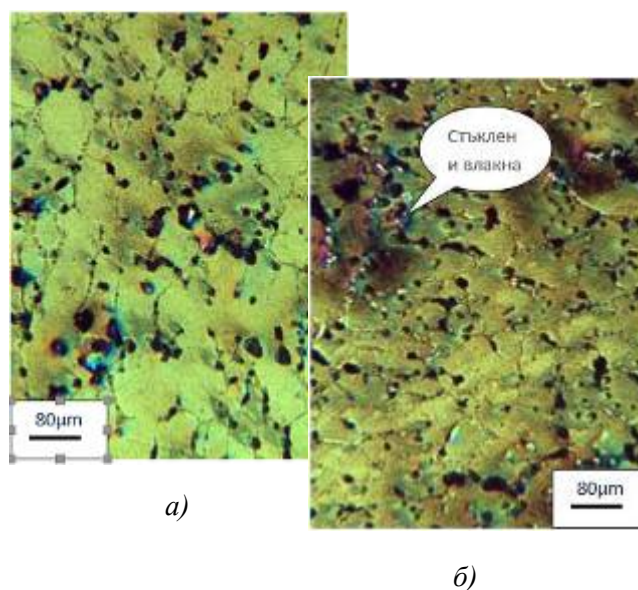
При изпитването на ударна жилавост бяха определени стойности на KCV = 50 J/cm², което е малко над референтните стойности на ЦАМ (ZnAl₄Cu₁) – KCV = 15÷30 J/cm². Ломът е с неравномерна структура дължаща се на уякчаващата фаза, която преимуществено се забелязва от снимката на макроструктурата (фиг.3). Завишените стойности се дължат на уякчаващата фаза (фибростъкло). Очакваха се и по-високи стойности на ударна жилавост,

но вероятността да има участъци с неомокряне на елементите на уякчаващата фаза и неравномерно разпределение на влакната в обема на композита е вероятната причина за това. Това беше потвърдено и от направения микроструктурен анализ.



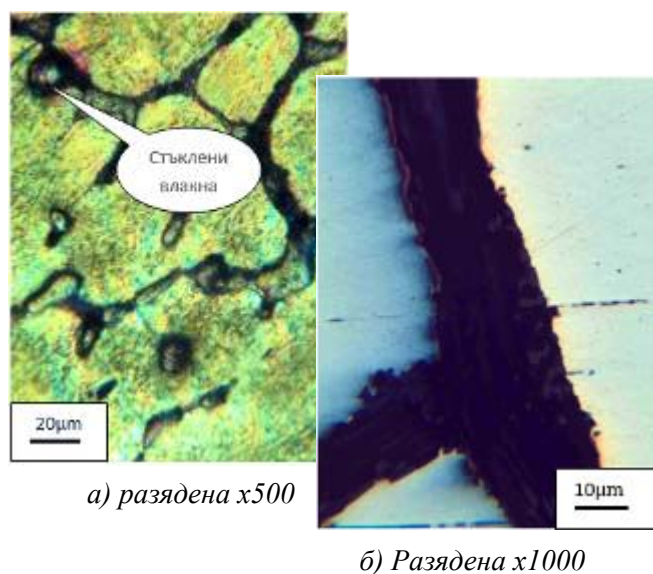
Фиг. 3. Макроструктура на ЛМК с матрица ЦАМ и уякчаваща фаза фибростъкло след изпитване на ударна жилавост.

На фиг.4 са показани микроструктури на неразяден микрошлиф с напречен а) и надлъжен б) разрез на пробата, където ясно се вижда равномерното разпределение на уякчаващата фаза в матрицата.



Фиг. 4. Микроструктури на MMCs метална матрица ЦАМ (ZnAl₄Cu₁) и влакнеста уякчаваща фаза фибростъкло- а) неразядена x100, разрез по x; б) неразядена x100, разрез по z;

На фиг.5 е показана разядена микроструктура с напречен разрез, от която се вижда, че се е получила сравнително добра инфилтрация на стопилката в капилярните пространства между уякчаващата фаза, но се наблюдават на места газови “джобове”, разделителни ивици по граничната повърхнина, вследствие на неомокрянето, между частиците на уякчаващата фаза и металната матрица.



Фиг. 5. Микроструктури на MMCs метална матрица ЦАМ ($ZnAl_4Cu_1$) и влакнеста уякчаваща фаза фибростъкло- а) разядена $\times 500$; б) разядена $\times 1000$;

Полученият резултат е много обнадеждаващ относно изграждането на MMCs с влакнеста уякчаваща фаза. Предимството е, че MMCs се получават в лярска форма изградена от огнеупорни материали, а не както при класическите методи от метал. В обема на този вид форми, изработени от бързотвърдяващи се смеси, могат да се реализират допълнителни налягания и да се осъществи доуплътняване на двете фази изграждащи композита, като по този начин се избегнат описаните по-горе проблеми.

4. Заключение

След проведените експерименти, на база получените резултати, могат да се обобщят следните по-важни изводи:

1. Използваната схема на капилярно формование дава възможност за изграждане на иновационно нови ляти метални композити (MMCс) с неметална влакнеста уякчаваща фаза (стъклени влакна) и матрица ЦАМ ($ZnAl_4Cu_1$).

2. Получават се икономически целесъобразно и единични заготовки, с екипировка лесна за изработване, чрез използване на конвенционални методи за изработване на лярски форми (с бързотвърдяващи се формовъчни смеси), за разлика от конвенционалните методи където се използва скъпа метална екипировка.

3. Отчетени са завишени стойности при изпитването на ударна жилавост, в сравнение с тези на сплавта изграждаща матрицата в следствие армирането и с влакнести усилващи частици. Това е предпоставка за реализирането на технологията за получаване на MMCс в производството.

4. Разработената методика за получаване на MMCс с влакнеста уякчаваща фаза дава добри резултати относно инфилтрацията на матрицата (стопилката) между капилярните пространства, формирани от елементите на уякчаващата фаза в обема на композита, като областите с обемни дефекти (пори, незапълвания) са сведени до минимум.

Литература:

- [1]. Радев Р.Й., Спасова Д.Т., Атанасов Н.М., Иванова Р.И., Патент BG 65955 B1, 2010.
- [2]. D. Spasova, Radev R., Atanasov N., (2015) “Investigate the Receiving of MMC with Metal Matrix Al and Fe Reinforcement Phase”. *Machines, Tehnologies, Materials*, (4/2015), 28-29
- [3]. 5. Spasova D., “ Production of Decorative Cast Metal Matrix Composites with a Complex Relief and a Nonmetal Reinforcement Phase”, *TEM Journal*, Vol. 5, Issue 1, , ISSN 2217-8309, DOI: 10.18421/TEM51-13, February 2016, Pages 80-81

- [4]. Moutsatsou A., Grigorios S., “Synthesis of Aluminium-based Metal Matrix Composites(MMCs) with Lignite Fly Ash as Reinforcement Material”,2009 World of Coal Ash Conference- May,2009 in Lexington, KY, USA, p138
- [5] O Yilmaz, S Buytoz “Abrasive wear of Al 2 O 3-reinforced aluminium-based MMCs”- Composites Science and Technology, 2001 - Elsevier
- [6] Advances in the science and technology of carbon nanotubes and their composites: a review, ET Thostenson, Z Ren, TW Chou - Composites science and technology, 2001, p.27
- [7] LA Dobrzański, M Kremzer Application of pressure infiltration to the manufacturing of aluminium matrix composite materials with different reinforcement shape- Journal of Achievements in Materialsand Manufacturing Engineering, 2007, p.183
- [8] CA Leon, RAL Drew “Preparation of nickel-coated powders as precursors to reinforce MMCs” - Journal of Materials Science, 2000 – Springer

За контакти:

9010 Варна, ул. “Студентска”1
Технически университет - Варна

ас. д-р инж. Даниела Спасова,
e-mail: danielats@abv.bg

**ПРИЛОЖЕНИЕ КЪМ МИСУКОСПУР ЗА ОПТИМИЗИРАНЕ НА НИВО
„ПРЕДПРИЯТИЕ“ – МЕТОДИКА И АЛГОРИТЪМ НА РАБОТА**
AN APPLICATION TO MIEQMSASD FOR ENTERPRISE-LEVEL OPTIMIZATION -
METHODOLOGY AND ALGORITHM OF OPERATION

Елена Михайлова

Abstract: An application for enterprise-level optimization is developed to a model of an integrated system for environmental quality management and sustainable development at three levels: enterprise, industrial zone and settlement with such. It determines level and trend of development of sustainable development environmental aspect in the production of a product unit. Application's methodology and algorithm of working are presented in MS Excel® program environment. Findings and conclusions are made.

Keywords: integrated management system, quality, sustainable development, enterprise

1. Въведение

Разработен е модел на интегрирана система за управление на качеството на околната среда и постигане на устойчиво развитие (МИСУКОСПУР), приложим за управление и прогнозиране на УР на предприятия, промишлени зони и населени места с такива на три нива.

Промишлената зона е съвкупност от производствени предприятия, взаимодействащи помежду си главно чрез емитираните замърсители [1]. Техните количества зависят от количеството произведена продукция и количеството и качеството на използваните изходни суровини за нейното производство. За оптимизиране на ниво „Предприятие“ на МИСУКОСПУР е разработено описаното по-долу приложение.

2. Методика и алгоритъм на работа на Приложение към МИСУКОСПУР

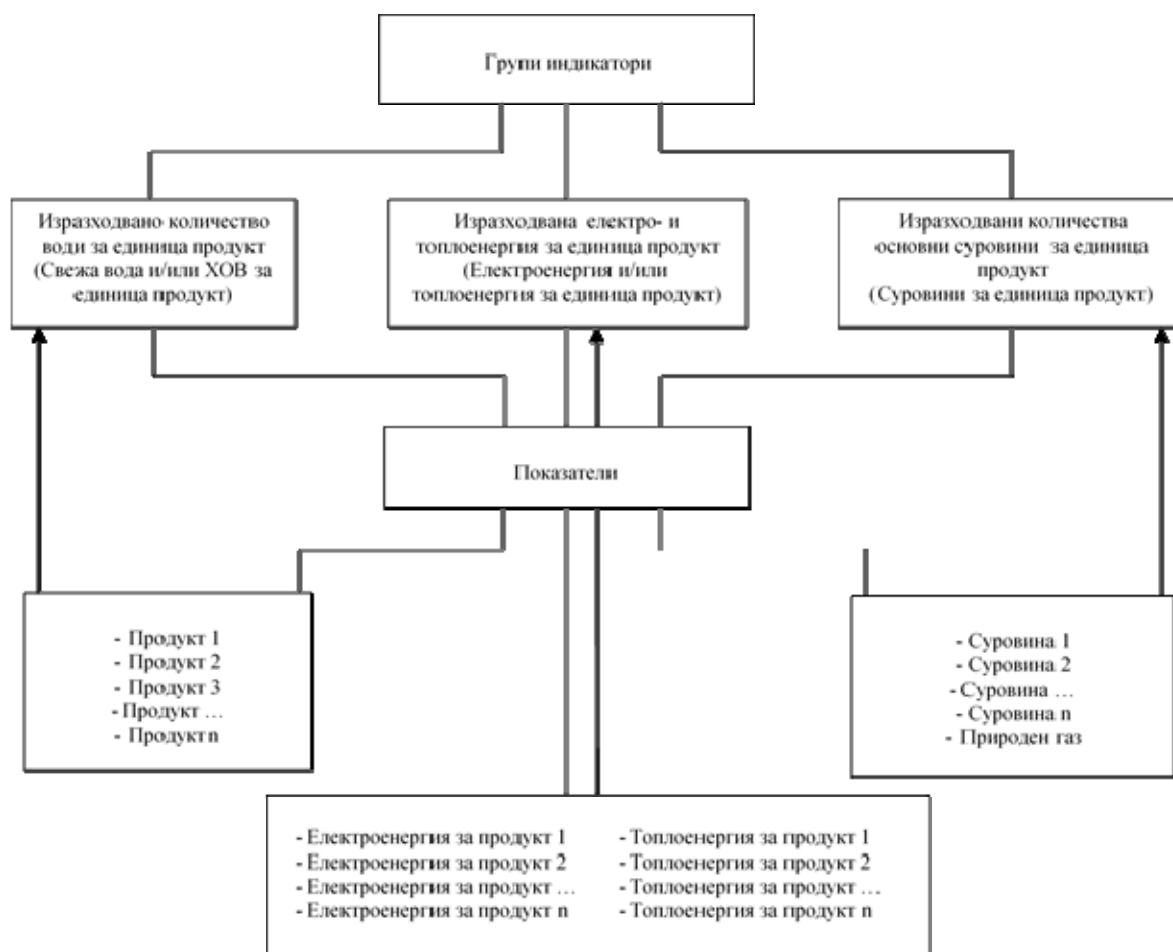
Приложението за оптимизиране на ниво „Предприятие“ на МИСУКОСПУР е създадено въз основа на разработената информационна база данни за модела, годишните доклади по околна среда на операторите (предприятията) и издадените им комплексни разрешителни [1, 3, 4, 5, 6]. Извършен е експериментален анализ с данни за предприятията от Химически промишлен център – град Девня, чрез което е проверена функционалността на разработката.

Необходимите данни за функциониране на приложението са три групи индикатори (Фиг. 1): изразходвано количество води за единица продукт ([куб. м./тон], [куб. м./МВч]); изразходвана електро- и топлоенергия за

единица продукт ([МВч/тон], [МВч/МВч]); изразходвани количества основни суровини за единица продукт ([тон/тон], [тон/МВч], [Nm³/t], [Nm³/MWh]) [3, 4]. Съдържат различен брой показатели. Показателите като количествени измерители са с еднаква мерна единица. За определяне на тенденцията на екологичния аспект на УР при производството на единица продукт показателите трябва да могат да се проследяват във времето (не по-малко от 5 години). Разработеното Приложение позволява включването и проследяването на всички изходни суровини, необходими за осъществяване на производствената дейност на предприятията. За трите групи индикатори е желателно „Клас“-а и „Ниво“-то да намаляват, т.е. най-доброто за всички показатели е „Клас 1“ и „Ниво 1“. Те се изчисляват и присвояват автоматично според въведената стойност.

В програмна среда MS Excel® [1, 2] са разработени таблични форми (фиг. 2 и фиг. 3) за въвеждане на входни данни за показатели към трите групи индикатори и онагледяване на резултатите графично. Разработени са методика и алгоритъм за определяне на тенденцията на екологичния аспект на УР при производството на единица продукт. Чрез събиране и въвеждане на реални данни (за шест годишен период) е направена експериментална проверка на Приложението.

Реализирано е изследване на нивото и тенденцията на развитие на екологичния аспект при основните химически предприятия в гр. Девня и при обособената от тях промишлена зона.



Фиг. 1: Приложение за оптимизиране на ниво „Предприятие“ на МИСУКОСПУР

Основната цел е да се представи начин за наблюдение и анализ на съвкупното потребление на производствените предприятия, разположени в близост едно до друго. Дава се възможност за отчитане на най-използваните изходни суровини. Необходимо е те да бъдат разумно и пестеливо употребявани, дори при възможност заменяни със съвместими за да са налични и в бъдеще (например необходимата енергия да се снабдява от възобновяеми енергийни източници). За по-добра интерпретация на получените резултати са програмирани радарни и бар диаграми.

Степента на важност на производствената дейност на всяко предприятие се представя с коефициент на тежест.

Необходимо е задаване на гранични стойности (min/max) за всеки показател (максималните са определени в Комплексните разрешителни на предприятията, а за минималните се задава нулева стойност). Чрез трите вида данни: текуща стойност за годината, минимална и максимална гранична

стойност се определя „клас“, в който отчетената стойност попада и съответно се дефинира „нивото“ на дадения показател, а от там и нивото и тенденцията му по отношение на екологичния аспект на УР.

Чрез Приложението се определят нивата на изразходваните количества изходни продукти по групи за производството на единица продукт за анализираните предприятия и обособената от тях промишлена зона.

Основните два файла на Приложението, както при МИСУКОСПУР се поставят в една директория (папка). Крайните резултати са: определяне класовете и нивата на изразходваните количества изходни продукти по групи за производството на единица продукт за анализираните предприятия в промишлената зона по години; определяне нивата на изразходваните количества изходни продукти по групи за производството на единица продукт през анализирания период по предприятия и за промишлената зона.

Определяне класовете и нивата на изразходваните количества изходни продукти по групи за производството на единица продукт през 2010 г. за анализирания предприятия в промишлената зона															
№	Свекловода и/или ХОВ за единица продукт	Количество	Гран. стойност		Клас 1	Клас 2	Клас 3	Клас 4	Клас 5	Ниво	Стъпка	Мерна единица	Коеф. на тежест	кориг. стойност	
			Min.	Max.											
			Гран. стойност												
1	Продукт 1	0,910000000	0,000000000	11,320000000						4	3,84	[кг/б. м./тон]	1	4	
2	Продукт 2	25,640000000	0,000000000	16,180000000				D		4	7,525	[кг/б. м./тон]	1	4	
3	Продукт 3	5,800000000	0,000000000	8,800000000					E	5	3,7	[кг/б. м./тон]	1	5	
4	Продукт 4	2,840000000	0,000000000	9,800000000				C		5	2,25	[кг/б. м./тон]	1	5	
5	Продукт 5	3,160000000	0,000000000	15,000000000				C		5	3,75	[кг/б. м./тон]	1	5	
6	Продукт 6	8,100000000	0,000000000	17,000000000				C		5	4,25	[кг/б. м./тон]	1	5	
7	Продукт 7	1,800000000	0,000000000	12,300000000			B			5	6,125	[кг/б. м./тон]	1	5	
8	Продукт 8	0,000000000	0,000000000	7,000000000	A					1	1,725	[кг/б. м./тон]	1	1	
9	Продукт 9	5,940000000	0,000000000	9,800000000					E	5	1,45	[кг/б. м./тон]	1	5	
10	Продукт 10	1,000000000	0,000000000	1,000000000					E	5	0,25	[кг/б. м./тон]	1	5	
11	Продукт 11	0,710000000	0,000000000	8,800000000					E	5	3,2	[кг/б. м./тон]	1	5	
12	Продукт 12	0,000000000	0,000000000	8,000000000	A					1	8,025	[кг/б. м./тон]	1	1	
13	Продукт 13	1,500000000	0,000000000	1,000000000					E	5	0,4	[кг/б. м./тон]	1	5	
14	Продукт 14	0,340000000	0,000000000	8,300000000					E	5	0,075	[кг/б. м./тон]	1	5	
15	Продукт 15	0,000000000	0,000000000	8,000000000	A					1	8	[кг/б. м./тон]	1	1	
16	Продукт 16	0,000000000	0,000000000	8,000000000	A					1	8	[кг/б. м./тон]	1	1	
17	Продукт 17	0,000000000	0,000000000	8,000000000	A					1	8	[кг/б. м./тон]	1	1	
18	Продукт 18	0,000000000	0,000000000	8,000000000	A					1	8	[кг/б. м./тон]	1	1	
19	Продукт 19	0,000000000	0,000000000	8,000000000	A					1	8	[кг/б. м./тон]	1	1	
Материална енергия в топлинна енергия за единица продукт	№	Електроенергия и/или топлинна енергия за единица	Количество	Гран. стойност		Клас 1	Клас 2	Клас 3	Клас 4	Клас 5	Ниво	Стъпка	Мерна единица	Коеф. на тежест	кориг. стойност
	1	Електроенергия за продукт 1	0,910000000	0,000000000	8,540000000				D		4	0,193	[МВ/тон]	1	4
	2	Електроенергия за продукт 2	0,320000000	0,000000000	8,940000000				C		5	0,034	[МВ/тон]	1	5
	3	Електроенергия за продукт 3	0,051000000	0,000000000	8,000000000					E	5	0,025	[МВ/тон]	1	5
	4	Електроенергия за продукт 4	0,000000000	0,000000000	8,000000000	A					1	0,075	[МВ/тон]	1	1
	5	Електроенергия за продукт 5	0,010000000	0,000000000	8,000000000					E	5	0,025	[МВ/тон]	1	5
	6	Електроенергия за продукт 6	0,018000000	0,000000000	8,000000000					E	5	0,064	[МВ/тон]	1	5
	7	Електроенергия за продукт 7	0,002000000	0,000000000	8,290000000				C		5	0,0075	[МВ/тон]	1	5
	8	Електроенергия за продукт 8	0,000000000	0,000000000	8,300000000					E	5	0,025	[МВ/тон]	1	5
	9	Електроенергия за продукт 9	0,000000000	0,000000000	8,000000000	A					1	0,024	[МВ/тон]	1	1
	10	Топлоенергия за продукт 1	2,070000000	0,000000000	3,080000000				D		4	0,045	[МВ/тон]	1	4
	11	Топлоенергия за продукт 2	0,113000000	0,000000000	8,500000000				D		4	0,125	[МВ/тон]	1	4
	12	Топлоенергия за продукт 3	0,240000000	0,000000000	8,610000000					E	5	0,235	[МВ/тон]	1	5
	13	Топлоенергия за продукт 4	1,400000000	0,000000000	3,120000000					E	5	0,375	[МВ/тон]	1	5
	14	Топлоенергия за продукт 5	0,143000000	0,000000000	3,100000000					E	5	0,075	[МВ/тон]	1	5
	15	Топлоенергия за продукт 6	0,000000000	0,000000000	3,170000000	A					1	0,025	[МВ/тон]	1	1
	16	Топлоенергия за продукт 7	0,000000000	0,000000000	8,000000000	A					1	8	[МВ/тон]	1	1
	17	Топлоенергия за продукт 8	0,000000000	0,000000000	8,000000000	A					1	8	[МВ/тон]	1	1
	18	Топлоенергия за продукт 9	0,000000000	0,000000000	8,000000000	A					1	8	[МВ/тон]	1	1
19	Топлоенергия за продукт 10	0,000000000	0,000000000	8,000000000	A					1	8	[МВ/тон]	1	1	
Материалните изходни продукти на единица продукт	№	Суровина за единица продукт	Количество	Гран. стойност		Клас 1	Клас 2	Клас 3	Клас 4	Клас 5	Ниво	Стъпка	Мерна единица	Коеф. на тежест	кориг. стойност
	1	Суровина 1	1,790220000	0,000000000	2,347130000					E	5	0,3807375	[тон/тон]	1	5
	2	Суровина 2	2,640400000	0,000000000	3,215480000					E	5	0,428985	[тон/тон]	1	5
	3	Суровина 3	0,002260000	0,000000000	8,942000000			B			5	0,2375	[тон/тон]	1	5
	4	Суровина 4	0,000114000	0,000000000	1,401161000			B			5	0,35041625	[тон/тон]	1	5
	5	Суровина 5	0,348419010	0,000000000	8,831840000			C			5	6,2918105	[тон/тон]	1	5
	6	Суровина 6	0,129100500	0,000000000	8,733000000			A			5	0,38532505	[тон/тон]	1	5
	7	Суровина 7	1,200400000	0,000000000	1,566000000					E	5	0,3915	[тон/тон]	1	5
	8	Суровина 8	1,247140000	0,000000000	1,370250000					E	5	0,3445625	[тон/тон]	1	5
	9	Суровина 9	2,842059000	0,000000000	1,187000000					E	5	0,79475	[тон/тон]	1	5
	10	Суровина 10	0,172200000	0,000000000	8,395000000					E	5	0,08875	[тон/тон]	1	5
	11	Суровина 11	0,796000000	0,000000000	8,796000000					E	5	8,1905	[тон/тон]	1	5
	12	Суровина 12	0,000000000	0,000000000	8,000000000	A					1	8	[тон/тон]	1	1
	13	Суровина 13	0,000000000	0,000000000	8,000000000	A					1	8	[тон/тон]	1	1
	14	Суровина 14	0,000000000	0,000000000	8,000000000	A					1	8	[тон/тон]	1	1
	15	Суровина 15	0,000000000	0,000000000	8,000000000	A					1	8	[тон/тон]	1	1
	16	Суровина 16	0,000000000	0,000000000	8,000000000	A					1	8	[тон/тон]	1	1
	17	Суровина 17	0,000000000	0,000000000	8,000000000	A					1	8	[тон/тон]	1	1
	18	Суровина 18	0,000000000	0,000000000	8,000000000	A					1	8	[тон/тон]	1	1
19	Продукт из	1295,802000000	0,000000000	1395,218000000					E	5	540,80125	[тон/тон]	1	5	

Фиг. 2: Определяне класовете и нивата на изразходваните количества изходни продукти по групи за производството на единица продукт за анализирания предприятия в промишлената зона по години

Първичният файл се разработва толкова пъти, колкото са годините, дефиниращи анализирания период (в случая 6). Състои се от минимум 3 работни листи, съдържащи следната информация и елементи: име на групите индикатори; колона за номера на показателя; наименования на показателите към всяка група; количество; гранични стойности (min/max); клас от 1 до 5; ниво; стъпка; мерна единица; коефициент на тежест; коригираща стойност; радарни и бар диаграми, които съответно дават информация за нивата на изразходваните количества изходни продукти по групи и информация за комплексната им оценка за всяко анализирано

предприятие и промишлената зона. Работи се с различни групи индикатори, а именно: изразходвано количество води, енергия и основни суровини за единица продукт. Към съответната група се попълва информация за използваните количества свежа вода и химически очистена вода (ХОВ), за електро- и топлинна енергия и за основните суровини (и най-значимите спомагателни суровини) за производството на единица продукт. Цялата тази информация е налична в Годишните доклади по околна среда на всяко предприятие.

Определят се групите индикатори и техните показатели, като се въвеждат в

работен лист „Определяне класовете и нивата на изразходваните количества изходни продукти по групи за производството на единица продукт за анализираните

предприятия в промишлената зона по години“. Прехвърлят се автоматично на останалите работни листи.

Определяне нивата на изразходваните количества изходни продукти по групи за производството на единица продукт през анализирания период 2010 г. - 2015 г. за промишлената зона										
Изразходвано количество води за единица продукт	№	Средна вода и/или ХОВ за единица продукт	Гран. стойност		Ниво 2010	Ниво 2011	Ниво 2012	Ниво 2013	Ниво 2014	Ниво 2015
			Min.	Max.						
	1	Продукт 1	0,00	16,420000000	5	4	4	4	4	4
	2	Продукт 2	0,00	31,970000000	4	4	4	4	4	2
	3	Продукт 3	0,00	6,716666667	5	5	5	5	5	5
	4	Продукт 4	0,00	7,666666667	3	3	3	3	3	5
	5	Продукт 5	0,00	15,000000000	3	3	3	3	2	2
	6	Продукт 6	0,00	17,000000000	3	3	4	3	2	2
	7	Продукт 7	0,00	12,500000000	2	2	2	2	2	2
	8	Продукт 8	0,00	7,090000000	1	1	1	1	1	2
	9	Продукт 9	0,00	5,800000000	5	5	5	5	5	5
	10	Продукт 10	0,00	1,000000000	5	5	5	5	5	5
	11	Продукт 11	0,00	0,800000000	5	4	4	5	5	5
	12	Продукт 12	0,00	0,050000000	1	1	1	5	5	5
	13	Продукт 13	0,00	1,600000000	5	5	5	5	5	5
	14	Продукт 14	0,00	0,300000000	5	4	5	4	4	4
	15	Продукт 15	0,00	0,000000000	1	1	1	1	1	1
	16	Продукт 16	0,00	0,000000000	1	1	1	1	1	1
	17	Продукт 17	0,00	0,000000000	1	1	1	1	1	1
	18	Продукт 18	0,00	0,000000000	1	1	1	1	1	1
	19	Продукт 19	0,00	0,000000000	1	1	1	1	1	1
Изразходвана електро- и топлинна енергия за единица продукт	№	Електроенергия и/или топлинна енергия за единица продукт	Гран. стойност		Ниво 2010	Ниво 2011	Ниво 2012	Ниво 2013	Ниво 2014	Ниво 2015
			Min.	Max.						
	1	Електроенергия за продукт 1	0,00	0,563333333	4	4	3	4	4	3
	2	Електроенергия за продукт 2	0,00	0,089500000	3	3	3	4	4	4
	3	Електроенергия за продукт 3	0,00	0,062000000	5	5	4	4	2	4
	4	Електроенергия за продукт 4	0,00	0,032833333	1	1	1	4	5	4
	5	Електроенергия за продукт 5	0,00	0,010000000	5	5	5	5	5	5
	6	Електроенергия за продукт 6	0,00	0,016000000	5	5	5	5	5	5
	7	Електроенергия за продукт 7	0,00	0,279000000	3	3	3	3	3	3
	8	Електроенергия за продукт 8	0,00	0,100000000	5	5	5	5	5	5
	9	Електроенергия за продукт 9	0,00	0,092000000	1	1	1	1	1	4
	10	Топлоенергия за продукт 1	0,00	3,858000000	4	3	4	4	4	3
	11	Топлоенергия за продукт 2	0,00	0,525000000	4	4	4	5	5	4
	12	Топлоенергия за продукт 3	0,00	0,867000000	5	5	5	5	5	4
	13	Топлоенергия за продукт 4	0,00	1,512000000	5	5	5	4	5	5
	14	Топлоенергия за продукт 5	0,00	0,150000000	5	5	5	5	4	5
	15	Топлоенергия за продукт 6	0,00	0,370000000	1	1	1	1	1	2
	16	Топлоенергия за продукт 7	0,00	0,000000000	1	1	1	1	1	1
	17	Топлоенергия за продукт 8	0,00	0,000000000	1	1	1	1	1	1
	18	Топлоенергия за продукт 9	0,00	0,000000000	1	1	1	1	1	1
	19	Топлоенергия за продукт 10	0,00	0,000000000	1	1	1	1	1	1
Изразходвани количества основни суровини за единица продукт	№	Суровини за единица продукт	Гран. стойност		Ниво 2010	Ниво 2011	Ниво 2012	Ниво 2013	Ниво 2014	Ниво 2015
			Min.	Max.						
	1	Суровина 1	0,00	2,347333333	5	4	5	4	5	5
	2	Суровина 2	0,00	3,315753333	5	5	5	5	5	5
	3	Суровина 3	0,00	0,942920000	2	2	2	5	5	5
	4	Суровина 4	0,00	1,402327000	2	2	2	5	5	5
	5	Суровина 5	0,00	0,813334000	3	3	3	4	4	4
	6	Суровина 6	0,00	0,733300733	2	2	2	2	2	2
	7	Суровина 7	0,00	1,568000000	5	4	4	4	4	4
	8	Суровина 8	0,00	1,378250000	5	5	5	5	5	5
	9	Суровина 9	0,00	3,187000000	5	5	5	5	5	5
	10	Суровина 10	0,00	0,896000000	5	5	5	5	5	5
	11	Суровина 11	0,00	0,798000000	5	5	5	5	5	5
	12	Суровина 12	0,00	0,023333333	1	1	1	1	1	5
	13	Суровина 13	0,00	0,087666667	1	1	1	1	1	5
	14	Суровина 14	0,00	0,000000000	1	1	1	1	1	1
	15	Суровина 15	0,00	0,000000000	1	1	1	1	1	1
	16	Суровина 16	0,00	0,000000000	1	1	1	1	1	1
	17	Суровина 17	0,00	0,000000000	1	1	1	1	1	1
	18	Суровина 18	0,00	0,000000000	1	1	1	1	1	1
	19	Природен газ	0,00	1395,213000000	5	5	5	5	5	5

Фиг. 3: Определяне нивата на изразходваните количества изходни продукти по групи за производството на единица продукт през анализирания период по предприятия и за промишлената зона

Работен лист 1 представлява първо ниво - Определяне класовете и нивата на изразходваните количества изходни продукти по групи за дадената година при определено предприятие. Дублира се толкова пъти, колкото са изследваните оператори (минимум два). Попълват се стойностите на показателите за конкретна година и техните гранични стойности, както и мерната единица и коефициента на тежест. Чрез тях се определят „стъпка“ и съответно „клас“, с помощта на които се определя тенденцията на развитие на екологичния аспект на УР.

Въведени са 5 класа („Клас 1“, „Клас 2“, „Клас 3“, „Клас 4“, „Клас 5“) като за прегледност на всеки от тях автоматично съответно се присвоява означение А, В, С, D и Е. „Стъпка“ = $[\max \text{ гр. ст.} - \min \text{ гр. ст.}] / 4$ ($4 = \text{брой класове} - 1$)

„Клас 1“ попадат стойности, които са $\leq \min$ гр. ст. за съответния показател;

„Клас 2“ $\in$ показателите между „Клас 1“ и автоматично изчислената стойност за „Стъпка“-та;

„Клас 3“ $\in$ показатели $>$ „Стъпка“, но $<$ „Стъпка“ * 2;

„Клас 4“ $\in$ показатели $>$ „Клас 3“, но $<$ „Стъпка“ * 3;

„Клас 5“ $\in$ показатели $>$ „Клас 4“.

Нивата на показателите се определят от класовете. Към всяка буква за съответния клас респективно автоматично се присвоява цифра 1, 2, 3, 4 и 5.

Коригираща стойност = „ниво“ * „коефициент на тежест“

Изчислените показания за коригиращата стойност се представят чрез диаграма на нивото на групата показатели. Диаграмата на комплексната оценка се вижда след попълване на информационните клетки.

След въвеждане на първичните данни и автоматичното изчисляване на останалите за всички изследвани обекти, обуславящи промишлената зона се преминава към ниво 2 на Приложението - Определяне класовете и нивата на изразходваните количества изходни продукти по групи за производството на единица продукт за анализирания предприятия в промишлената зона за съответната година. Работният лист съдържа същите информационни клетки и

автоматично изчислява сумата за всички показатели по групи индикатори за изследваните обекти, респективно минималните и максималните гранични стойности на показателите, а от там се определят класовете и нивата им.

Създават се n на брой файла като описания (според броя анализирани години), всеки съдържащ m на брой работни листа (според броя анализирани обекти).

Вторичният файл служи за определяне нивата на изразходваните количества изходни продукти по групи за производството на единица продукт за анализирания предприятия в промишлената зона за съответната година и целия анализиран период.

Това позволява определяне на тенденцията на развитие на екологичния аспект на УР при двете нива на Приложението. Броят работни листи съответства на броя листи в първия файл със съответните имена. Всеки от тях съдържа: име на групите индикатори; номер и наименования на показателите; гранични стойности; ниво на показателите за съответната изследвана година; графики за групите индикатори.

В този файл не се въвеждат данни, информационните клетки автоматично се попълват, след като са попълнени първичните файлове. При всяко отваряне на вторичния програмен продукт е зададена възможност за обновяване на информацията в него.

Данните за граничните стойности за изразходваните суровини представляват средно аритметичната стойност от зададените минимални и максимални стойности за показателите за всяко предприятие и промишлената зона, които се извличат от работните листи на първичните файлове по години.

Броят на колоните за нивото на показателите за дадена година зависи от броя на годините включени в анализирания период. Нивата се обозначават с думата и съответната година, за която са стойностите (напр. „Ниво 2013“). Информацията за нивото на показателите по групи се попълва автоматично от определеното такова за съответния показател и година за изследваните първични обекти. Генерираната

информация за изразходваните количества изходни продукти при различните нива на Приложението за анализирания период се визуализира графично. С помощта на графиките по-лесно се дефинира тенденцията на изразходване на изходни продукти за производството на единица продукт.

3. Констатации, изводи и заключения

Разработеното Приложение към МИСУКОСПУР позволява да се оцени екологичния аспект на УР при производството на единица продукт и да се дефинира неговата тенденция при всяко производствено предприятие и за цялата промишлена зона. Продуктът позволява да бъде използван за изготвяне на прогнози. Представя нова разновидност за лесно и удобно поддържане на база данни и полесното боравене със статистическа информация.

Литература

[1] Михайлова, Е., Василева, В. Анализ и оптимизация на модел на интегрирана система за управление на качеството на околната среда и постигане на устойчиво развитие. Серия „Технически науки“, Известия на Съюза на учените – Варна 1‘2017, ISSN 1310-5833, Варна, 2017, /под печат/

[2] Карлберг К. Бизнес анализ с Microsoft Excel. Софт Прес, ISBN 954-685-265-1, София, 2003

[3] ИАОС. Годишни доклади по околна среда на операторите. Copyright 2000-2017 © Изпълнителна агенция по околна среда (ИАОС) <http://eea.government.bg/bg/r-r/kpkz/godishni-dokladi-14/index>

[4] ИАОС. Публичен регистър на комплексните разрешителни. Copyright 2000-2017 © Изпълнителна агенция по околна среда (ИАОС) <http://registers.moew.government.bg/kr/>

[5] Общински план за развитие на Община Девня за 2005 – 2013 г. Девня, 2004

[6] Общински план за развитие на Община Девня за 2014 – 2020 г. Девня, 2013

За контакти:

гр. Варна, България,
9010, ул. Студентска, № 1
Технически университет – Варна
инж. Елена Михайлова
e-mail: (elena_mihaylova@tu-varna.bg)

ОЦЕНКА НА СЪСТОЯНИЕТО НА ПРАХОВИ ПОЖАРОГАСИТЕЛИ ПО КОСВЕНИ ПРИЗНАЦИ

Иванчо Богоев, Мария Консулова-Бакалова

Abstract: *This paper presents a method for the technical diagnostics of powder fire extinguishers. The evaluation of the technical condition is made by indirect signs. For this purpose, known theoretical statistical methods for pattern recognition are used. The real experiments have been carried out. Parts of the obtained data are used for training the algorithm, and another part for recognition.*

Key words: powder fire extinguisher, technical diagnostics, state recognition

1. Въведение

Част от пожаро-техническото въоръжение са ръчните пожарогасители. Основно условие за ефективно пожарогасене е изправност на пожарогасителя. Един обект се намира в изправно състояние или се нарича изправен, ако удовлетворява всички технически изисквания, предявявани към него в даден конкретен момент /производство, използване по предназначение, ремонт или съхраняване/. Ако обектът (пожарогасителя) не отговаря поне на едно от изискванията, той се намира в неизправно състояние или се нарича неизправен.

Обектът има само едно изправно и множество неизправни състояния, които се характеризират с определени симптоми и признаци. За техническата диагностика (ТД) съществено значение има определяне на признаците и симптомите, които характеризират отделните неизправни състояния на обекта, като цяло и на неговите елементи поотделно.

Обект на изследване в настоящата разработка са праховите пожарогасители. В резултат на проведени множество теоретични изследвания [1],[5],[6] става ясно, че състоянието на пожарогасители зависи най-вече от състоянието на техните градивни елементи: здравина и херметичност на бутилката, вентила и предпазния клапан; количество на

гасителното вещество; изправност на ръкохвадката на бронирания шланг и на струйното устройство. Тези фактори оказват съществено влияние върху развитието на струята при гасене на пожар. Механичните или химичните увреждания на дюзата е сред основните причини за промяна на струята, а от там и на качеството на пожарогасене. От тук се дефинират и основните диагностични признаци, определящи работоспособността на пожарогасителя:

- Налягане, респективно маса на транспортиращия газ;
- Маса на гасителното вещество.

При разработване на методи за ТД на пожарогасители, един от основните въпроси е изясняване на елементите на пожарогасителя, които да бъдат подложени на диагностика. В табл.1. са дадени структурните и диагностичните параметри, характерни за праховите пожарогасители. Показана е и измервателна апаратура, чрез която може да се следят диагностичните параметри.

На база на тези теоретични изследвания се разработват стендове и методики за диагностика на пожарогасители [1],[4].

Освен теоретичните изследвания при техническа диагностика на пожарогасителни устройства трябва да се имат предвид и някои резултати получени от практиката. При експлоатацията на пожарогасители времето им на работа се

измерва в часове. Практиката обаче показва, че тази единица не е достатъчен критерий за техническото състояние [3]. Освен това по-голям интерес представлява метод даващ възможност за извършване на диагностични (контролни) операции през определен период от време, а ремонтните дейности да се извършват само по необходимост. Като резултат се намаляват разходите за

обслужване и текущите ремонти за срока на обслужване.

В настоящата разботка се предлага методика, използваща известни математически процедури за разпознаване на предватилно дефинирани класове на състояние, въз основа на която да се проведат предварителни диагностични процедури върху прахови пожарогасители.

Табл.1. Параметри на прахови пожарогасители

	Структурни параметри	Диагностични признаци	Апаратура за измерване
1	За съда: - здравина и херметичност	- стойност на проверовъчното налягане; - време за проверка; - количество на пропуснатия газообразен CO ₂ за единица време за пожарогасители под постоянно налягане	- Хидравлична помпа; - Манометър; - Хронометър; - Теглилка.
2	За спирателното устройство: - Херметичност на пусково-спирателното устройство; - Точност и херметичност на монтирането.	- Стойност на налягането в бутилката.	- Манометър
3	За бутилката на транспортиращия газ: - Здравина и херметичност; - Количество на транспортиращия газ в бутилката.	- Стойност на проверовъчното налягане; - Време за проверка; - Количество на пропуснатия транспортиращ газ за единица време; - Маса на транспортиращия газ в бутилката за пожарогасители под налягане само след задействане	- Хидравлична помпа; - Манометър; - Хронометър; - Теглилка.
4	За предпазния клапан: - Здравина и херметичност	- Стойност на проверовъчното налягане	- Хидравлична помпа; - Манометър.
5	Цялост на останалите елементи на пожарогасителя (лостова система, шланг, струйник)	- Способност да действат	- Визуално

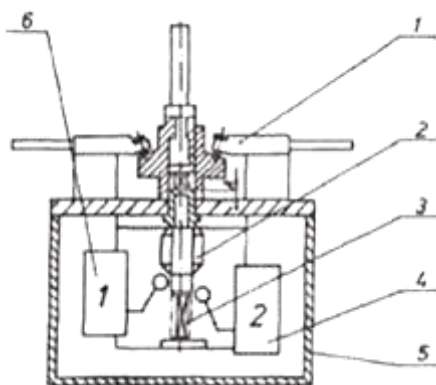
2. Материали и методи

Праховите пожарогасители с транспортиращ газ намиращ се в газов патрон са с пусково спирателно устройство с игла. За да може да бъде приведен пожарогасителят в действие е необходимо иглата да пробие мембраната на газовия патрон, така че транспортиращият газ да

барботира праха и да създаде работно налягане в съда. Измерването на хода на иглата става посредством стенда, показан на Фиг.1.

Главата на пожарогасителя се установява неподвижно посредством притискачите 1. Натиска се ръкохватката за задействане на пожарогасителя, в следствие, на което иглата се придвижва

надолу, измества гърбицата и се задействува прекъсвач 1. Той включва лампа 1 и тя светва. Това е показател, че иглата е стигнала до медната мембрана на патрона. Продължаваме да натискаме ръкохватката и иглата продължава да се придвижва надолу и гърбицата задейства прекъсвача 2. Той включва лампа 2 и тя светва. Това означава, че иглата е пробива медната мембрана и е навлязла 5mm в балона. Стендът се настройва така, че прекъсвач 1 се задейства при ход на иглата 2mm, а прекъсвач 2 при ход на иглата 7mm. На стенда може да се монтира допълнителен фланец, с помощта на който може да се проверява хода на иглата на праховите пожарогасители - „Мега-6”, „Мега-9” и „Мега-12”. Стендът работи с напрежение 220V.



1. Притискач 2. Гърбица 3. Пружина
4. Прекъсвач-2 5. Кожух 6. Прекъсвач-1

Фиг. 1. Стенд за проверка на състоянието на пожарогасител

С помощта на диагностичния стенд и приспособления проф. Ив. Богоев е провел контролни изпитания на прахови пожарогасители с газов патрон „Ятрус-6 ПВН”, произведени във фирма „Млада гвардия” – Хасково [1]. Изследвани са две серии апарати: нови пожарогасители, намиращи се в добро техническо състояние и пожарогасители с изтекъл срок на експлоатация, за които се предполага, че поради настъпили изменения не могат да функционират нормално.

С допълнителни приспособления е направено измерване на диагностичните

признаци тегло на работния газ m_{CO_2} , [g] и маса на огнегасителния прах $m_{пр}$, [g]. При това се формулират два класа на състояние: I клас – изправни пожарогасители, II клас – неизправни при два диагностични признака: $X_1 - m_{CO_2}$ и $X_2 - m_{пр}$.

Експериментите са проведени върху 28 пожарогасителя от всеки от класовете на състояние.

3. Теоретична постановка.

Диагностиката на обектите представлява съвкупност от подходящи числени методи и технически средства. За разработването на алгоритъма за разпознаване са използвани числени методи за класификация, а задачата за оценка на състоянието е сведена до косвена оценка на състоянието по резултатите от предварително направеното измерване.

Процесът на разпознаване на състоянието винаги се предшества от процес на обучение, по време на който обучаваният алгоритъм трябва да се запознае с определен брой състояния, с известни принадлежности към предварително формулираните образи (класове). Този процес е известен като “обучение с учител [2].

Методите и алгоритмите за разпознаване се разделят на две групи – статистически и детерминирани. При първите се въвежда някаква мярка за правдоподобие $L(X_1, X_2, \dots, X_l)$, след което се търсят стойностите на параметъра на състояние α_i , които я оптимизират. Уравнението:

$$(1) \quad \frac{\partial [L((X_1, X_2, \dots, X_l) / \alpha_j, P, c)]}{\partial \alpha_j} = 0$$

изразява условията за оптимално обучение, а степента на познаване на P – разпределение на признака и C – матрица на загубите определя точния вид на алгоритъма. След определяне на разделящата функция $L(X, \alpha, P, c)$ може да бъде прието класифициращо решение, съгласно правилото: $X \in w_j$, ако $L(X, \alpha, P, c/w_j) > L(X, \alpha, P, c/w_i)$ при $i \neq j$; $i = 1 \div c$.

Определят се разпределенията на признаците или техните параметри по класове, с последващо получаване на конкретния вид на функцията на правдоподобие.

В конкретния случай имаме двуалтернативна задача (два класа на състояние – изправно и неизправно състояние). Задачата се свежда до търсенето на такова положение на разделящата граница, при което се осигурява минимална стойност на средните загуби за всички случаи, представени за разпознаване. Многомерните разпределения на вектора на диагностичните признаци се пресичат и при два класа за всеки представен за разпознаване вектор на наблюдение са възможни четири случая:

1) Наблюдението Y_i е от класа на състояния на изправните устройства (условно наречен първи) и е било правилно класифицирано към него (област Γ_1);

2) Наблюдението Y_i е от класа на състоянията на изправните устройства, но е било погрешно класифицирано като неизправно (област Γ_2). Този случай е известен в изследването на операциите като грешка от първи род или "лъжлива тревога";

3) Наблюдението Y_i е от класа на неизправните устройства и е правилно класифицирано към него (област Γ_2);

4) Наблюдението е от класа на неизправните устройства, но е неправилно класифицирано като изправно (област Γ_1). Този случай е известен като грешка от втори род или "пропуск на полезния сигнал".

Във връзка с посочените случаи се въвеждат четири вида загуби:

- c_{11} , c_{22} - стойност на минималните загуби за приемане на правилно класифициращо решение за принадлежност на наблюдението съответно към първи и втори клас;

- c_{12} , c_{21} - стойност на загубите при допускане на грешка съответно от първи и от втори род.

Приема се, че в нормална ситуация загубите при приемане на неправилни решения са по-големи, отколкото разходите

за приемане на правилни решения, т.е. $c_{11} < c_{12}$ и $c_{22} < c_{21}$.

Условните вероятности на всеки от четирите възможни изхода се изчисляват както следва:

- вероятност за правилно класифициращо решение за първи клас:

$$(2) \quad P_1 = P(\bar{Y}/X_1) = \int_{\Gamma_1} \dots \int f(\bar{Y}/X_1) d\bar{Y}$$

- вероятност за приемане на решение от типа „лъжлива тревога“:

$$(3) \quad q_1 = \int_{\Gamma_2} \dots \int f(\bar{Y}/X_1) d\bar{Y}$$

- вероятност за правилно класифициращо решение към втори клас:

$$(4) \quad P_2 = P(\bar{Y}/X_2) = \int_{\Gamma_2} \dots \int f(\bar{Y}/X_2) d\bar{Y}$$

- вероятност за приемане на решение от типа пропуск на сигнала:

$$(5) \quad q_2 = \int_{\Gamma_1} \dots \int f(\bar{Y}/X_2) d\bar{Y}$$

Вземайки предвид, че априорните вероятности на всеки от класовете са $P(X_1)$ и $P(X_2)$, а пълната вероятност на всяка от хипотезите може да бъде оценена като $P(X_i)P(Y/X_i)$, се получава израз за средната стойност при многократно разпознаване на неизвестни вектори на наблюдение (среден риск):

$$(6) \quad R = c_{11}P(X_1)P_1 + c_{12}P(X_1)q_1 + c_{21}P(X_2)P_2 + c_{22}P(X_2)q_2 = \\ = \int_{\Gamma_1} \dots \int [c_{11}P(X_1)f(\bar{Y}/X_1) + c_{12}P(X_1)f(\bar{Y}/X_2)] d\bar{Y} \\ + \int_{\Gamma_2} \dots \int [c_{21}P(X_2)f(\bar{Y}/X_1) + c_{22}P(X_2)f(\bar{Y}/X_2)] d\bar{Y} = \min$$

В пространството на състоянията при вече фиксирана разделяща граница двата класа на състояние не се пресичат, т.е.

$$(7) \quad \int_{\Gamma_1} \dots \int f(\bar{Y}/X_2) d\bar{Y} = 1 - \int_{\Gamma_2} \dots \int f(\bar{Y}/X_1) d\bar{Y}$$

Ето защо математическо очакване на функцията на средния риск може да се запише като:

$$(8) \quad R = c_{11}P(X_1) + c_{22}P(X_2) + \int_{\Gamma_1} \dots \int [-(c_{12} - c_{11})P(X_1)f\left(\frac{\bar{Y}}{X_1}\right) + (c_{21} - c_{22})P(X_2)f\left(\frac{\bar{Y}}{X_2}\right)] d\bar{Y}$$

За да се определи границата Y_0 между двата класа на състояние X_1 и X_2 се взема класическото необходимо условие за наличие на екстремум $dR/dy=0$ при $\bar{Y}=Y_0$ и в многомерния случай границата между класовете на състоянието е съвкупност от $n-1$ хиперплоскости. Критичната или оптимална стойност на отношението на правдоподобие $\lambda = f(\bar{Y}/X_1)/f(\bar{Y}/X_2)$ се получава след прилагане на $\bar{Y}=Y_0$ към функцията на риска (8). След извършване на необходимите преобразувания се получава:

$$(9) \quad \left(\frac{dR}{dy}\right)_{\bar{Y}=Y_0} = 0 - (c_{12} - c_{11})P(X_1)f(\bar{Y}_0/X_1) + (c_{21} - c_{22})P(X_2)f(\bar{Y}_0/X_2) = 0$$

или

$$(10) \quad \lambda = f(\bar{Y}_0/X_1)/f(\bar{Y}_0/X_2) = \lambda_0 = \frac{(c_{21} - c_{22})P(X_2)}{(c_{12} - c_{11})P(X_1)}$$

Средният риск (6) може да се минимизира, ако всяко конкретно наблюдение $\bar{Y}$, принадлежащо към първи клас (област Γ_1) се отнесе точно към него. При такъв подход рискът ще бъде минимален тогава, когато интегралът в (6) приеме своята максимална отрицателна стойност. Ако се приеме, че за даденото наблюдение $\bar{Y}$ подинтегралната величина е отрицателна, то за да се намали риска наблюдението $\bar{Y}$ трябва да се отнесе към областта Γ_1 . Следователно решаващото правило, минимизиращо риска се свежда до класифицирането към областта Γ_1 само на онези наблюдения $\bar{Y}_i$, за които подинтегралният израз в (6) е отрицателен или

$$(11) \quad \bar{Y} \in \Gamma_1, \text{ ако } (c_{21} - c_{22})P(X_2)f\left(\frac{\bar{Y}}{X_2}\right) < (c_{12} - c_{11})P(X_1)f\left(\frac{\bar{Y}}{X_1}\right)$$

$$(12) \quad \bar{Y} \in \Gamma_2, \text{ ако } (c_{21} - c_{22})P(X_2)f\left(\frac{\bar{Y}}{X_2}\right) > (c_{12} - c_{11})P(X_1)f\left(\frac{\bar{Y}}{X_1}\right)$$

Ако отношението на правдоподобие λ , пресметнато за конкретния вектор на наблюдение $\bar{Y}$ е по-голямо от своята критична стойност λ_0 , наблюдението $\bar{Y}$ се отнася към първи клас на състоянието X_1 , в противен случай наблюдението $\bar{Y}$ се отнася към втори клас на състоянието. В случай, че многомерните разпределения за двата класа на състояние са нормални за $f(\bar{Y}/X_i)$ се получава:

$$(13) \quad f(\bar{Y}/X_i) = (2\pi)^{-\frac{n}{2}} |V_i|^{-\frac{1}{2}} \exp\left[-\frac{1}{2}(\bar{Y} - \bar{m}_i)^T V_i^{-1} (\bar{Y} - \bar{m}_i)\right] \quad i=1,2$$

където $\bar{Y}$ - вектор на наблюдение, $\bar{m}_i$ - вектор на математическото очакване на признаците в класа, V_i^{-1} - обратна ковариационна матрица.

След заместване на (13) в (11) се получава правилото в логаритмичен вид:

$$(14) \quad \bar{Y} \in \begin{cases} X_1 \text{ при } -\frac{1}{2}(\bar{Y} - \bar{m}_1)^T V_1^{-1} (\bar{Y} - \bar{m}_1) + \frac{1}{2}(\bar{Y} - \bar{m}_2)^T V_2^{-1} (\bar{Y} - \bar{m}_2) > \ln \lambda_0 - \frac{1}{2} \ln \frac{|V_1|}{|V_2|} \\ X_2 \text{ при } -\frac{1}{2}(\bar{Y} - \bar{m}_1)^T V_1^{-1} (\bar{Y} - \bar{m}_1) + \frac{1}{2}(\bar{Y} - \bar{m}_2)^T V_2^{-1} (\bar{Y} - \bar{m}_2) < \ln \lambda_0 - \frac{1}{2} \ln \frac{|V_1|}{|V_2|} \end{cases}$$

Ако ковариационните матрици на признаците за двата класа на състояние V_1 и V_2 са еднакви и $P_1=P_2$, $(c_{21}-c_{22})=(c_{12}-c_{11})$, правилото за приемане на решение става линейно и приема следния вид:

$$(15) \quad \bar{Y} \in \begin{cases} X_1 \text{ при } \bar{Y}^T V^{-1} (\bar{m}_1 - \bar{m}_2) - \frac{1}{2}(\bar{m}_1 + \bar{m}_2)^T V^{-1} (\bar{m}_1 - \bar{m}_2) > 0 \\ X_2 \text{ при } \bar{Y}^T V^{-1} (\bar{m}_1 - \bar{m}_2) - \frac{1}{2}(\bar{m}_1 + \bar{m}_2)^T V^{-1} (\bar{m}_1 - \bar{m}_2) < 0 \end{cases}$$

След получаване на правилото за приемане на решение може да обобщим процедурата по техническа диагностика на пожарогасители при два класа на състояние по следния начин:

1. Обучение на алгоритъма чрез изчисляване на векторите на математическите очаквания на признаците и намиране на общата ковариационна матрица.

2. Заместване на наблюдението (стойностите на диагностичните признаци при единичен опит) в правилото за приемане на решение (15).

3. Причисляване на наблюдението към един от двата класа на състояние – изравен или неизравен съгласно правилото за вземане на решение (15).

4. Анализ и оценка на получените резултати.

4.Резултати

Експериментални данни са представени в табл.2.

За обучение на алгоритъма за диагностика са използвани по 15 наблюдения от всеки клас. Обучението на се извършва по посочената по-горе процедура – определят се векторите на математическите очаквания на признаците, намира се общата ковариационна матрица V (работим с усреднената ковариационна матрица на признаците на състояние) и се заместват във решаващото правило (15).

Диагностичните разпознавания по процедурата са проведени над всичките 56 двойки от наблюдения. По знака на получената функция (15) се приема решение дали дадено наблюдение принадлежи към първи или втори клас, т.е. изравен ли е пожарогасителя по косвените признаци тегло на работния газ и на огнегасителния прах. Резултатите са представени в табл.3 и табл.4.

От опита и от някои инструкции се приема, че пожарогасителите от този тип се отнасят към класа на недобрите състояния, ако масата на газа е по-малка от 120 грама, а масата на огнегасителния прах е по-малка от 5600 грама. При преглед на експерименталните данни се вижда, че при извадката с контролни данни имаме пет наблюдения, които биха се класифицирали погрешно на база на тези инструкции (табл.2 и табл.3). За една от тях алгоритъмът дава грешка от типа „лъжлива тревога“, но останалите се причисляват правилно към класа, на който принадлежат. При разпознаването на данните от II-ри клас не е допусната нито една грешка. В случая диагностичната процедура е била „по-предпазлива“, което не е излишно.

Табл.3. Резултати от разпознаване

Класове	Клас 1	Клас 2
---------	--------	--------

Процентът на правилно разпознати данни е над 90%, което е много добра точност.

Табл.2. Експериментални данни

Клас	Клас 1		Клас 2	
Признак	x1	x2	x1	x2
Обучение	125,1	5700	113	5400
	126	5710	113,5	5410
	127	5720	113,3	5420
	128	5730	113,9	5430
	129	5740	114,1	5440
	125,5	5750	114	5450
	125,9	5760	112,4	5332
	127,1	5770	112,7	5334
	126,1	5780	112,2	5337
	128,2	5790	112,5	5350
	124	5680	112,7	5355
	123	5670	112,9	5340
	122	5640	113,7	5450
	121	5640	113,8	5455
	124,5	5650	114,4	5460
Разпознаване	124,1	5620	122,1	5305
	122,9	5630	115,5	5780
	123,9	5620	112,7	5385
	121,8	5620	112	5390
	121,8	5620	111,9	5380
	129,2	5800	114,6	5460
	131,1	5830	114,9	5490
	132,5	5860	115,2	5510
	120,8	5620	111,4	5340
	118,9	5670	110,8	5310
	117,5	5709	111,1	5290
	134	5920	117	5560
	116	5450	109	5240

Признаци	x1	x2	Решение при разпознаване	x1	x2	Решение при разпознаване
Обучаваща извадка	125,1	5700	Извадката принадлежи към клас 1	113	5400	Извадката принадлежи към клас 2
	126	5710	Извадката принадлежи към клас 1	113,5	5410	Извадката принадлежи към клас 2
	127	5720	Извадката принадлежи към клас 1	113,3	5420	Извадката принадлежи към клас 2
	128	5730	Извадката принадлежи към клас 1	113,9	5430	Извадката принадлежи към клас 2
	129	5740	Извадката принадлежи към клас 1	114,1	5440	Извадката принадлежи към клас 2
	125,5	5750	Извадката принадлежи към клас 1	114	5450	Извадката принадлежи към клас 2
	125,9	5760	Извадката принадлежи към клас 1	112,4	5332	Извадката принадлежи към клас 2
	127,1	5770	Извадката принадлежи към клас 1	112,7	5334	Извадката принадлежи към клас 2
	126,1	5780	Извадката принадлежи към клас 1	112,2	5337	Извадката принадлежи към клас 2
	128,2	5790	Извадката принадлежи към клас 1	112,5	5350	Извадката принадлежи към клас 2
	124	5680	Извадката принадлежи към клас 1	112,7	5355	Извадката принадлежи към клас 2
	123	5670	Извадката принадлежи към клас 1	112,9	5340	Извадката принадлежи към клас 2
	122	5640	Извадката принадлежи към клас 1	113,7	5450	Извадката принадлежи към клас 2
	121	5640	Извадката принадлежи към клас 1	113,8	5455	Извадката принадлежи към клас 2
	124,5	5650	Извадката принадлежи към клас 1	114,4	5460	Извадката принадлежи към клас 2
Контролни данни	124,1	5620	Извадката принадлежи към клас 1	<u>122,1</u>	5305	Извадката принадлежи към клас 2
	122,9	5630	Извадката принадлежи към клас 1	115,5	<u>5780</u>	Извадката принадлежи към клас 2
	123,9	5620	Извадката принадлежи към клас 1	112,7	5385	Извадката принадлежи към клас 2
	121,8	5620	Извадката принадлежи към клас 1	112	5390	Извадката принадлежи към клас 2
	121,8	5620	Извадката принадлежи към клас 1	111,9	5380	Извадката принадлежи към клас 2
	129,2	5800	Извадката принадлежи към клас 1	114,6	5460	Извадката принадлежи към клас 2
	131,1	5830	Извадката принадлежи към клас 1	114,9	5490	Извадката принадлежи към клас 2
	132,5	5860	Извадката принадлежи към клас 1	115,2	5510	Извадката принадлежи към клас 2
	120,8	5620	Извадката принадлежи към клас 1	111,4	5340	Извадката принадлежи към клас 2
	<u>118,9</u>	5670	Извадката принадлежи към клас 1	110,8	5310	Извадката принадлежи към клас 2
	<u>117,5</u>	5709	Извадката принадлежи към клас 1	111,1	5290	Извадката принадлежи към клас 2
	134	5920	Извадката принадлежи към клас 1	117	5560	Извадката принадлежи към клас 2
	<u>116</u>	5450	<u>Извадката принадлежи към клас 2</u>	109	5240	Извадката принадлежи към клас 2

Табл.4. Резултати от разпознаване в проценти.

Класове на състояние	Разпознаване					
	обучаваща извадка		контролни данни		всички данни	
	Клас 1	Клас 2	Клас 1	Клас 2	Клас 1	Клас 2
клас 1	100	0	92,31	7,69	98,21	1,79
клас 2	0	100	0	100	0	100

ИЗВОДИ:

1. Оценката на състоянието на прахови пожагасители по избраната методика е надежно и това се потвърждава от експерименталните данни.

2. При разпознаване на данните от клас 2, неизправни устройства, не е допусната нито една грешка. Това означава, че нямаме грешки от втори род, „пропуск на полезния сигнал“ и при провеждането на оценка на състоянието нито един неизправен пожарогасител няма да бъде включен в групата на изправните.

3. Според известни инструкции и опит от практиката при пет от наблюденията има

вероятност за допускане на грешка при диагностика по избраните косвените признация. Предложеният алгоритъм за разпознаване „допуска“ само една грешка и то от типа „лъжлива тревога“.

4. Получените резултати дават основание да се направи извода, че вероятно-статистическите методи за диагностика са приложими при предварителна диагностика на подобни технически устройства. При подходящ избор на косвени признаци такъв метод за оценка на състоянието може да съкрати разходите за обслужване и текущи ремонти.

Литература:

- [1] Богоев Иванчо, Диагностика и управление на техническата експлоатация на противопожарната техника. Варна, 2014 г., ВСУ „Черноризец Храбър“, ISBN 978-954-715-629-6
- [2] Недев А., К. Тенекеджиев, „Техническа диагностика и разпознаване на образи“, Варна, 1994.
- [3] Р. Ж. Стоянов, Ив. Д. Бакалов, „Ръководство за практически задачи - ОБУЧЕНИЕ ПО СЪВРЕМЕННИ МЕТОДИ ЗА БОРБА С ПОЖАРИ ПО РАЗШИРЕНА ПРОГРАМА“, АКВАПРИНТ – ВАРНА, 2013, ISBN: 978-954-92824-9-2
- [4] Р. Ж. Стоянов, Ив. Д. Бакалов, ОБУЧЕНИЕ ПО СЪВРЕМЕННИ МЕТОДИ ЗА БОРБА С ПОЖАРИ ПО РАЗШИРЕНА ПРОГРАМА (Advanced Training in Fire Fighting), Издателски център на ВВМУ "Н. Й. Вапцаров", 2014, ISBN: 978-954-8991-76-6
- [5] Шипков, И.Д., Спасов, В.В., Експлоатация на противопожарната техника“. С., РПО-ВСШ, 1984.
- [6] K. Kalinov, M. Tsvetkov, I. Bakalov, "USING ENGINE ROOM SIMULATORS FOR TRAINING AND

EXERCISES IN FIGHTING FIRES FOR MARINE TRAINING COMMAND STAFF IN THE VIRTUAL VESSEL TYPE FREGAT“, ICERS 13 The 13th International Conference on Engine Room Simulators 20-21.09.2017 – Odessa – 2017, ISSN: 978-966-7591-72-4, стр.126 - 128

За контакти:

9010 Варна, ул. “Студентска”1
Технически университет –Варна,

Катедра: Технология на
машиностроенето и
металорежещи машини
Гл. ас. д-р инж. Мария Бакалова
e-mail: mbakalova@tu-varna.bg

ИЗСЛЕДВАНЕ СТРУКТУРАТА И КАЧЕСТВОТО НА НАВАРЕНИ СЛОЕВЕ С ABRADUR54

Анелия Стоянова

Abstract: Research in this work are focused on the structure and quality of layers obtained after racho- arc welding electrodes ABRADUR54. Certain modes are welding and are selected electrodes.

Based on this metallographic microscope was used to determine the micro-structure in the welded zones.

Key words: welding electrodes, steel samples

I. Въведение

Наваряването е технологичен процес, при който върху зададена повърхност се нанася слой разтопен допълнителен метал с определени свойства и след кристализацията му заедно с проварения метал се увеличават размерите на изделието [5,6].

Разликата между заваряването и наваряването се състои в това, че при заваряване разтопения метал служи за съединяване на две или повече отделни части в едно цяло, а при наваряването - за увеличаване размерите на изделието. Поради това при заваряване се цели разтопяване на основния метал на голяма дълбочина, а при наваряване провара трябва да бъде минимален (степената на участие на наварения метал да е максимална).

Наваряването се прилага, както за възстановяване на износени детайли, проектиране и производство на нови изделия, така и за получаване на биметални материали, при които повърхностния им слой трябва да притежава специални свойства: износоустойчивост, корозионна устойчивост, топлоустойчивост, твърдост, абразивна устойчивост и др. Чрез метода на наваряване, могат да се възстановят или да се изработват нови изделия като: шампи, прокатни валци, валове, клапани, чукове, ножове, ножове за гилотини и плугове, различни по вид режещи инструменти и др. [1,8].

Наваряването може да се осъществява чрез прилагането на всички методи на заваряване, но в настоящия момент най-широко приложение намират електродъговите методи. Това са например: ръчно електродъгово, полуавтоматично и автоматично в среда от защитни газове или под слой от флюс, плазмено, ВИГ, газопламъчно, многодъгово и др.

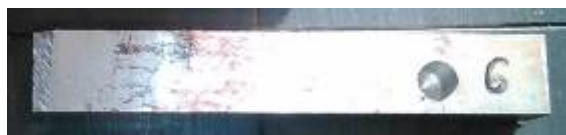
Получаването на наварен слой с желани свойства се постига посредством въвеждането на

легиращи елементи в металната вана. Легирането се осъществява по различни начини, като метода за легиране е свързан с метода на наваряване и се оценява по еднородността на наварения метал, икономическата ефективност и удобството при работа. Внасянето на легиращи елементи при ръчно електродъгово наваряване се осъществява чрез обмазката на електрода или металната пръчка на електрода, при полуавтоматичното и автоматичното – чрез телта или флюса, при плазменото и ВИГ наваряване – чрез добавъчния метал, при газопламъчното – чрез телове или прахове и др.

Високо качество на наварения слой и необходимия химически състав се постигат за сметка на прецизна подготовка на повърхността, която ще се наварява, правилен избор на метод, на материали, режими и техника на наваряване [7,9].

II. Изследване структурата и качеството на наварения метал с електроди ABRADUR54

1. Обект на изследване: са образци от стомана Ст15 (D11 по БДС EN ISO 14556) с размери: 64x10x10mm. По литературни данни [3], [4] и др., стоманата спада към групата на нисколегираните, които имат ниска якост и висока пластичност. Използват се за ненаотоварени детайли, а тънколистовата стомана е предназначена за щанцоване. Стоманите се използват без термично обработване. Произвеждат се във вид на пръти, тръби, ленти, листове и телове. Добре се заваряват и режат. От тях се изработват детайли с технологията навъглеродяване, които работят в условията на износване без високо натоварване - ексцентрикови валове, лостове, оси, втулки, шпиндели и др.



Фиг.1. Образец за наваряване

В таблица 1 е показан съответно, химичния състав на стоманата [3], [4].

Табл.1. Химически състав на основния материал

№	C	Mn	P	S
DD11	0.12	0.6	0.045	0.045

2. Закаляемостта на стоманата определяме по формулата:

$$C_{\text{екв}} = C, \% + \frac{Mn}{6}, \% + \frac{Cr + Mo + V}{5}, \% + \frac{Ni + Cu}{15}, \% [\%] (1)$$

След заместване на стойностите на химичните елементи във формула (1), за Секв. се получава стойност от 0,1÷0,15%.

3. РЕД наваряване.

За наваряване избираме електрод за наваряване на машинни елементи и детайли ABRADUR54.

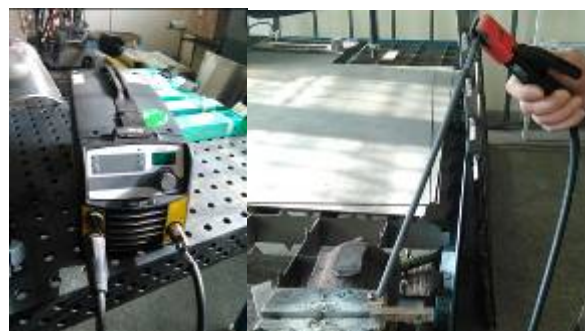
В табл.2 е показан типичен състав на наварен метал [2].

Табл.2. Химичен състав на наварен метал, %

Съдържание на химични елементи в %					Примерна твърдост, HRC
C	Si	Cr	Cr _{екв.}	Ni _{екв.}	
0,5	1,7	9,5	12,05	15	54

При наваряване се работи със заваръчен ток DC+, като преди употреба електродите се сушат (прокаляват) в продължение на един час при температура 350оС.

Външен вид на използваното оборудване е показан на фиг.2.



Фиг.2. Външен вид на опитната установка

Параметрите на режима са следните:

- Диаметър на електрода, de=3,25mm;
- Сила на тока, I=130A;
- Вид на тока, DC+;
- Скорост на наваряване, Vн=5,0 m/h;
- Заваръчна машина ESAB, тип ARC251i;

Подготовка на изделието и техника на наваряване.

Мястото на наваряване грижливо да се почисти, като наварения слой метал следва да се премахне механически. Острите ръбове следва да се закръглят, като при по-специални форми следва да се направи съответно легло за наварявания метал.

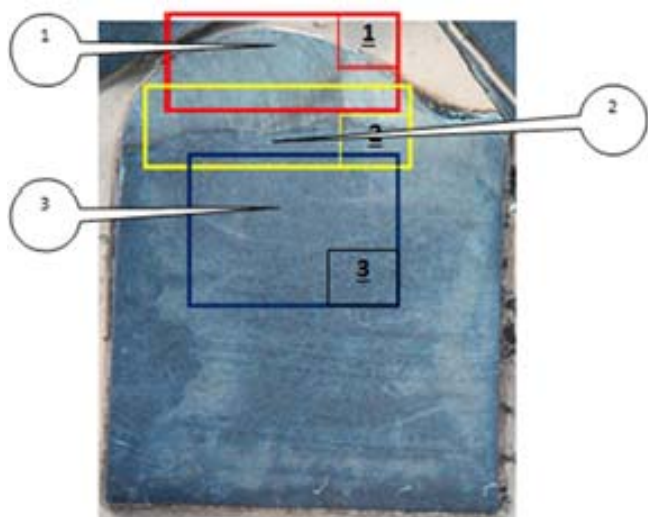
Техниката на ръчно електродъгово наваряване е подобна на техниката на заваряване. Работи се с минимална дължина на дъгата, с режим, осигуряващ малко проваряване. Всеки следващ шев следва да припокрива от 1/3 до 1/2 предния [5,9].

4. Металографски анализ.

На фиг.3 е показан макрошлиф на наварен образец от стомана DD11 с електрод за наваряване ABRADUR54.

На фиг.4, 5 и 6 са показани микрошлифове на отделните зони от навареното изделие, съгласно означенията показани на фиг.3.

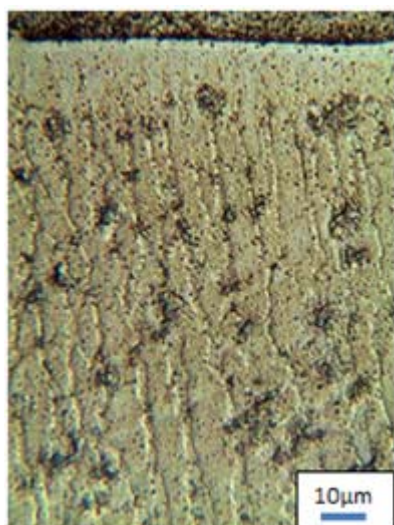
На фиг.7 е показано разпределението на микротвърдостите HV0,05, а на фиг.8 е показано графично разпределение на твърдостите в различните зони след наваряване.



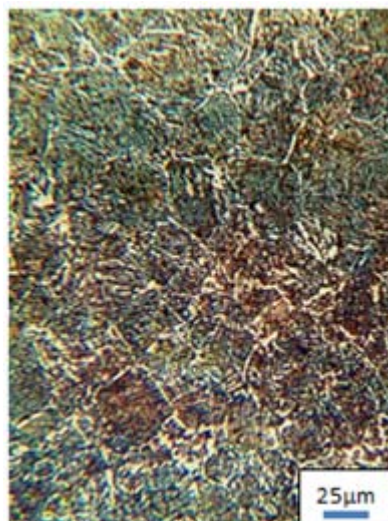
Фиг.3. Макрошлиф на наварен образец от стомана C15 с ABRADUR54:
1 -наварен метал; 2-граница на сплавяване;
3-основен метал



Фиг.4. Микрошлиф на наварен метал,
зона 1 x400



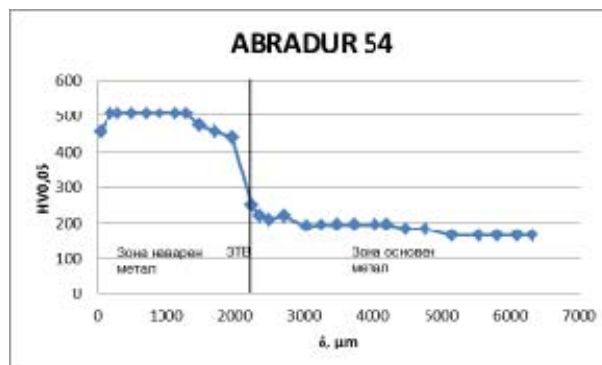
Фиг.5. Микрошлиф на граница на сплавяване,
зона 2 x400



Фиг.6. Микрошлиф на основен метал D11,
зона 3 x400



Фиг.7. Разпределение на микротвърдостите
HV0,05 след наваряване с електрод
ABRADUR54



Фиг.8. Разпределение на твърдостите в
изходния наварен образец

III. Изводи

От металографския анализ се вижда, че:

1. Наварения метал с ABRADUR54, така и в различните зони на съединението липсват макродефекти (пукнатини, непровари, подрези и др.).

2. Наблюдават се в отделни случаи макро пори, които имат епизодичен характер.

3. От микроструктурния анализ се вижда, че в наварените зони се наблюдават дендриди насочени към границата на сплавяване.

4. В навареният метал не се наблюдават закалъчни структури. Това се вижда от разпределението на твърдостите в различните зони на съединението (фиг.7) и (фиг.8) измерени след наваряване с електрод ABRADUR54.

5. Измерената твърдост в наварения метал вероятно се дължи на количеството въглерод в електродния метал (~0,5). Структурата е ферито- перлитна с известно количество карбидна фаза.

6. От фиг.4-6, се вижда, че избраният режим на наваряване е удачен.

7. В основния метал се наблюдава изцяло ферито- перлитна структура.

материали, Ръководство за лабораторни упражнения, ТУ-Варна, 2010, 60-76.

[7] Антонов Г., Радев Р., Оценка на остатъчните напрежения в заваръчни шевове, Механика на машините, ISSN 0861-9727, бр. 70, 2007 с. 38-42.

[8] Киров Р., Гюров В., Чиков Вл., Македонски Н., Електроенергийна ефективност при мощни промишлени потребители, Енергиен форум, сб. доклади, Варна, 2011, стр.276-282.

[9] Дичев П., Аргиров Я., Стоянова А., Златева П., Плазмено рязане на легирана машиностроителна стомана, Годишник ТУ-Варна, 2011, 207-210.

За контакти:

9010 Варна, ул. “Студентска”1
Технически университет –Варна,

Катедра: ТМММ
Ас. д-р инж. Анелия Стоянова
e-mail: tatuna10@abv.bg

Литература:

- [1] Бельчук Г.А., Мацкевич В.Д., Сварка судовых конструкций, Судостроение, Ленинград, 1971. _461с.
- [2] Проспект, ЕЛЕКТРОДИ –АД, ИХТИМАН, 2002÷2003, -68с.
- [3] Seyffart P., Meyer B., Scharff A., Grosser Atlas Schweis – ZTU – Schaubilder, Dusseldorf, 1992. _176р.
- [4] Б. Н. Арзамасова; Т. В. Соловьевой, Справочник по конструкционным материалам, МГТУ, Москва, 2005. 9с.
- [5]. Дичев Пл. Д., Люцканов Г.К., Аргиров Я.Б., Електродъгово заваряване на нисковъглеродна стомана с повишена якост, МТТ, №1, 38-42с.
- [6] Скулев Хр.,Атанасов Н., Киров С., Дичев Пл., Петров Пл., Аргиров Я., Технология на машиностро-ителните

СТРУКТУРНИ ИЗМЕНЕНИЯ ПРИ РЪЧНО- ЕЛЕКТРОДЪГОВО НАВАРЯВАНЕ С ЕЛЕКТРОДИ ABRADUR64

Татяна Мечкарова

Abstract: The subject of our research is study the structure and hardness obtained after manual arc welding layers ABRADUR64 on mild steel D11.

To obtain the desired results is tested welding machine company ESAB, elected regimes and work and electrode welding.

Key words: welding electrodes, steel samples

I. Въведение

Почти всички методи за заваряване могат да се използват и за наваряване, но все пак най-широко приложение е намерил ръчно електродъгово наваряване с дебелообмазани електроди [5,6].

Методът на наваряване определя коефициента на смесване на наварения с основния материал, който е съществена характеристика на наваряването.

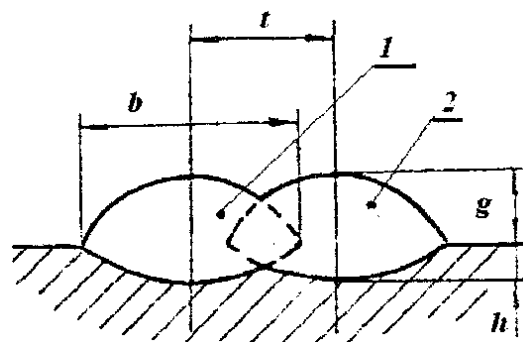
Наваряването се използва основно за възстановяване на износени машинни части, поправка на дефекти и за индустриално производство на нови биметални детайли.

Обикновено основна характеристика на материалите за наваряване е твърдостта, тя обаче, поради сложния химически състав и структура на наварения метал, създавани от разнообразните легиращи елементи, не отразява еднозначно устойчивостта срещу различните видове износване.

При наваряването се използват, наред с някои материали за заваряване, главно материали за наваряване, осигуряващи свойства изисквани предимно въз основа на условията на експлоатация, триене и вид на износване [1,7,8].

За получаване на по- гладка повърхност е необходимо отделните наварени слоеве да се застъпват, като стъпката се избира така, че всеки следващ слой да припокрива предния със стойност от $1/3$ до $1/2$ от неговата ширина.

Наваряването на плоскости се извършва в долно положение (наклон на наваряваната повърхност 10° - 12°), като след нанасянето на всеки слой шлаката се изчуква. За да се намалят деформациите е необходимо да се спазва такъв порядък на нанасяне на слоевете, че да се получи равномерно нагряване на плоскостта.



Фиг.1. Разположение на наварените слоеве:

1— първи слой; 2— втори слой;
b- ширина на шева; h- провар;
g- изпъкналост; t- стъпка

Ето защо предмет на нашите изследвания е изследване структурата и твърдостта получена след ръчно електродъгово наваряване на слоеве с ABRADUR64 върху нисковъглеродна стомана D11 [7,9].

II. Структурни изменения след наваряване с електроди ABRADUR64

5. Обект на изследване са образци от стомана D11 с размери: 64x10x10mm по БДС EN ISO 14556,[2] и [3].

Химичния състав на стоманата е показана в таблица 1 [5].

Таблица: 1 Химичен състав

Химичен състав,%			
C	Mn	P	S
0,12	0,6	0,045	0,045

За наваряване избираме дебелообмазан базичен електрод за възстановяване на детайли от конструкционни и ляти стомани, ABRADUR64 по БДС 5513-77.

В табл.2. е показан химическия състав на наварен метал.

Табл.2. Химичен състав на наварен метал, %

Химичен състав, %				
C	Cr	Nb	Сгекв.	Нiekв.
6,0	26,0	7,5	29,75	180

Ч
ист
навар

ен метал, с достатъчна за практиката точност се получава след нанасяне на третия слой и е с твърдост ~64HRC.

Външен вид на използваното оборудване е показан на фиг.2. Параметрите на режима са следните:

- Диаметър на електрода, $d_e=3,25\text{mm}$;
- Сила на тока, $I=140\div 180\text{A}$;
- Вид на тока, DC+;
- Скорост на наваряване, $V_n=5,0\text{ m/h}$;
- Заваръчна машина ESAB, тип ARC251i.



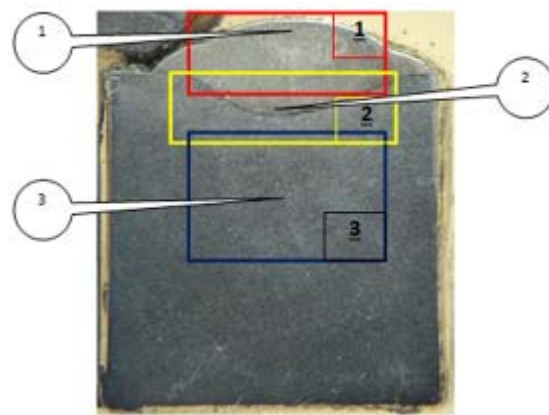
Фиг.2. Заваръчна машина на ESAB

Изследването на микроструктурата се извършва на металографски микроскоп. Металографският микроскоп работи на принципа на отразената светлина. Различните фази върху металната повърхност се различават с различен релеф. Така отразената светлина от пробата попада в окуляра е с различен интензитет поради избиращото разсейване от различните фази (фиг.3).



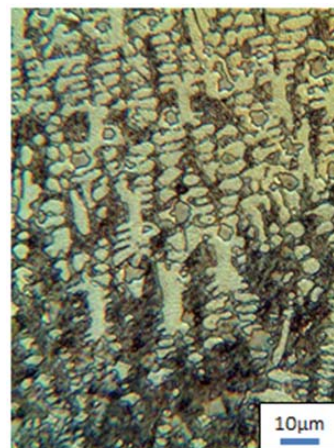
Фиг.3. Металографски микроскоп

На фиг.4 е показан макрошлиф на наварен образец от стомана D11 с електрод за наваряване ABRADUR64.



Фиг.4. Макрошлиф на наварен образец от D11 с ABRADUR64: 1-наварен метал; 2-граница на сплавяване; 3-основен метал

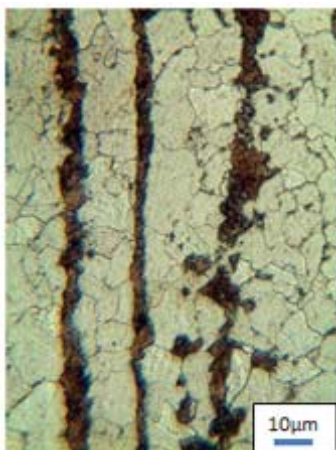
На фиг.5, 6 и 7 са показани структурите на различните зони от наварения образец с електрод ABRADUR64, съгласно фиг.4.



Фиг.5. Микрошлиф на наварен метал x400

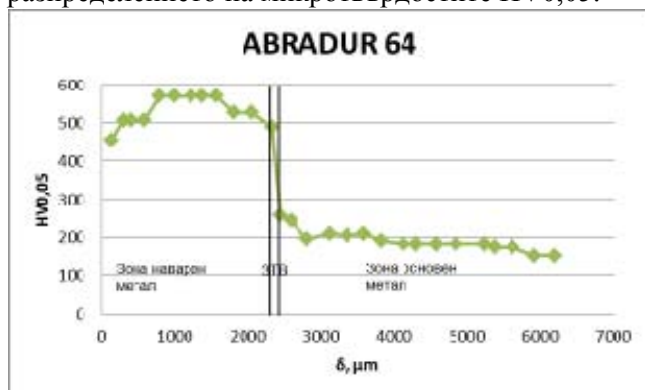


Фиг.6. Микрошлиф на граница на сплавяване x400



Фиг.7. Микрошлиф на основен метал
x400

На фиг.8 е показано графично разпределение на твърдостите в различните зони след наваряване, а на фиг.9 е показано разпределението на микротвърдостите HV0,05.



Фиг.8. Разпределение на твърдостите в образец след наваряване



Фиг.9. Разпределение на микротвърдостите HV0,05 след наваряване с електрод ABRADUR64

III. Изводи

От металографския анализ се вижда, че:

1. В макрообразеца съществуват пори, имащи случаен характер. Дефекти от друг вид отсъстват. На границата на сплавяване, в ЗТВ и в наварения метал липсват пукнатини, неметални включения, подрези и други.

2. Структурата на наварения образец се характеризира с три зони: Зона на наварен метал; Зона на термично влияние и Зона на основния метал.

3. В зоната на наварения метал има силно изразена дендридна структура. Легирания електроден метал води до уякчаване на наварената повърхност. Наблюдава се по границата между дендридите отделяне на значително количество карбидна фаза.

4. В ЗТВ се наблюдава издребнена ферито – перлитна структура, която е характерна и за основния метал.

Литература:

- [1] Бельчук Г.А., Мацкевич В.Д., Сварка судовых конструкций, Судостроение, Ленинград, 1971. _461с.
- [2] Проспект, ЕЛЕКТРОДИ –АД, ИХТИМАН, 2002÷2003, -68с.
- [3] Seyffart P., Meyer B., Scharff A., Grosser Atlas Schweis – ZTU – Schaubilder, Dusseldorf, 1992. _176p.
- [4] Б. Н. Арзамасова; Т. В. Соловьевой, Справочник по конструкционным материалам, МГТУ, Москва, 2005. 9с.
- [5]. Дичев Пл. Д., Люцканов Г.К., Аргиров Я.Б., Електродъгово заваряване на нисковъглеродна стомана с повишена якост, МТТ, №1, 38-42с.
- [6] Скулев Хр.,Атанасов Н., Киров С., Дичев Пл., Петров Пл., Аргиров Я., Технология на машиностроителните материали, Ръководство за лабораторни упражнения, ТУ-Варна, 2010, 60-76.
- [7] Антонов Г., Радев Р., Оценка на остатъчните напрежения в заваръчни шевове, Механика на машините, ISSN 0861-9727, бр. 70, 2007 с. 38-42.

- [8] Киров Р., Гюров В., Чиков Вл.,
Македонски Н., Електроенергийна
ефективност при мощни
промишлени потребители, Енергиен
форум, сб. доклади, Варна, 2011,
стр.276-282.
- [9] Дичев П., Аргиров Я., Стоянова А.,
Златева П., Плазмено рязане на
легирана машиностроителна
стомана, Годишник ТУ-Варна, 2011,
207-210.

За контакти:

9010 Варна, ул. “Студентска”1
Технически университет –Варна,

Катедра: МТМ
Ас. д-р инж. Татяна Мечкарова
e-mail: tatqna13@abv.bg

ИЗСЛЕДВАНЕ СТРУКТУРАТА НА НАВАРЕНИ СЛОЕВЕ С ABRADUR66 НА НИСКОВЪГЛЕРОДНА СТОМАНА

Татяна Мечкарова

Abstract: The subject of our research is study the structure and hardness obtained after manual arc welding layers ABRADUR66 on mild steel D11.

To obtain the desired results is tested welding machine company ESAB, elected regimes and work and electrode welding.

Key words: welding electrodes, steel samples

I. Въведение

Почти всички методи за заваряване могат да се Като технологичен процес наваряването на металите е разновидност на заваряването. Същността на метода се състои в нанасяне на слоеве стопен метал върху загрята до стопяване повърхност, с цел да се увеличи размерът на изделието или да се създаде нова повърхност с други свойства. При наваряването е необходимо да се създаде метална връзка между основния и наварения метал.

Наваряването се осъществява с различните методи на заваряване чрез стопяване. Най-често прилаганите начини на наваряване са: ръчно електродъгово, електродъгово под слой от флюс, електродъгово в защитна газова среда, електрошлаково и наваряване с плазма.

Използва се за нанасянето на различни метали и сплави върху повърхнините на детайлите, с оглед повишаваното на експлоатационните им качества. Нанасят се метали и сплави, притежаващи висока твърдост, износоустойчивост, корозионна устойчивост. Наваряването може да се извърши при горене на дъгата между електрода и заготовката.

Идеята на настоящата работа е определяне на възможностите за прилагане на методите на ръчно електродъгово наваряване на нисковъглеродна стомана.

Предмет на нашите изследвания е изследване структурата и твърдостта получена след ръчно електродъгово наваряване на слоеве с ABRADUR66 върху нисковъглеродна стомана D11 [7,9].

II. Изследване структурата на наварен метал с електроди ABRADUR66

Наваряването се осъществява върху основен метал, D11.

В табл.1 са показани съответно, химическият състав на стоманата (БДС EN 10025 - 93).

Табл.1.Химичен състав на стомана D11, %

№	C	Mn	P	S
DD11	0,12	0,6	0,045	0,045

За наваряване избираме електрод ABRADUR66 предназначен за наваряване на машинни елементи и детайли от конструкционни и ляти стомани [2]. Навареният метал може да се обработва с металорежещи инструменти чрез снемане на стружка. Препоръчва се предварително подгриване на основния метал (наварено изделие от 100 до 300°C в зависимост от вида на основния метал, вида топлоотдаване и други фактори характеризиращи конкретния случай).

Типични детайли за наваряване са, детайли подложени на износване и триене, предимно метал с метал, съчетано и с евентуално ударно натоварване: валове, зъбни колела, ходови части, релси, кръстовини, железопътни стрелки и др. Електродът е особено подходящ за наваряване на компоненти на ходовата част на гъсенични машини (шайби, тракови и опорни ролки, звена и работните пътечки на верижните звена).

В табл.2 е показан типичен химичен състав на наварения метал [2].

Табл.2. Химичен състав на наварен метал, %

C	Cr	Nb	Mo	W	V	Cr _{екв}	Ni _{екв}	Твърдост HRC
6,0	22,0	6,0	6,0	2,0	1,0	31	180	66

Чист наварен метал с достатъчна за практиката точност се появява след нанасяне на третия слой.

При наваряване се работи с ток DC+, като преди употреба електродите се сушат един час при температура от 350°C.

Наваряването се извършва при следните условия:

- Дебелина на основния метал, $\delta=8,0\text{mm}$;
- Диаметър на електрода, $d_e=3,25\text{mm}$;
- Сила на тока, $I=140\div 180\text{A}$;
- Вид на тока, DC+;
- Скорост на наваряване, $V_n=5,0\text{ m/h}$;
- Заваръчен апарат тип Arc 251i, ESAB.

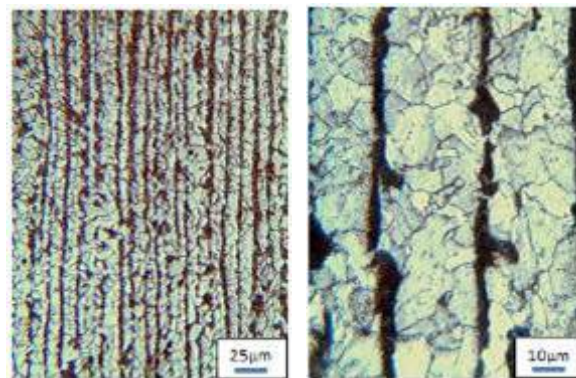
Ръчно електродъговото наваряване се извършва със заваръчен апарат тип Arc 251i, ESAB. Външен вид на използваното оборудване е показан на фиг.1.



Фиг.1 Външен вид на опитната установка

Системата за наваряване е напълно автоматизирана и дава възможност за обработване както на плоски, така и на ротационни детайли.

На фиг.2. са представени фотографии на микроструктурата на напречните сечения на изходните проби, наблюдавани с оптичен микроскоп. От проведения статистически металографски анализ е установено, че преди наваряването поликристалната структура на стомана D11 съдържа главно феритни зърна, между които са разположени малки количества цементит и перлит.

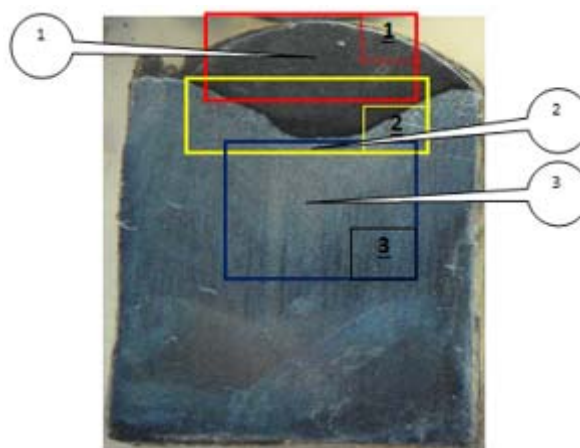


а)

б)

Фиг.2. Микроструктура на напречните сечения на изходния материал преди наваряване:
а) x100; б) x400

На фиг.3 е показан макрошлиф на наварен образец с електрод за наваряване ABRADUR66, със зони 1, 2 и 3 характерни за този вид обработка.



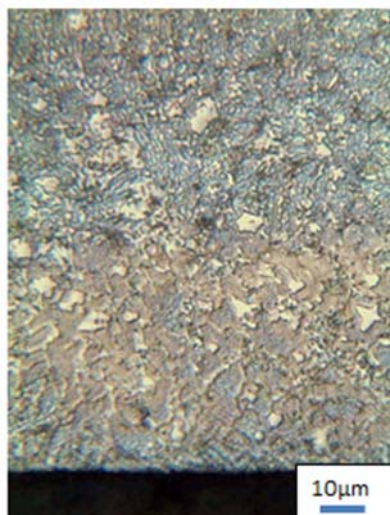
Фиг.3. Макрошлиф на наварен образец от стомана D11 с ABRADUR66:

1-наварен метал; 2-граница на сплавяване;
3-основен метал.

На фиг.4, 5 и 6 са показани микроструктури от различните зони на наварения и основен метал.

На фиг.7 са показани местата на измерените твърдости и техните стойности (HV0,05).

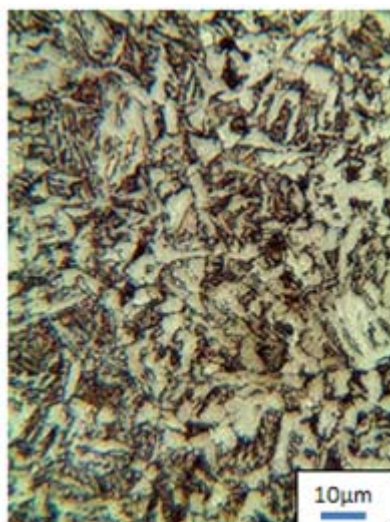
На фиг.8 е показано графично разпределението на твърдостите след наваряване с електрод ABRADUR66.



Фиг.4 Микрошлиф на наварен слой, зона 1 x400



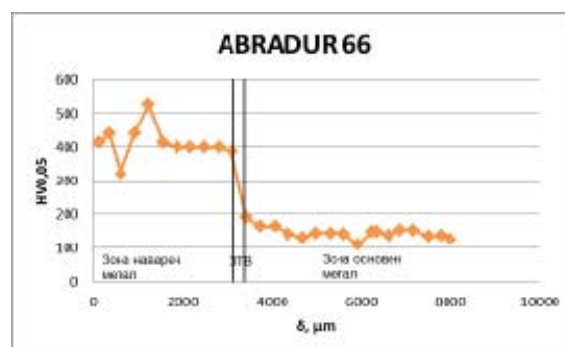
Фиг.5 Микрошлиф на граница на сплавяване, зона 2 x400



Фиг.6 Микрошлиф на основен метал D11, зона 3 x400



Фиг.7. Макрошлиф: зони на измерени твърдости HV0,05 след наваряване



Фиг.8 Разпределение на твърдостите HV0,05 след наваряване.

III. Изводи

От металографския анализ можем да направим следните изводи:

1. На макрошлифовете се наблюдават епизодични дефекти (основно газови пори-единични случаи). Липсват макро дефекти от вида на пукнатини, подрези, шлакови включвания, непровари и др.

2. Макроструктурата се характеризира с три вида зони. Наварен метал, зона на сплавяване и основен метал.

3. В различните зони микроструктурния анализ показва, че в най горните слоеве на наварения метал се наблюдава нехомогенен иглест мартензит и остатъчен аустенит. Към границата на сплавяване, структурата преминава в остатъчен аустенит и троостит.

4. За това свидетелства и нарастването на HV0,05 след наваряването с този вид

електрод (фиг.7). Характерно за образуването на карбидната фаза е, че тя приоритетно се разполага на границата между дендритните кристали.

За контакти:

Литература:

- [1] Бельчук Г.А., Мацкевич В.Д., Сварка судовых конструкций, Судостроение, Ленинград, 1971. _461с.
- [2] Проспект, ЕЛЕКТРОДИ –АД, ИХТИМАН, 2002÷2003, -68с.
- [3] Seyffart P., Meyer B., Scharff A., Grosser Atlas Schweis – ZTU – Schaubilder, Dusseldorf, 1992. _176р.
- [4] Б. Н. Арзамасова; Т. В. Соловьевой, Справочник по конструкционным материалам, МГТУ, Москва, 2005. 9с.
- [5]. Дичев Пл. Д., Люцканов Г.К., Аргиров Я.Б., Електродьгово заваряване на нисковъглеродна стомана с повишена якост, МТТ, №1, 38-42с.
- [6] Скулев Хр.,Атанасов Н., Киров С., Дичев Пл., Петров Пл., Аргиров Я., Технология на машиностро-ителните материали, Ръководство за лабораторни упражнения, ТУ-Варна, 2010, 60-76.
- [7] Антонов Г., Радев Р., Оценка на остатъчните напрежения в заваръчни шевове, Механика на машините, ISSN 0861-9727, бр. 70, 2007 с. 38-42.
- [8] Киров Р., Гюров В., Чиков Вл., Македонски Н., Електроенергийна ефективност при мощни промишлени потребители, Енергиен форум, сб. доклади, Варна, 2011, стр.276-282.
- [9] Дичев П., Аргиров Я., Стоянова А., Златева П., Плазмено рязане на легирана машиностроителна стомана, Годишник ТУ-Варна, 2011, 207-210.

9010 Варна, ул. “Студентска”1
Технически университет –Варна,

Катедра: МТМ
Ас. д-р инж. Татяна Мечкарова
e-mail: tatqna13@abv.bg

ОПРЕДЕЛЯНЕ НА СТРУКТУРНИТЕ ПРОМЕНИ В НАВАРЕНИ СЛОЕВЕ С ABRADUR58 СЛЕД РЪЧНО ЕЛЕКТРОДЪГОВО НАВАРЯВАНЕ

Анелия Стоянова

Abstract: Subject of these studies is to determine the structure and quality of the surface after manual arc welding electrodes for welding ABRADUR58 and measuring the hardness after that treatment.

Based on the studies were selected welding modes and methods for determining construction changes in the layers.

Were measured hardness in the three zones of the specimen after welding.

Key words: welding electrodes, steel samples

I. Въведение

Възстановяването на детайлите е съставна част от общия технологичен процес за ремонт на машините и механизмите.

Неговата цел е чрез комплекс от технологични въздействия върху дефектните детайли да се възстанови напълно или частично техният ресурс и на тази основа да се удължи общият им срок на служба.

В процеса на комплектоване на съединенията и механизмите при различни видове ремонтно обслужващи въздействия, възстановяването на детайлите е алтернатива на използването на нови резервни части и на детайли с остатъчен ресурс [2,8,9].

В конкретните ситуации, за да постигне преследваната цел възстановяването на детайлите е необходимо да изпълнят едновременно или поотделно три основни задачи: възстановяване целостта на детайлите; възстановяване на техните свойства и възстановяване на размерите и геометричната им форма.

Комплексният технологичен процес за възстановяване на детайлите се различава значително от този при тяхното произвеждане, въпреки наличието на голямо сходство. Основните причини, които пораждават това различие са [1,5,6]:

✓ необходимостта чрез подходящи методи и процеси да се компенсират промените, които са настъпили в резултат на експлоатацията на машините в параметрите на детайлите (износване, промени на геометричната форма, структурата, твърдостта и т.н.) и възстановяваният детайл да достигне нивото на пълноценна заготовка за окончателна обработка на работните му повърхности;

✓ нуждата да се предпазят от топлинни и други нежелателни въздействия значителна част от повърхностите на детайлите, чиито параметри не са се променили значимо в процеса на експлоатацията им;

✓ не се нуждаят от възстановяване;

✓ изискванията за високо качество и ниска себестойност често налагат един и същ дефект да се отстранява с различни основни методи в зависимост от наличните други дефекти върху реалния детайл.

В страните с развита пазарна икономика се отделя голямо внимание на възстановяването на детайлите [7,9].

В тях наред с малките и средните фирми, занимаващи се с възстановяване на детайли, съществуват и мощни фирми, занимаващи се изключително с произвеждане на съоръжения и материали за прилагане на различни процеси за възстановяване на детайли и за нанасяне на превантивни покрития. Производствени звена на тези фирми изпълняват непосредствено и възстановителни операции върху крупни и уникални детайли и съоръжения в енергетиката, металургията, химическата промишленост и др.

II. Определяне на структурните промени в наварени слоеве с ABRADUR58

1. Обект на изследване.

Ръчно-електродъговото наваряване се осъществява върху образци от стомана марка Ст15 (D11 по БДС EN ISO 14556) с размери: 64x10x10mm. По литературни данни [3], [4] и др., стоманата спада към групата на нисколегираните, които имат ниска якост и висока пластичност. Използват се за ненатоварени детайли, а тънколистовата стомана е предназначена за щанцоване. Стоманите се използват без термично

обработване. Произвеждат се във вид на пръти, тръби, ленти, листове и телове. Добре се заваряват и режат. От тях се изработват детайли с технологията навъглеродяване, които работят в условията на износване без високо натоварване - ексцентрикови валове, лостове, оси, втулки, шпиндели и др.



Фиг.1. Образец за наваряване.

В табл.1 е показан съответно, химическият състав на стоманата (БДС EN 10025 - 93).

Табл.1.Химичен състав на основния метал, %

Стомана	C	Mn	P	S
Ст15	0,12	0,6	0,045	0,045

2. Избор на електроди и наваряване.

За наваряване избираме електрод за наваряване (ABRADUR58; БДС 5513-77)[2].

Навареният метал има добра износоустойчивост и устойчивост на ударно натоварване. Обработка чрез стружкоотнемане е възможна с помощта на твърдосплавни пластини. Препоръчително е предварително подгряване на основния метал (детайла за наваряване) от 100 – 300°C, в зависимост от вида на основния метал, вида топлоотдаване и други фактори, характеризиращи отделния случай.

Типични детайли за възстановяване, са детайли подложени на износване чрез триене, предимно метал с метал, съчетани и с евентуално ударно натоварване: валове, износени багерни части, венци на зъбни колела, ходови части, ударни инструменти, релси, железопътни стрелки и др. [2].

В табл.2 е показан типичен химичен състав на наварен метал [2].

Табл.2. Химичен състав на наварен метал, %

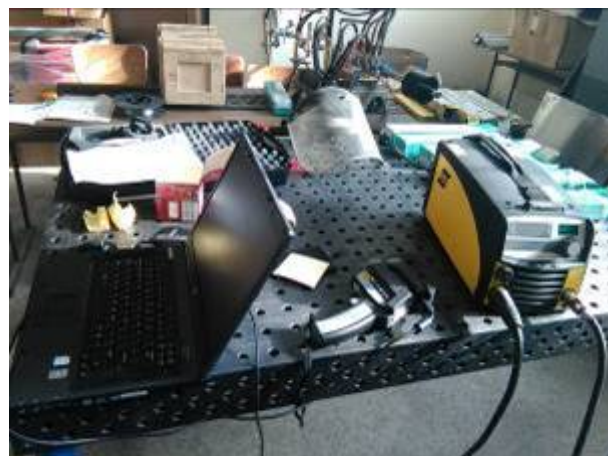
C	Cr	Cr _{екв.}	Ni _{екв.}
3,2	32,0	32,0	3,2

Чист наварен метал с достатъчна за практиката точност се появява след нанасяне на третия слой.

Твърдостта след наваряване е в границите: 58 HRC. При наваряване се работи с ток DC+, като преди употреба електродите се сушат един час при температура от 350°C.

Наваряването се извършва при следните условия:

- Дебелина на основния метал, $\delta=10\text{mm}$;
- Диаметър на електрода, $d_e=2,50\text{mm}$;
- Сила на тока, $I=100\text{A}$;
- Вид на тока, DC+;
- Скорост на наваряване, $V_n=5,0\text{ m/h}$;
- Заваръчна машина ESAB, тип ARC251i.



Фиг.2. Външен вид на опитната установка

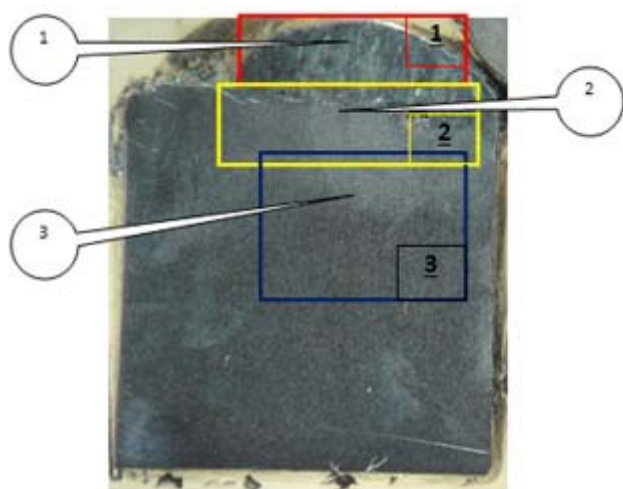
Системата за ръчно електродъгово наваряване е напълно автоматизирана и дава възможност за обработване както на плоски, така и на ротационни детайли и лесно да се коригират режимите и на работа.

3. Металографски анализ.

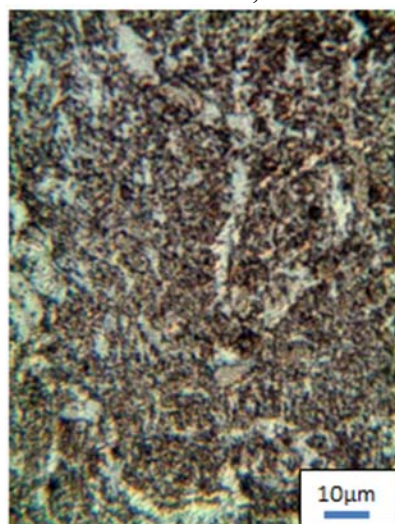
На фиг.3 е показан макрошлиф на наварен образец с електрод за наваряване ABRADUR58, със зони 1, 2 и 3.

На фиг.4, 5 и 6 са показани съответно микроструктури от различните зони на наварения и основния метал.

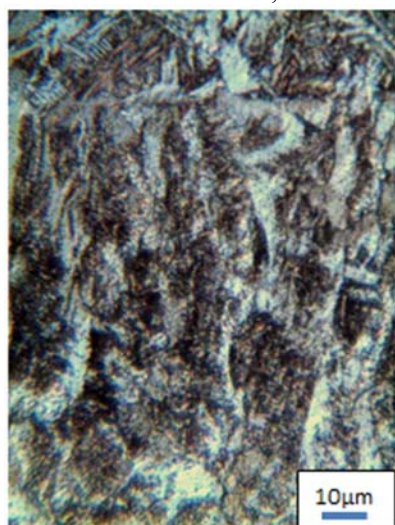
На фиг.7 са показани местата на измерените твърдости и техните стойности (HV0,05).



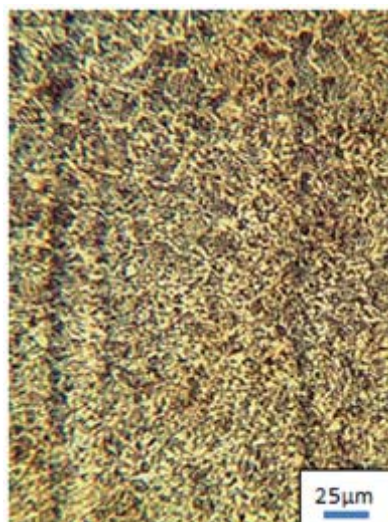
Фиг.3. Микрошлиф на образец от С15 наварен с ABRADUR58: наварен слой, зона 1 x400; граница на сплавяване, зона 2 x400 и основен метал С15, зона 3 x400.



Фиг.4. Микроструктура на наварен слой, зона 1 x400;



Фиг.5. Микроструктура на граница на сплавяване, зона 2 x400

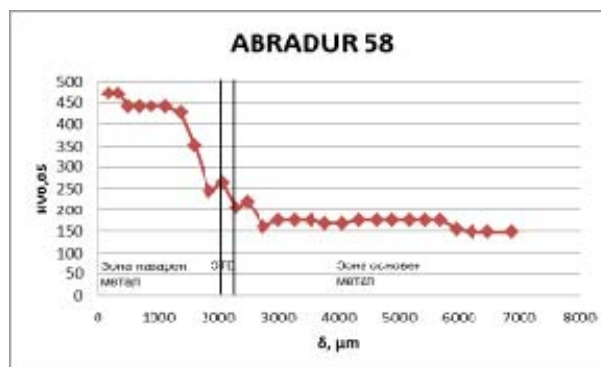


Фиг.6. Микроструктура на основен метал С15, зона 3 x400



Фиг.7. Разпределение на микротвърдостите HV0,05 в изходния образец след наваряване с електрод ABRADUR58

На фиг.8 е показано графично разпределението на твърдостите след наваряване.



Фиг.8 Разпределение на твърдостите HV0,05 след наваряване

От металографския анализ се вижда че:

Навареният метал е добре формиран. В съединението липсват макро дефекти (пори, подрези, пукнатини, различни по вид включвания и др.).

Металографският анализ показва наличието на ясно изразени три зони: зона наварен метал, зона а сплавяване и основен метал.

В зоната на наварения метал се наблюдава силно изразена дендридна структура. В резултат на легирането на метала на шева с легиращи елементи от електрода се получава уякчен наварен метал, с твърдост HV0,05 от 430÷500. В резултат на повишеното съдържание на С и Сг, се получават карбидни включвания, ясно изразени в зоните, по границите на дендридите.

III. Изводи

Определени са режимите за ръчно-електродъгово наваряване и е извършено наваряване на стомана C15 с електроди ABRADUR58;

2. Извършен е металографски анализ на образците от стомана C15, наварени с електрод ABRADUR58 и са определени структурните превръщания в навареното изделие, измерени са твърдостите по установените методики.

3. При избраните режими на наваряване и след направения визуален контрол шева е плътен и гладък, както и липсват макро и микро дефекти, пори и неметални включвания.

Литература:

- [1] Бельчук Г.А., Мацкевич В.Д., Сварка судовых конструкций, Судостроение, Ленинград, 1971. _461с.
- [2] Проспект, ЕЛЕКТРОДИ –АД, ИХТИМАН, 2002÷2003, -68с.
- [3] Seyffart P., Meyer B., Scharff A., Grosser Atlas Schweis – ZTU – Schaubilder, Dusseldorf, 1992. _176p.
- [4] Б. Н. Арзамасова; Т. В. Соловьевой, Справочник по конструкционным материалам, МГТУ, Москва, 2005. 9с.
- [5]. Дичев Пл. Д., Люцканов Г.К., Аргиров Я.Б., Електродъгово заваряване на нисковъглеродна стомана с повишена якост, МТТ, №1, 38-42с.

- [6] Скулев Хр.,Атанасов Н., Киров С., Дичев Пл., Петров Пл., Аргиров Я., Технология на машиностроителните материали, Ръководство за лабораторни упражнения, ТУ-Варна, 2010, 60-76.
- [7] Антонов Г., Радев Р., Оценка на остатъчните напрежения в заваръчни шевове, Механика на машините, ISSN 0861-9727, бр. 70, 2007 с. 38-42.
- [8] Киров Р., Гюров В., Чиков Вл., Македонски Н., Електроенергийна ефективност при мощни промишлени потребители, Енергиен форум, сб. доклади, Варна, 2011, стр.276-282.
- [9] Дичев П., Аргиров Я., Стоянова А., Златева П., Плазмено рязане на легирана машиностроителна стомана, Годишник ТУ-Варна, 2011, 207-210.

За контакти:

9010 Варна, ул. “Студентска”1
Технически университет –Варна,

Катедра: TMMM
Ас. д-р инж. Анелия Стоянова
e-mail: tatuna10@abv.bg

ИЗСЛЕДВАНЕ НА МЕТАЛОГРАФСКОТО СЪДЪРЖАНИЕ НА БРОНЗОВИ КАНДЕЛАБРИ ОТ КРАЯ НА VI - НАЧАЛОТО НА VII ВЕК

Диана Петрова

Abstract: *In the present study will be presented studies of candelabra from two different regions - the Danube and the Black Sea. In the metallographic analyzes made, a comparison of their chemical composition will be made. Conclusions will be made on the chemical composition used in VI - VII c. Studies were made destructive device "Bruker S1 Sorter". The purpose of the study at this stage is mainly a collection database.*

Key words: *Candelabra, Danube and Black Sea, metallographic analyzes, chemical composition, copper, lead, zinc*

I. Въведение

В настоящата разработка, ще бъдат представени изследвания на канделабри, от два различни региона – крайдунавския и черноморския. В направените металографски анализи ще се направи съпоставка на химичния им състав. Ще се направят изводи за използвания химичен състав през VI - VII в.

Първия канделабър (фиг.1.1) е открит в Археологическият обект „Късноантична крепост на нос Свети Атанас“, който се намира на 50 км южно от Варна и на около 3 км южно от Бяла.



Фиг.1.1 Бронзов канделабър от „Късноантична крепост на нос Свети Атанас“

Обектът е многослоен – има материали от няколко исторически периода, но основните са: ранен – Тракийски култов център (фиг.1.2) от периода V–I в. пр. Хр. и късен / последен – Късноантична крепост от IV–VII век пр. Хр.



Фиг.1.2 Карта на тракийски култов център

Втория район е крайдунавския - древния Дуросторум (фиг.1.3). Намерените там канделабри са част от сборна находка на раннохристиянска църковна утвар.



Фиг.1.3 Крепостта Дуросторум

II. Bruker S1 Sorter

Анализите са направени с преносим спектрометър „Bruker S1 Sorter“ - специализиран за определяне елементното съдържание на метални сплави. Представлява портативен анализатор с рентгенова тръба.



Фиг.1.4 Металоанализатор „Bruker S1 Sorter“

Получения химичен състав на раннохристиянските църковни канделабъра от древния Дуросторум и канделабъра от късноантична крепост на нос Свети Атанас са посочени в табл. 1.1.

Табл.1.1 Химичен състав на канделабрите.

N°	Иск.	Материал	Cu	Zn	Sn	Ni	Fe	Co	Mn	Mo	Sr	Ba	La	Yt	Other
1	10-1018	Силика	87.6	3.89	2.26	0.08	0.51	0.05	7.97						CD4712-Si Bz CD4712-Ps BaBa
			79.9	9.2	1.81	0.59	0.48		7.22						
			69.1	18.7	1.81	0.51	0.52		8.29						
2	10-1017	Силика	77.9	1.82	18.7	0.23	0.16	0.08	0.01	0.04					CS7010-Si Bz CS7010-Si FeBa
			78.1	10.7	4.86		0.81		1.04						
			82.0	1.86	11.7		0.54								
3	10-1019	Силика	77.0	2.3	18.9		0.08		1.1						CS7010-Si Bz (CD4712) CS7010-Si Bz (CD4712) CS7010-Si Bz (CD4712)
			77.1	3.22	19.6				1.04						
			76.2	3.58	19.2				1.08						
4	11-1108	Силика	81.3	4.18	8.81		0.62		4.01						CS4401-Si FeBa CS4401-Si FeBa CS4401-Si FeBa
			81.7	4.7	8.40		0.62		3.54						
			81.6	4.26	8.81	0.19	0.75		4.37						
5	Без	Силика	81.4	18.1	14.7		0.3		2.54						
			75.3	21.45			0.28		2.8	0.03					
			69.8	9.3					0.07	1.48					

III. Изводи

1. Направените металографски анализи на канделабри, от древния Дуросторум и късноантична крепост на нос Свети Атанас от периода VI-VII в., дават възможност за сравнителен анализ на използваните метали и метални сплави с други подобни през посочения период.

2. Получените резултати и направения сравнителен анализ, ще помогне за възстановяване на технологията за производство на канделабри (и други артефакти) от този период.

3. От така получения химичен състав, и въпреки отдалечеността на районите, може да се направи извода, че използваното съотношение на процентно съдържание на металите, през VI - VII в., не се различава драстично.

4. Резултатите са предпоставка за създаване на база данни от техники и технологии свързани с металообработването по земите на България.

Литература:

- [1]. В. Йотов, А. Минчев. Късноантична крепост на нос св. Атанас. София, 2013, с. 15-21.
- [2]. Р. Георгиева. Обредни ями в Тракия (краят на II-I хил. пр.н.е.). – Археология, 1, 1991, с. 1-11.
- [3]. А. Минчев. Известия на народния музей Варна XL (LV) 2004, Варна 2006. Приноси към тракийското златарство
- [4]. А. Минчев. Известия на народния музей Варна XLII (LVII) 2007, Варна 2009. Приноси към тракийското златарство.
- [5]. А. Минчев. Тракийските златари от античното селище край Бяла.
- [6]. А. М. Петриченко. Искуство литья, Москва, 1975.
- [7]. А. Минчев. Нови данни за бронзолеярството в североизточна Тракия през V – I в. пр. Хр.
- [8]. Ан. Чолакова. Металургични производства в ранната история на Никополис ад Иструм.

За контакти:

9010 Варна, ул. “Студентска”1
Технически университет –Варна,

Катедра: TMMM
инж. Диана Петрова Петрова
e-mail: dpetrova1976@abv.bg

ШИРОКООБХВАТНИТЕ ОПТИЧНИ МРЕЖИ - ОСНОВА ЗА ИНТЕГРИРАНА СВЪРЗАНОСТ ПРИ ИНТЕЛИГЕНТНИ ЕНЕРГИЙНИ МРЕЖИ

WIDE AREA OPTICAL NETWORKS FOR INTEGRATED SMART GRIDS

Розалина Димова

Abstract : *The paper presents communication technology application in power grids. The concept of Smart Grid is based on the development of strategies for operation, monitoring, control and market integration, enabled by communication infrastructure. Analysis of an efficiency, productivity and QoS of wide area optical networks as a future base for integrated energy systems that ensures data exchange according to the specific requirements of the different applications was made. The paper aims at identification of the requirements and investigation of potential communication technologies and evaluation of PON technologies as telecommunication infrastructure for Smart Grid.*

Key words: *Smart Grid, wide area optical network, energy systems.*

I. ВЪВЕДЕНИЕ

Широкообхватните оптични интелигентни енергийни мрежи са решение на предизвикателствата и възможностите пред енергийния сектор. Те предопределят преминаването към интегриране на информационните и комуникационни технологии (ICT) с електроенергийните мрежи, концептуално обобщени в термина Smart Grid (SG). Еволюционният преход към SG изисква дефиниция на нови архитектурни модели и функционалности, обект на проучване от органите за стандартизация.

Електроенергийният сектор достига дял от 68% на емисиите от парникови газове в глобален мащаб през 2010г., като 82% от консумираната електрическа енергия е произведена от изкопаеми горива [1,7]. Съгласно протокола от Киото, в допълнение на Рамковата конвенция на ООН за изменението на климата, Европейският съюз (ЕС) е задължен да намали значително емисиите от парникови газове, с цел предотвратяване на климатични промени. Инициативи като „Енергия 20-20-20“ на страните членки на ЕС стимулират повишаване темпа на внедряване на ДВЕИ в последните години и предопределят все по-голямата зависимост на електроенергийните системи от производството на възобновяема енергия (ВЕ).

Разработените принципи на концепцията за интелигентни електроенергийни мрежи SG

не се разглеждат като нещо завършено и нормативно фиксирано. Те интегрират множество независими и важни научни и технологични направления. Това обяснява мащаба и сложността на проблема, свързан с използването на комуникационни технологии с цел повсеместна достъпност и възможности за създаване на широки технологични платформи с висока степен на интегриране на мрежови приложения.

Възможностите, стоящи пред IP-базираните широкообхватни комуникационни мрежи при SG са свързани с наблюдението в реално време на електроенергийните системи и осигуряването на по-ефективно потребление на енергийни ресурси. Заложените изисквания, приети при разработването и развитието на концепцията за интелигентна няколко:

- Концепцията за Smart Grid засяга елементите: генериране, пренос и разпространение, продажби и управление на енергийните системи.
- Използване на комуникационна инфраструктура, базирана на Интернет, предназначена за създаване на среда за информационни, икономически и финансови отношения между субектите на енергийния пазар и други заинтересовани страни.
- Дългосрочно преустройство на електроенергийната индустрия, насочено към развитие на съществуващи и създаване на нови функционални характеристиките на енергийната система и нейните елементи.

Методологията за разработване на концепцията за Smart Grid се основава на тенденции, като основният елемент е определянето на стратегическа визия за развитието и. Тя е система от възгледи за бъдещата електроенергийна индустрия, включително принципите на изграждане, ключови изисквания и функционални свойства, показана на фиг.1.



Фиг. 1. Структура на концепцията Smart Grid

Тази система от възгледи поставя една от основните задачи, която стои пред модернизацията на електроенергийните мрежи – избор на комуникационни технологии за осигуряване на процесите по поддържане на стабилността на електроенергийните системи и внедряване на автоматизирани механизми за балансиране на производството и потреблението на електрическа енергия.

Възможностите за автоматизирана координация в реално време между производство и потребление, които предоставят телекомуникационните мрежи, позволяват намаляване на коефициента на максимума на върховите товари и понижаване на разходите за електрическа енергия на консуматорите чрез динамично ценообразуване и др.[2].

Широкообхватните системи за наблюдение и контрол позволяват преминаване към централизирано управление на цялата електроенергийна система. Възможностите за автоматизирано откриване и локализиране на повреди, взимане на решения и самовъзстановяване в рамките на няколко милисекунди, води до повишаване на надеждността на съоръженията и съответно на доставките, както и на показателите за качество на електрическата енергия в системата.

II. ТЕХНОЛОГИЧНА ОСНОВА

Технологичната база за SG се осъществява чрез интегрирани комуникации. Една от основните задачи е избора на комуникационни технологии за пренос, сред които широкообхватните оптични мрежи гарантират високо качество при осигуряване на процесите по поддържане на стабилността на електроенергийните системи и.

Широкообхватните оптични мрежи са ключова комуникационна технология, основа за развитието на модерна енергийна система, базирана на концепцията за Smart Grid. Те гарантират изискванията за качество на обслужването при събиране, защита и управление на данните, т.е. наличието на ефективно интегрирана инфраструктура за комуникация. Следователно, методите и технологиите на комуникация имат най-висок приоритет за създаването на модерна енергийна система.

В електроенергийната индустрия днес се използват комуникационни системи, които са локални и все още далеч от интегрираните комуникации, необходими за функционирането на модерните електроенергийни системи.

Широкообхватните комуникационни мрежи ще създадат динамична интерактивна инфраструктура за достъп до информация в реално време и обмен на електрическа енергия, позволявайки на потребителите да взаимодействат с различни електронни устройства на интегрираната система. Стандартите за такова взаимодействие трябва да бъдат дефинирани и координирани в цялата индустрия. Първоначално е необходимо да се формулират технически изисквания за скорост, излишък, надеждност на обмена на данни. С помощта на съвременни комуникационни технологии системата ще бъде в състояние да се саморегулира чрез постоянен мониторинг, самодиагностика и саморегулиране на грешки с цел поддържане на високо качество и надеждност на захранването, незабавно отстраняване на неизправности, преконфигуриране разпределението на потоците на електроенергия за целите на управление и предотвратяване на щети[4].

Различните енергоснабдителни дружества имат специфични нужди и те трябва да бъдат дефинирани предварително. Въпреки масовите медийни технологии и бързото развитие на комуникациите, широкото им използване ще бъде сериозно затруднено, ако не бъде навреме предвидено.

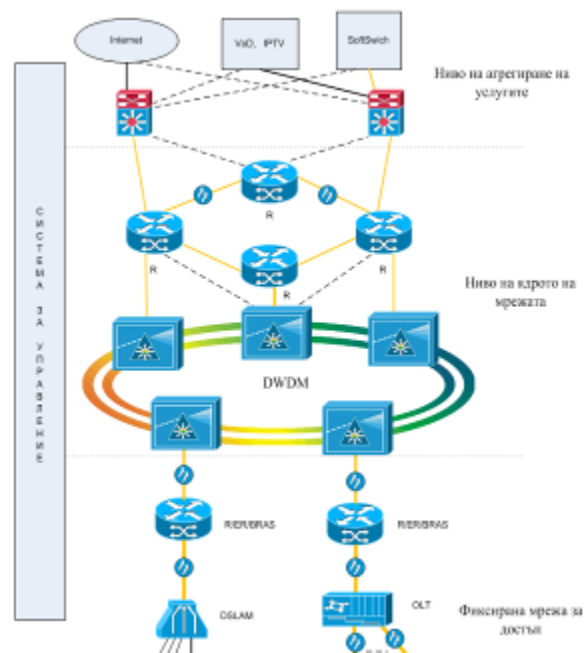
III. ШИРОКООБХВАТНА ОПТИЧНА SG МРЕЖА

Ключов елемент на Smart Grid е нивото на информационна сигурност на мрежата, чрез която електроенергийните компании ще имат възможност за получаване на информация за текущото състояние на енергийната мрежа и да я използват незабавно в своите дейности. Това ще дава възможност да се предвиждат събития, точно да се планират действия, осигуряване икономически растежа на електрическата мрежа и извършване дейности за поддържане състоянието на мрежата на изискваното ниво. Интегрираните комуникации могат да използват основните съществуващи технологични компоненти, предоставени чрез инфраструктура за безжичен достъп, сателит, оптичен кабел.

Комуникационната инфраструктура, показана на фиг.2, обезпечава широколентови услуги, които съгласно Европейската и националната стратегии за развитие на широколентовия достъп до 2020 г. не може да бъдат достигнати без модернизация на фиксирания абонатна мрежа чрез използване на ново поколение технологии и построяване на мрежова инфраструктура от нов тип, базираща се на оптична свързаност. Важна част от тази мрежова инфраструктура е широколентовата мрежа за достъп от ново поколение (Next Generation Access – NGA).

Изследването на експлоатационните характеристики на мрежата за достъп дава възможност за оптимизиране на ресурсите в мрежата, по-ефективното и изграждане, както и възможност за снижаване на разходите при изграждане и поддържане.

На фиг. 2 е представен концептуален модел на многофункционална широкообхватна оптична мрежа [3,4,5].



*R – Router; ER – Edge Router; BRAS – Broadband Remote access server

Фиг.2. Концептуален модел на многофункционална телекомуникационна мрежа

Структурата на мрежата е разделена на 4 йерархични нива: ниво на достъп (access); ниво на обединяване на достъпа (aggregation); ниво на ядрото на магистралата (core); ниво на обединяване на услугите. В нивото на достъп има два варианта, които се използват: само оптичен достъп и хибриден вариант с използване на xDSL. В първия сегмент е разположен мултиплексор за достъп до цифрова абонатна линия (Digital Subscriber Line Access Multiplexer - DSLAM). В качество на преносна среда се използва част от съществуващите абонатни линии, реализирани на базата на медни чифтове, пригодни за използване с xDSL технологията. Вторият е оптичен сегмент, използващ принципите на „Влакно до дома“ (Fiber to the Home – FTTH), създаден на базата на PON технологии. Основна научно-техническа и икономическа задача при планирането и оптимизацията на телекомуникационните мрежи и системи е обезпечаването на необходимото качество на обслужване (Quality of service – QoS) за всички видове трафик между абонатите в мрежата. Осигуряването на качество на обслужване представлява сложна задача, поради множеството фактори, които оказват влияние. Факторите, които оказват влияние, могат да

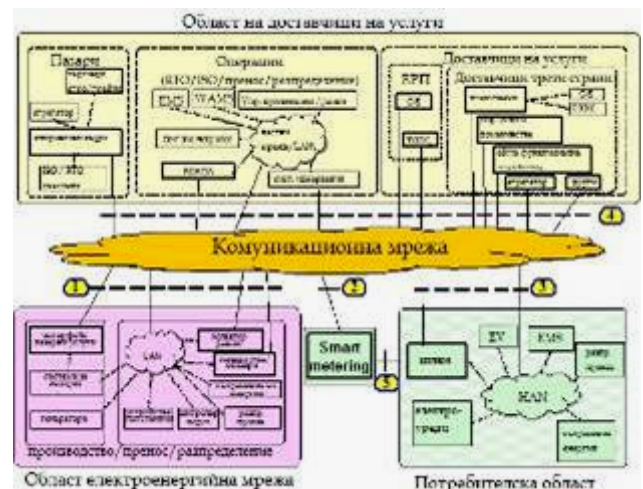
бъдат разделени на две групи. Към първата група спадат факторите, свързани с функционалните характеристики на терминалното оборудване, особеностите на използваните кодери, процесите на пакетиране и др, които не са пряко свързани с преноса на пакетите през мрежовата структура. Към втората група могат да бъдат отнесени процесите на предаване на пакетите през мрежовата инфраструктура, като факторите от двете групи взаимно си влияят.

При проектиране на PON за нуждите на SG е необходимо да бъде извършен предпроектен анализ за оценка на показателите на качеството на обслужване за всички видове трафик в мрежата.

Въвеждането на относителни приоритети довежда до намаляване на времето за чакане на високоприоритетните заявки и се увеличава времето за чакане на нископриоритетните. При използване на относителни приоритети като дисциплина на обслужване се получава защита от пренатоварване поради факта, че високоприоритетните заявки притежават крайно време за чакане за сметка на нископриоритетните, чието време за чакане рязко нараства и се стреми към безкрайност. При формирането на трафичните потоци е необходимо да се цели постигане на минимален коефициент на вариация на интервалите на обслужване в обслужващите устройства, а буферните памети е необходимо да притежават достатъчен капацитет което се постига с достатъчен обем за филтриране на пулсациите.

Резултатите от анализа показват, че WDM PON технологията притежава най добри характеристики във възходяща посока, тъй като липсва разделяне на преносния капацитет. Поради отсъствие на продължителен процес на достъп и малки стойности на интервала на обслужване при WDM PON се постига най-малко влияние на коефициента на вариация на интервала на обслужване. В низходяща посока GEPON технологията си съперничи с WDM PON, като при натоварвания на системата до 70% е по-удачно използване на GEPON [9]. Функционалните комуникационни области при SG съдържат следните елементи:

- **„Потребител“:** домашни локални мрежи (*Home Area Networks, HAN*), интелигентни електромери (*Smart Meter, SM*), интелигентни електроуреди, електромобили, и системи за енергиен мениджмънт (*Energy Management Systems, EMS*);
- **„Разпределение“:** полски/квартални мрежи (*Field Area Networks, FAN; Neighborhood Area Networks, NAN*) и агрегатори на данни (*Data Aggregators, DA*);
- **„Пренос“:** широкообхватни мрежи (*Wide Area Networks, WAN*), синхрофазорни измервателни единици (*Phasor Measurement Units, PMU*) и концентратори на синхрофазорни данни (*Phasor Data Concentrators, PDC*);
- **„Операции“:** широкообхватни системи за наблюдение (*Wide Area Monitoring Systems, WAMS*), механизми за автоматизирано управление и балансиране на потреблението спрямо производството на електрическа енергия (*Demand Response, DR*) и центрове за управление (*ЦУ*) [4,5].



Източник: ITU-T

Фиг.3. ITU-T еталонен архитектурен модел на Smart Grid [ITU-T]

На базата на концептуалния модел на NIST (издание версия 1.0, 2010г.) е разработен еталонен архитектурен модел от Международния съюз по телекомуникации (*International Telecommunication Union, Telecommunication Standardization Sector, ITU-T*), в ITU-T Smart-O-33Rev.6, дефинирайки 4 области и 5 еталонни (интерфейсни) точки на взаимодействие между тях (фиг.3). В модела се очертават три основни еталонни точки:

- взаимодействие между електроенергийната мрежа и комуникационната мрежа. Тук се осигурява обмен на измервателни данни и контролни команди между областта на доставчиците на услуги и областта на електроенергийната мрежа. Еталонната точка се използва за осигуряване на ситуационна осведоменост в преносните и електроразпределителните мрежи чрез предаване на синхрофазорни измервателни данни от PMU и други устройства.
- между областта на отчитане на електроенергия и комуникационната мрежа. Тук се осигурява обмен на данни между областта на доставчиците на услуги и областта на потребителите. Еталонната точка се използва за взаимодействие с потребителските измервателни системи относно обмен на ценова информация, данни свързани с механизмите за оптимизация на потреблението на битовите домакинства, включително информация за изместване на товарите във времето.
- между областта на отчитане на електрическа енергия и потребителската област. Еталонната точка се използва за взаимодействие на интелигентните електромери с цел обмен на ценова информация, графици за потребление, таксуване и др.[6].

IV. ОЦЕНКА НА ЕФЕКТИВНОСТТА И ПРОПУСКАТЕЛНАТА СПОСОБНОСТ НА PON ТЕХНОЛОГИИ

Анализът на пропускателната ефективност на канално ниво за мрежи, изградени на базата на следваща генерация PON технологии, при еднакъв брой абонати в мрежата показват около 30% по-висока ефективност на GPON технологията, като изоставането на EPON основно се получава от схемата за линейно кодиране[8]. В Таблица 1. са приведени стойности в проценти за ефективността и пропускателната способност на оптичните технологии за комуникация. Резултатите показват около 30% по-висока ефективност на GPON технологията поради факта, че EPON стандартът не поддържа рамкова фрагментация. ONU и OLT директно изпращат и приемат Ethernet рамки с променлива продължителност. Това поражда проблем, свързан със запълването на

времевия канал. Този проблем се появява най-вече при фиксирана големина на времевите прозорци и поражда по-ниска ефективна скорост на предаване в EPON мрежите. Увеличаването на големината на прозорците за данни подобрява запълването и от там пропускателната способност, но води и до увеличаване на закъсненията на данните в мрежата поради по-голямата продължителност на времевия цикъл. Основното намаляване с 20% процента на ефективността при EPON се получава от схемата на линейно кодиране.

параметър	технология			
	EPON	GPON	10GEPON	NG GPON
$E_{eff\ up}$	61.3 %	96.3 %	61.3 %	96.3 %
$E_{eff\ down}$	70.9 %	98.9 %	70.9 %	98.9 %
V_{up}	1250 Mbps	1244.16 Mbps	10312.5 Mbps	9953.28 Mbps

Таблица 1 Оценка на ефективността и пропускателната способност на NG PON технологии

Анализът на комуникационните приложения в Smart Grid обосновава ключовата роля на IP-базираните мрежи при тяхната реализация. Анализът на функционалните изисквания и на покриващите ги мрежови технологии спомага да се дефинират основните предизвикателства пред реализациите на балансирано производство и потребление, както и на широкообхватното наблюдение на електроенергийните системи в реално време.

Характеристиките на QoS, които описват изискванията на мрежовите услуги са по отношение на натоварването на мрежата, което се характеризира със средна интензивност на постъпване на пакетите, размер на пакетите и време за обслужване на пакетите във възела, мрежовата надеждност, изразена чрез закъснението в мрежата и нивото на загуби на пакети и мрежовата ефективност, изразена чрез пропускателната способност на мрежата.

Ефективността на електроенергийните системи обикновено се оценява по показатели в три направления: 1) надеждност на доставките на електрическа енергия (качество, достъпност); 2) инвестиционни,

експлоатационни и суровинни разходи; и 3) екологични изисквания, свързани с парникови емисии, отпадъчни материали и др. Тези, понякога взаимно изключващи се цели в енергийния сектор изискват вазимни компромиси и стратегия за развитие, свързана със Smart Grid. Важна роля има приложимостта на механизмите за качеството на обслужване и съществуващите транспортни IP-базирани технологии за изграждане и покриване на изискванията на широкообхватните системи за наблюдение в електроенергийни системи.

III. ИЗВОДИ

Глобалните тенденции, свързани с понижаването на ефекта от производството на електрическа енергия върху околната среда и надеждността на енергийните доставки до крайните потребители, поставят традиционното енергопроизводство пред редица предизвикателства. Тези предизвикателства налагат нуждата от модернизация на преносната и разпределителната инфраструктура. Чрез нея ще се постигнат свободни енергийни пазари, намаляване на емисиите от парникови газове, постигане на по-голям дял на възобновяемата енергия и внедряване на интелигентни комуникационни решения за понижаване и разпределение на потреблението във времето.

Концепцията за Smart Grid отговаря на развиващата се нова енергийна структура с множеството децентрализирани енергийни източници, разположени в жилищните или индустриалните райони, които спомагат за съкращаване на загубите в преноса на електрическа енергия, както и за намаляване на емисиите от CO₂. Локалното производство на възобновяемите източници създава възможности за приоритетно локално потребление в условията на микрогрид мрежи. Използвайки интегрирани комуникации при SG посредством автоматизирани механизми, колективния товаров профил на съответните битови домакинства може да бъде частично изменен. Това може да бъде постигнато на базата на стимули с цел приближаване до профила на производство от локалните децентрализирани възобновяеми енергийни източници, което да

доведе до понижаване на внасяната от електропреноса електрическа енергия и ограничаване на емисиите от CO₂.

С приложението на IP-базирани широкообхватни оптични комуникационни мрежи и възможностите им за масово внедряване в електроенергийните системи се осигуряват по-гъвкави инструменти за управление на компромисите в направленията на развитие на SG с цел постигане по-висока ефективност на електроенергийните системи.

Литература:

- [1] Y. Guo, M. Pan, Y. Fang, P.P. Khargonekar, “Decentralized Coordination of Energy Utilization for Residential Households in the Smart Grid”, IEEE Trans. on Smart Grid, vol.4, no.3, pp.1341-1350, Sept. 2013
- [2] K. C. Budka, J. G. Deshpande, M. Thottan, Communication Networks for Smart Grids, Springer-Verlag London, 2014
- [3] M. G. Seewald, “Scalable Network Architecture based on IP-Multicast for Power System Networks”, Innovative Smart Grid Technologies Conf. (ISGT’2014), Washington, USA, pp.1-5, Feb. 2014.
- [4] IEEE Standard for Synchrophasors for Power Systems, IEEE Std. C37.118, 2005.
- [5] С. Костадинова, Р. Димова, „Иновативни технологии за изграждане на мрежи за достъп от следващо поколение“, Годишник на НБУ, София 2014/том 1, - ISSN 2367-5039, 2014. [2]
- [6] M. Ivanov and R. Dimova, “PMU Traffic Evaluation in Wide Area Monitoring and Control Systems“, Computer Systems and Communications, vol.3, no.1, pp.3-11, Jan.-Mar. 2014.
- [7] НСИ, „Крайно енергийно потребление по сектори“, <http://www.nsi.bg/bg/content/12372/>
- [8] J.Schwarzer and D. Engel, “Evaluation of data communication requirements for common demand response models“, Proc. IEEE Int. Conf. on Industrial Technology (ICIT’2015), pp.1311-1316, Seville, Spain, 17-19 Mar. 2015
- [9] Kostadinova, S.; Dimova, R.; Stoyanov, G., "Performance parameters evaluation in broadband access network," Proc. of International Conference OPTIM’2014, 2014 Brashov, Romania , 22-24 May 20, pp.790-795.

За контакти

9010, Варна, ул. “Студентска”1
Технически университет-Варна
Катедра КТТ
доц.Розалина Димова
тел.:052/383350,
[Email: rdim@tu-varna.bg](mailto:rdim@tu-varna.bg)

МЕХАНИЧНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ И СТРУКТУРА НА ГАЗОТЕРМИЧНИ ПОКРИТИЯ ОТ ПРАХОВЕ НА НИКЕЛОВА ОСНОВА ПНХ-10 И ПНХ-14 (1050-00 И 1060-00) ПРИ ГАЗОПЛАМЪЧНО НАПЛАСТЯВАНЕ С ГОРИВНА СМЕС ОТ ПРОПАН-БУТАН И КИСЛОРОД

Пл. Петров

Abstract: *The aim of this work is the study properties of thermal sprayed coatings on the basis of powders obtained for plating- ПНХ-10 and ПНХ-14 (bulgarian analogs of manufactured by Höganäs, 1050-00 and 1060-00), coated with equipment and technologies developed in earlier years in TU-Varna: plating on "cold" method; plating on "cold" method, with the subsequent melting of coverage; plating on "warm" method. Examined are the tensile strength of coatings (Rm), their hardness (HRC), microhardness distribution in the layers (HV0,05), the friction drag wear resistance.*

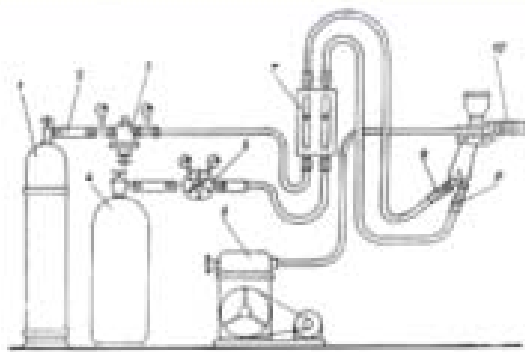
Въведение: Покритията на никелова основа използвани за напластяване при производството или ремонта на различни метални изделия, осигуряват износоустойчивост и устойчивост на корозия, като намират широко приложение при производството и ремонта на валцови инструменти, лагери, клапани за дизелови двигатели, ролки за трошачки, конвейрни винтове, ветрила за вентилатори, текстилни шпиндели, бутала, помпи, селскостопанска техника, промишлени миксери и др.. Допълнително подобряване на износоустойчивостта на изделията може да бъде получено чрез смесването им с карбиди.

Целта на автора в настоящата работа е да бъдат изследвани свойствата на газотермични покрития получени на базата на прахове ПНХ-10 и ПНХ-14 (български аналози на прахове 1050-00 и 1060-00 на фирмата Höganäs), напластени с помощта на съоръжения и технологии разработени в предходни години в ТУ-Варна [1]. Използвани са три технологии за нанасяне на газотермичните покрития, известни като: напластяване по „студен метод“; напластяване по „студен метод“ със следващо затопяване на покритието; напластяване по „топъл метод“ (Eutalloy). За нанасянето на покритието по „студен метод“ е използвана гравитационно-инжекторна горелка, а за варианта включващ следващо затопяване, както и за

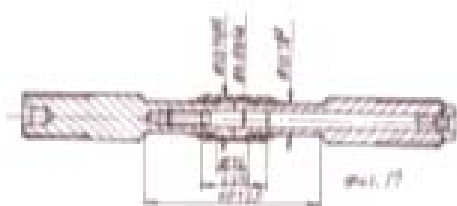
нанасянето на покритието по „топъл метод“ е използвана горелка за напластяване с едновременно разтопяване на слоя, конструирани и разработени в [1] за работа с горивна смес от пропан-бутан и кислород фиг.1. Използваните за получаване на газотермичните покрития прахове ПНХ-10 и ПНХ-14 (1050-00 и 1060-00) по справочни данни [2] са сплави на никелова основа с високо съдържание на хромови карбиди и добавки от самофлюсиращи смеси на базата бор и силиций. Получените покрития са подходящи за защита на метални изделия с различни приложения изброени по-горе, съгласно препоръки на производители [2] и потребители [3].

Методика: След нанасяне на газотермичните покрития по трите посочени технологични варианта са изследвани якостта на опън на покритията Rm, твърдостта им HRC, разпределението на микротвърдостта по дебелината на слоя HV_{0,05}, износването при триене, при плъзгане, за варианта с най-добри показатели.

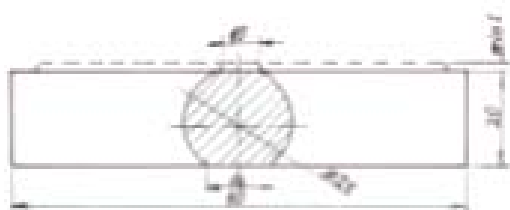
Използваните пробни тела за изпитване на опън и износване са показани съответно на фиг.2, фиг.3, като са изработени от стомана С45 БДС EN 10083-2:2006. Изпитването на износване е извършено с помощта на стенд за изпитване с контра тяло от рапидна стомана Р6М5 с твърдост 62-64 HRC, и размери Ø90x3 mm.



Фиг.1. Схема на апаратура за газопламъчно напастъване с горивна смес от пропан-бутан и кислород:
1-бутилка O_2 ; 2-обратен клапан;
3-редуцир вентил; 4-бутилка пропан-бутан;
5-регулатор за налягане; 6-компресор за съвместен въздух; 7-ротаметри; 8, 9-вентили за разход; 10-горелка.



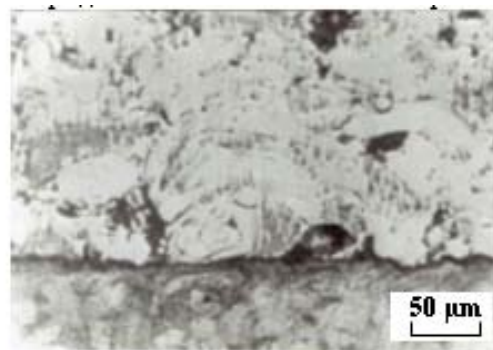
Фиг.2. Пробно тяло за изпитване на опън на газотермичните покрития



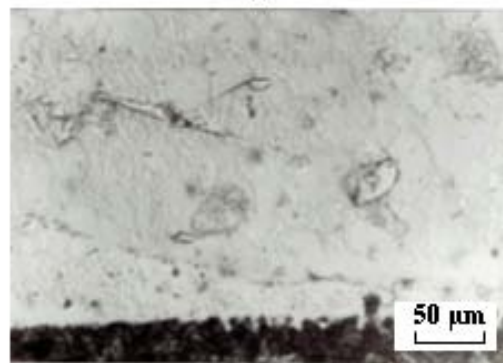
Фиг.3. Пробно тяло за изпитване на износване при триене, при плъзгане, на газотермичните покрития

Резултати:

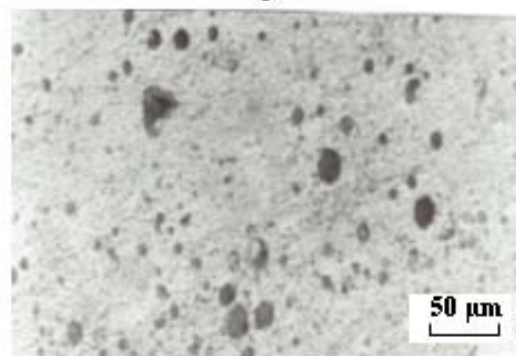
Резултати от проведения микроструктурен анализ на покритията са показани на Фиг.4 и Фиг.5. Получените якост на опън и повърхностна твърдост на покритията са отразени на фиг. 6, фиг.7, фиг.8 и фиг.9.



а



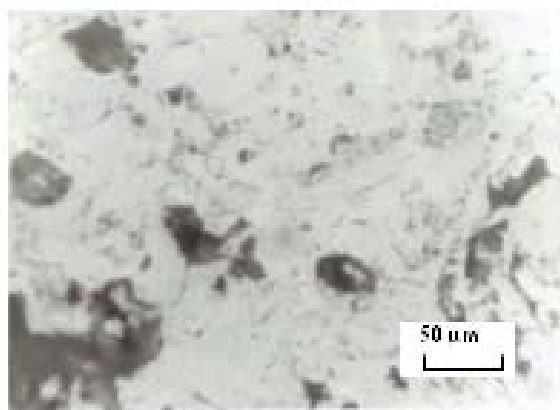
б



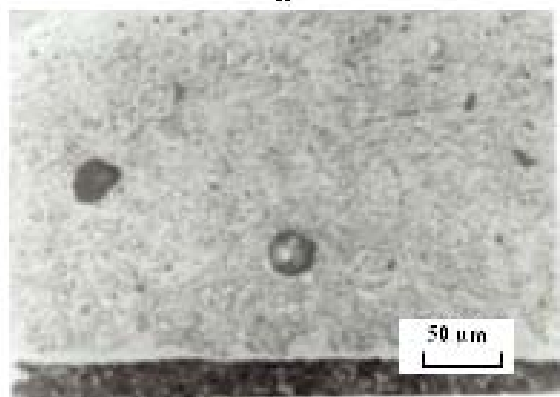
в

Фиг.4. Микроструктура на газотермичните покрития от ПНХ-10:
а) по „студен“ метод; б) по „топъл“ метод; в) по „студен“ метод със следващо затопяване на покритието

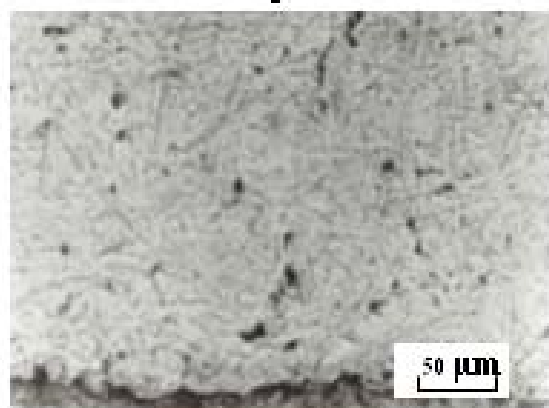
Поради наличието на пори в структурата на нанесените покрития и наличие на матрица с по-ниска твърдост и твърда карбидна фаза в разпределението на микротвърдостта в повърхностния слой варира в широки граници. Разсейването е най-голямо при покритията нанесени по „студен“ метод, като е значително дори и при нанасянето им по „топъл“ метод (фиг.10). На фиг.11 са показани резултати от изпитването на износване в условията на триене при плъзгане.



а



б

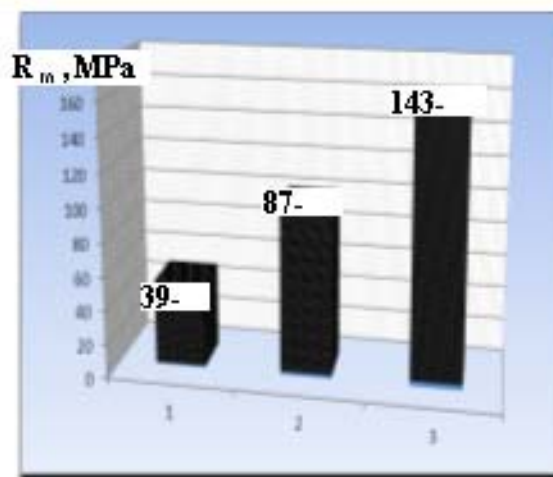


в

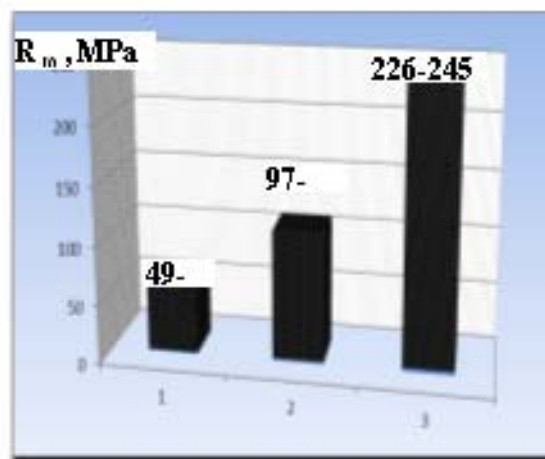
Фиг.5. Микроструктура на газотермичните покрития от ПНХ-14:
а) по „студен“ метод; б) по „топъл“ метод; в) по „студен“ метод със следващо затопяване на покритието

Анализ на получените резултати:

Проведеният микроструктурен анализ на газотермичните покрития от ПНХ-10 и ПНХ-14, нанесени по изброените три технологични варианта логично показва, че структурата на повърхностния слой е с най-голяма порестост при нанасяне на покритието по „студен“ метод (фиг.4а; фиг.5 а).

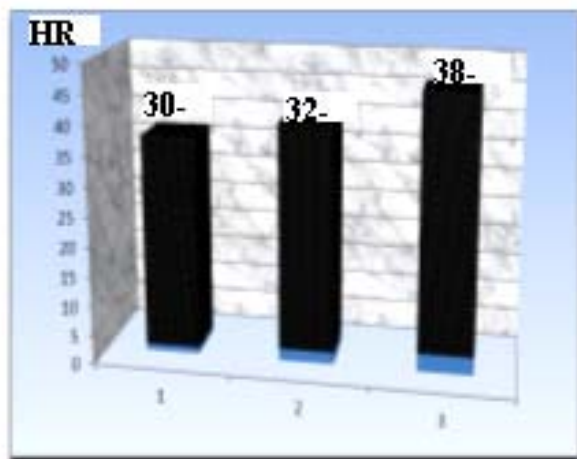


Фиг.6. Якост на опън на газотермичните покрития от ПНХ-10 нанесени по: 1) по „студен“ метод; 2) по „студен“ метод със следващо затопяване; 3) по „топъл“ метод

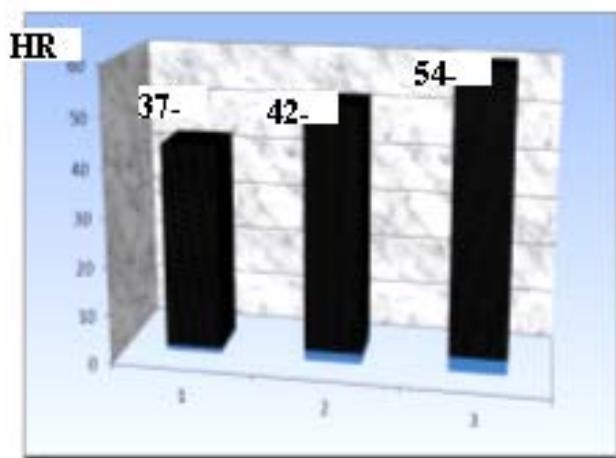


Фиг.7. Якост на опън на газотермичните покрития от ПНХ-14 нанесени по: 1) по „студен“ метод; 2) по „студен“ метод със следващо затопяване; 3) по „топъл“ метод

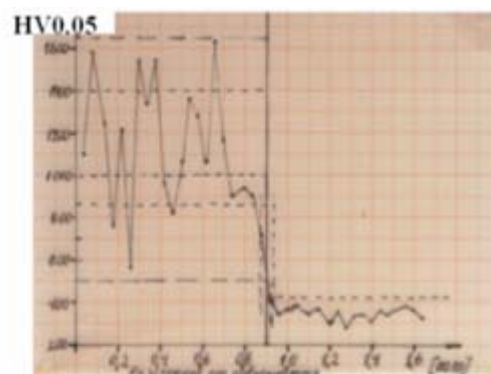
Най-плътни са покритията получени чрез използването на „топъл“ метод (фиг.4 б и фиг.5 б), като тези получени по „студен“ със следващо затопяване на повърхностния слой се доближават повече към получените съответно по „студен“ метод за ПНХ-10, поради значителната порестост (фиг.4 в) и по „топъл“ метод за ПНХ-14 (фиг.5 в).



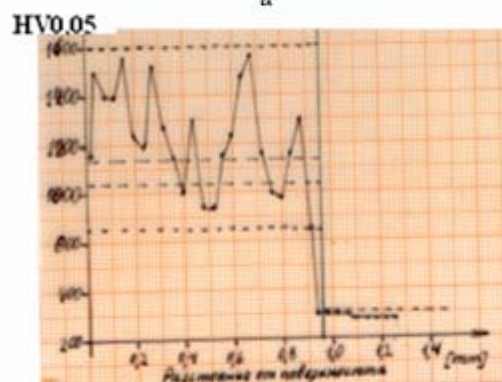
Фиг.8. Повърхностна твърдост на газотеремичните покрития от ПНХ-10, нанесено по: 1) по „студен“ метод; 2) по „студен“ метод със следващо затопляване; 3) по „топъл“ метод



Фиг.9. Повърхностна твърдост на газотеремичните покрития от ПНХ-14, нанесено по: 1) по „студен“ метод; 2) по „студен“ метод със следващо затопляване; 3) по „топъл“ метод

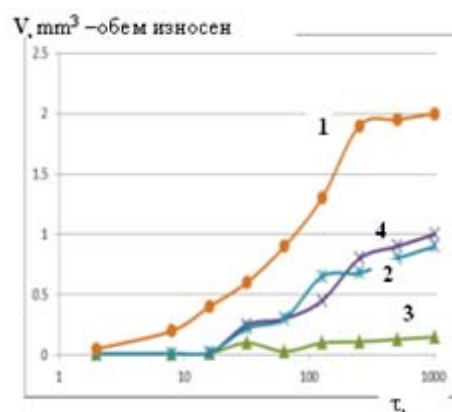


а



б

Фиг.10. Разпределение на повърхностната микротвърдост на газотеремичните покрития от ПНХ-10- крива 1, ПНХ-14-крива 2 нанесени по „топъл“ метод



Фиг.11. Износоустойчивост на газотеремичните покрития от ПНХ-10- крива 1, ПНХ-14-крива 2 нанесени по „топъл“ метод сравнени с тези на покритие от EUTALLOY RW 12112, –крива3[4]и стомана 40Cr4-крива 4

В структурата на слоевете, получени по студен метод не се открояват отделения, докато ако използваме „топъл“ метод ясно се наблюдават фини отделения, най-вероятно от хромови карбиди, тъй като това

е по-ясно изразено при слоевете от от съдържащият повече хром прах ПНХ-14. При „студен“ метод със следващо затопяване на слоя, отделянията от карбиди изглеждат по-едрозърнести, поради по-продължителното термично въздействие върху слоя, подпомагащо протичането на дифузионни процеси. Механичните свойства на покритията определени за различните технологични варианти обаче показва, че покритието получено по „топъл“ метод превъзхожда по якост на опън това получено по „студен“ метод (около 3-пъти за ПНХ-10 и около 4 пъти за ПНХ-14) и по твърдост с около 30 и 50 %-та, съответно.

Якостта на опън на газотермичните покрития е относително малка в сравнение с тази на основния метал., Причина за това са характерните за прахово напластяване структури с наличие на пори и крехкост на получените покрития.

Разпределението на микротвърдостта в нанесеното покритие по „топъл“ метод е с по-малък диапазон на разсейване на резултатите при покритието от ПНХ-14 в сравнение с това от ПНХ-10.

Износоустойчивостта на газотермичните покритие с най-добри якостни показатели-получени по „топъл“ метод е двукратно по-малка от тази на закалена и отвърната до твърдост 50-55 HRC стомана 40Cr4 за покритието от ПНХ-10 и е идентична на нея за покритието от ПНХ-14 (фиг.11).

Изводи:

- От използваните технологични варианти за нанасяне на газотермични покрития с горивна смес от пропан-бутан и кислород най-големи стойности за якостните характеристики R_m и HRC, са получени по „топъл“ метод, поради по-малката им порестост.
- Покритията получени от ПНХ-14 превъзхождат по механични показатели тези на база ПНХ-10 за всеки от използваните технологични варианти за нанасяне на покритията.
- Получените резултати по отношение на износоустойчивостта и повърхностната твърдост на газотермичното покритие от

ПНХ-10 по ”топъл” метод отстъпва на тази на закалена стомана 40Cr4 и следва да се използва предимно с цел повишаване на корозионната устойчивост на въглеродни стомани..

- Износоустойчивостта на покритието от ПНХ-14 е сходна на тази на закалена стомана 40Cr4 и може да се прилага за повишаване на износоустойчивост и корозионна устойчивост на нелегирани въглеродни стомани..

- В сравнение с покритие нанесено по същата технология и метод от EUTALLOY RW 12112 [4], покритията от ПНХ-10 и ПНХ-14 отстъпват значително по износоустойчивост. За повишаването и, когато това е основно изискване към изделията, следва към праховете да се добавят допълнително карбиди, както е посочено в някои от литературните източници.

Литература:

- 1.Тонев Б. А. „Изследване на процеса газопламъчно напластяване с горивен газ пропан-бутан“, автореферат на дисертационна работа, Варна, 1996
2. Thermal Surfacing Powder Choice With Ease, Höganäs AB, August 2014. 0867HOG, www.hoganasthermalspray.com | www.hoganas.com
- 3, Панайотов А., Б.Гергов, Р.Еников, Д.Оливер, Експерименти по плазмено напластяване на метални покрития в СО „Минстрой“ , Plasma spraying of metal coatings at Minstroy Holding AD, Article · January 1988
4. Петров П. Структура и свойства на газотермични покрития от EUTALLOY RW 12112 при газопламъчно напластяване с горивна смес от пропан-бутан и кислород, Известия на СУ-Варна, серия „Технически науки“ Варна 1‘2016 ISSN 1310-5833

За контакти

Технически университет-Варна,
9010 Варна, ул. “Студентска”1А
за Добруджански технологичен колеж / Катедра МТМ,
доц. д-р Пламен Недков Петров
тел.:052/383- 535 www.petpl@abv.bg

ИЗСЛЕДВАНЕ ВЪРХУ ПОСТОЯННОТОКОВИТЕ РЕЖИМИ В ЛИНЕЙНИТЕ ЕЛЕКТРИЧЕСКИ ВЕРИГИ СПОРЕД РЕЛАТИВИСТИЧНАТА ТЕОРИЯ НА ВЕРИГИТЕ

EXPLORATION ON THE DIRECT CURRENT REGIMES IN THE LINEAR ELECTRIC CIRCUITS ACCORDING TO THE RELATIVISTIC CIRCUIT THEORY

Емил Панов

Резюме: Публикацията е посветена на липсващ раздел от теорията на веригите, свързан със специалната теория на относителността, който разглежда постояннотоковите режими в линейните електрически вериги, движещи се със скорости по-малки от скоростта на светлината или близки до нея. В нея се разглежда серия от базисни въпроси, свързани с релативистичните форми на фундаменталните закони за електрическите вериги (законите на Кирхоф, Ом, Джаул, закона за запазване на енергията и други), релативистичните представяния на основните величини (токове, напрежения, мощности), основните параметри на елементите на веригите (съпротивления, проводимости, капацитети, индуктивности и други). В работата са представени и числени примери с бързо движещи се линейни електрически вериги и техните анализи.

Key words: *Special Theory of Relativity, Relativistic Circuit Theory, Relativistic Laws for the Electric Circuits, Relativistic Quantities, Relativistic Parameters.*

I. Introduction

The emergence of Maxwell's theory of the electromagnetic (EM) field had a great influence on the development of the modern physics [1]. It was the propeller for the appearance of the Special Theory of Relativity (STR) of Albert Einstein [2, 3, 4, 5], which turned the modern views on the surrounding world up side down. One of its main consequences was the correction of the Maxwell-Hertz set of equations of the EM field for moving media [6, 7, 8]. The appearance of the Rotary Theory (RT) of the EM field brought new corrections in that set of equations by the help of the method of moments [9, 10, 11]. At the same time Circuit Theory (CT), being a consequence of the Maxwell's EM theory and its complementary theory, is not very well exposed in relativistic form, a fact which can be detected very easily in the technical literature, i.e. it is absent... At the same time there are some scientists, who claim directly that: "...The important consequences... (of STR) ... are related to the sphere of physics, but not to electrical engineering..." [8, page 725]. At the same time there are some scientists who pay attention in their monographs to some elements of the Relativistic Circuit Theory (RCT) (which can be called also Special Circuit Theory (SCT)) [12, 13, 14, 15]. During the last few years some

additional researches on that topic were done, but there are no generalized results towards RCT...

The main goal of that paper is to bring together the existing information about the basic laws of the electric circuits in relativistic form, the relativistic connections of the basic quantities of the circuits (currents, voltages, powers) and their basic parameters (resistances, conductances, capacitances, inductances), in order the electrical engineers to be able to analyze direct current (DC) regimes in electric circuits, mounted in fast moving artificial objects (like satellites or space ships) with velocities less than the speed of light or close to it. Today the highest velocities reached by artificial cosmic objects are about 15 km/s and at that speed the relativistic effects can be detected... The basic problem in the research is connected with the fact that some of the elements of the explored circuits are orientated in parallel to the direction of movement of the circuit, and some of them are transversely disposed, so the voltages and the currents in these moving elements can be accepted by a static observer in a different way compared with an observer, moving together with these circuits with the same speed.

II. Basic Laws of the Fast Moving DC Linear Electric Circuits

According to the relativity principle of STR in each inertial coordinate system the basic forms

of the laws of physics must remain the same [2, 4, 5]. In that relation let us imagine a moving electric circuit with a uniform speed $\vec{v}_x$ along the x -axis of a static Cartesian coordinate system S (Fig. 1(a)). And let us imagine a moving Cartesian coordinate system S' with the same uniform speed $\vec{v} = \vec{v}_x$, in which the circuit is in static position and the direction of the x' -axis coincides with the x -axis of the static coordinate system S . A part of the relations between the quantities of the Maxwell-Hertz-Einstein set of equations for the EM field is as follows [13]:

$$j'_x = \gamma(j_x - v\rho), \quad j'_y = j_y, \quad j'_z = j_z; \quad (1)$$

$$\rho' = \gamma\left(\rho - \frac{v j_x}{c^2}\right); \quad (2)$$

$$E'_x = E_x, \quad E'_y = \gamma(E_y - v B_z), \quad E'_z = \gamma(E_z + v B_y); \quad (3)$$

$$B'_x = B_x, \quad B'_y = \gamma\left(B_y + \frac{v E_z}{c^2}\right), \quad B'_z = \gamma\left(B_z - \frac{v E_y}{c^2}\right); \quad (4)$$

where j' and j are current densities, ρ' and ρ are volume densities of the electric charge, E' and E are electric field intensities, B' and B are magnetic flux densities in both coordinate systems S' and S , correspondingly. Here, γ is the coefficient of relativity, i.e. $\gamma = 1/\sqrt{1-v^2/c^2}$ and c is the speed of light in vacuum. If we substitute (2) into the first of equations (1), having in mind that $\rho' = 0$, we can receive the following result:

$$j'_x = \gamma(j_x - v\rho) = \gamma\left[j_x - v\left(\frac{v j_x}{c^2}\right)\right] = j_x / \gamma. \quad (5)$$

If $j'_x = j'_{x\text{cond.}}$ is a conduction current density,

$j_x = j_{x\text{cond.}} + j_{x\text{conv.}}$, where $j_{x\text{conv.}} = v^2 \cdot j_x / c^2$ is the convection current density, i.e.

$$j'_x = j'_{x\text{cond.}} = \gamma(j_{x\text{cond.}}) = j_x / \gamma. \quad (6)$$

If we accept the notations of Einstein and Laub [3] for the transverse and the longitudinal components of the current densities, the current densities in (1) and (6) can be notated as follows:

$$j'_x = j'_{x\text{cond.}} = j'_{\parallel\text{cond.}} = \gamma(j_{\parallel\text{cond.}}) = j_{\parallel} / \gamma,$$

$$j'_y = j'_{y\text{cond.}} = j'_{\perp\text{cond.}} = j_{y\text{cond.}} = j_{\perp\text{cond.}},$$

$$j'_z = j'_{z\text{cond.}} = j'_{\perp\text{cond.}} = j_{z\text{cond.}} = j_{\perp\text{cond.}}. \quad (7)$$

And if we take into account the cross-section areas $S'_{\text{cond.}}$ and $S_{\text{cond.}}$ of the conductors of the moving circuits in the coordinate systems S' and

S , then we can extract the relations of the flowing currents there:

$$i'_{\parallel\text{cond.}} = j'_{\parallel\text{cond.}} \cdot S'_{\text{cond.}} = \gamma \cdot j_{\parallel\text{cond.}} \cdot S_{\text{cond.}} = \gamma \cdot i_{\parallel\text{cond.}},$$

$$i'_{\perp\text{cond.}} = j'_{\perp\text{cond.}} \cdot S'_{\parallel\text{cond.}} = j_{\perp\text{cond.}} \cdot \gamma \cdot S_{\parallel\text{cond.}} = \gamma \cdot i_{\perp\text{cond.}}. \quad (8)$$

Using (7) and (8), we can formulate the Kirchhoff's current law (KCL) in relativistic form:

$$\sum_{k=1}^n i'_k = 0, \text{ or } \sum_{k=1}^n i'_{\text{cond.}k} = 0, \text{ or} \quad (9)$$

$$\sum_{k=1}^n i'_{\parallel\text{cond.}k} + \sum_{k=1}^n i'_{\perp\text{cond.}k} = 0, \quad (10)$$

$$\sum_{k=1}^n i_{\text{cond.}k} = 0, \text{ or} \quad (11)$$

$$\sum_{k=1}^n i_{\parallel\text{cond.}k} + \sum_{k=1}^n i_{\perp\text{cond.}k} = \sum_{k=1}^n \frac{i_{\parallel k}}{\gamma^2} + \sum_{k=1}^n i_{\perp k} =$$

$$= \sum_{k=1}^n \frac{i'_{\parallel\text{cond.}k}}{\gamma} + \sum_{k=1}^n \frac{i'_{\perp\text{cond.}k}}{\gamma} = 0 \quad (12)$$

Here, all quantities and parameters in the coordinate system S' are noted with a prime (Fig. 1(a)) and these in the coordinate system S are not (Fig. 1(b)).

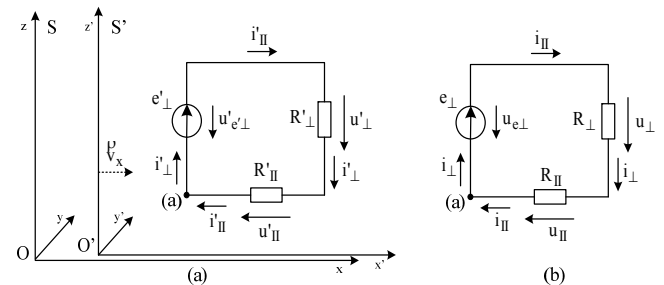


Fig. 1. A moving electric circuit with a uniform speed $\vec{v}_x$ towards a static Cartesian coordinate system S .

Using a similar procedure we can extract the Kirchhoff's voltage law in relativistic form, too. For that purpose if we substitute the second of equations (4) into the third one of equations (3), having in mind that $B'_y = 0$, we can receive the following result:

$$E'_z = \gamma(E_z + v B_y) = \gamma\left[E_z + v\left(-\frac{v E_z}{c^2}\right)\right] = \frac{E_z}{\gamma}. \quad (13)$$

If $E'_z = E'_{z\text{cond.}}$ is a component of the electric field intensity causing conduction currents,

$E_z = E_{z\text{cond.}} + E_{z\text{ind.}}$, where $E_{z\text{ind.}} = \frac{v^2 \cdot E_z}{c^2}$ is the

component of the electric field intensity, caused by the unipolar induction, then

$$E'_{z'} = E'_{z_{cond.}} = \gamma(E_{z_{cond.}}) = \frac{E_z}{\gamma}. \quad (14)$$

If we apply the notations of Einstein and Laub [3] for the transverse and the longitudinal components of the electric field intensities, the components of the electric field intensities in (3) and (14) can be notated as follows:

$$\begin{aligned} E'_{x'} &= E'_{x_{cond.}} = E'_{II_{cond.}} = E_{x_{cond.}} = E_{II_{cond.}}, \\ E'_{y'} &= E'_{y_{cond.}} = E'_{\perp_{cond.}} = \gamma(E_{\perp_{cond.}}) = \frac{E_{\perp}}{\gamma}, \\ E'_{z'} &= E'_{z_{cond.}} = E'_{\perp_{cond.}} = \gamma(E_{\perp_{cond.}}) = \frac{E_{\perp}}{\gamma}. \end{aligned} \quad (15)$$

And if we take into account the lengths of the elements in the circuits λ' and λ in the coordinate systems S' and S , where the components of the electric field intensities act upon, then we can extract the relations of the voltage drops there:

$$\begin{aligned} u'_{II_{cond.}} &= E'_{II_{cond.}} \cdot \lambda'_{II} = E_{II_{cond.}} \cdot \gamma \lambda_{II} = \gamma u_{II_{cond.}}, \\ u'_{\perp_{cond.}} &= E'_{\perp_{cond.}} \cdot \lambda'_{\perp} = \gamma E_{\perp_{cond.}} \cdot \lambda_{\perp} = \gamma u_{\perp_{cond.}}. \end{aligned} \quad (16)$$

Using (15) and (16), we can formulate the Kirchhoff's voltage law (KVL) in relativistic form:

$$\sum_{k=1}^n u'_k = 0, \text{ or } \sum_{k=1}^n u'_{cond.k} = 0, \text{ or} \quad (17)$$

$$\sum_{k=1}^n u'_{II_{cond.k}} + \sum_{k=1}^n u'_{\perp_{cond.k}} = 0, \quad (18)$$

$$\sum_{k=1}^n u_{cond.k} = 0, \text{ or} \quad (19)$$

$$\begin{aligned} \sum_{k=1}^n u_{II_{cond.k}} + \sum_{k=1}^n u_{\perp_{cond.k}} &= \sum_{k=1}^n u_{II_k} + \sum_{k=1}^n \frac{u_{\perp_k}}{\gamma^2} = \\ &= \sum_{k=1}^n \frac{u'_{II_{cond.k}}}{\gamma} + \sum_{k=1}^n \frac{u'_{\perp_{cond.k}}}{\gamma} = 0 \end{aligned} \quad (20)$$

Here, $u'_{cond.}$ or $u_{cond.}$ is a voltage drop, which causes flowing of a conduction current; $u_{\perp} = u_{\perp_{cond.}} + u_{\perp_{ind.}}$; $u_{\perp_{ind.}}$ is a voltage drop caused by the unipolar induction, because of the relative movement of the circuit in the coordinate system S' towards the static observer in the coordinate system S . All quantities and parameters in the coordinate system S' are noted with a prime (Fig. 1(a)) and these in the coordinate system S are not (Fig. 1(b)). If we use the fact that the electromotive current (e.m.c.) of

a current source equals the current in the branch where it is situated and the other one, that the electromotive force (e.m.f.) of a voltage source equals the voltage drop across it, we can rearrange equations (9) – (12) and (17) – (20) transferring these e.m.c. and e.m.f. on the right hand sides of these equations, giving more preferred forms of the Kirchhoff's laws.

The correctness of equations (7), (8), (15) and (16) giving the relations of the current densities (the currents) and the electric field intensities (the voltage drops) in both coordinate systems can be proved by the Joule's law in point form:

$$\begin{aligned} p'_{II} &= \frac{P'_{II}}{V'_{II}} = \frac{u'_{II_{cond.}} \cdot i'_{II_{cond.}}}{V'_{II}} = \frac{(\gamma u_{II_{cond.}})(\gamma i_{II_{cond.}})}{\gamma V_{II}} = \\ &= \frac{\gamma u_{II_{cond.}} \cdot i_{II_{cond.}}}{V_{II}} = \frac{\gamma^2 P_{II}}{\gamma V_{II}} = \frac{\gamma P_{II}}{V_{II}} = \\ &= j'_{II_{cond.}} \cdot E'_{II_{cond.}} = j_{II_{cond.}} \cdot \gamma E_{II_{cond.}} = \gamma P_{II} \end{aligned} \quad (21)$$

$$\begin{aligned} p'_{\perp} &= \frac{P'_{\perp}}{V'_{\perp}} = \frac{u'_{\perp_{cond.}} \cdot i'_{\perp_{cond.}}}{V'_{\perp}} = \frac{(\gamma u_{\perp_{cond.}})(\gamma i_{\perp_{cond.}})}{\gamma V_{\perp}} = \\ &= \frac{\gamma u_{\perp_{cond.}} \cdot i_{\perp_{cond.}}}{V_{\perp}} = \frac{\gamma^2 P_{\perp}}{\gamma V_{\perp}} = \frac{\gamma P_{\perp}}{V_{\perp}} = \\ &= j'_{\perp_{cond.}} \cdot E'_{\perp_{cond.}} = j_{\perp_{cond.}} \cdot \gamma E_{\perp_{cond.}} = \gamma P_{\perp} \end{aligned} \quad (22)$$

where p'_{II} , p_{II} , $p'_{\perp}$ and $p_{\perp}$ are the specific powers in the conductors; P'_{II} , P_{II} , $P'_{\perp}$ and $P_{\perp}$ are the powers, caused by the conduction currents; V'_{II} , V_{II} , $V'_{\perp}$ and $V_{\perp}$ are small volumes of the conductors in the coordinate systems S' and S .

III. Basic Relations for the Parameters of Fast Moving DC Linear Electric Circuits

Then, using Ohm's law in point form, the relativistic relations among the conductivities of the conductors in the coordinate systems S and S' can be extracted [13]:

$$\begin{aligned} j'_{II_{cond.}} &= \sigma'_{II} \cdot E'_{II_{cond.}} = \sigma'_{II} \cdot E_{II_{cond.}} = \\ &= \gamma \cdot j_{II_{cond.}} = \gamma \cdot \sigma_{II} \cdot E_{II_{cond.}} \end{aligned} \quad (23)$$

$$\begin{aligned} j'_{\perp_{cond.}} &= \sigma'_{\perp} \cdot E'_{\perp_{cond.}} = \sigma'_{\perp} \cdot \gamma E_{\perp_{cond.}} = \\ &= j_{\perp_{cond.}} = \sigma_{\perp} \cdot E_{\perp_{cond.}} \end{aligned} \quad (24)$$

where σ'_{II} , σ_{II} , $\sigma'_{\perp}$ and $\sigma_{\perp}$ are the conductivities in the coordinate systems S' and S . From (23) and (24) the following relations occur:

$$\sigma'_{II} = \gamma \cdot \sigma_{II}, \quad \sigma'_{\perp} = \frac{\sigma_{\perp}}{\gamma}. \quad (25)$$

The corresponding relations of the resistivities are as follows:

$$\rho'_{R_{II}} = \frac{1}{\sigma'_{II}} = \frac{1}{\gamma \cdot \sigma_{II}} = \frac{\rho_{R_{II}}}{\gamma},$$

$$\rho'_{R_{\perp}} = \frac{1}{\sigma'_{\perp}} = \frac{\gamma}{\sigma_{\perp}} = \gamma \cdot \rho_{R_{\perp}}. \quad (26)$$

Then using (26), the relations among the resistances and the conductances in the coordinate systems S' and S can be extracted:

$$R'_{II} = \frac{\rho'_{R_{II}} \cdot \lambda'_{II}}{S'_{\perp}} = \frac{1}{G'_{II}} = \frac{\rho_{R_{II}} \cdot \gamma \cdot \lambda_{II}}{\gamma \cdot S_{\perp}} = \frac{\rho_{R_{II}} \cdot \lambda_{II}}{S_{\perp}} = R_{II} = \frac{1}{G_{II}}$$

$$R'_{\perp} = \frac{\rho'_{R_{\perp}} \cdot \lambda'_{\perp}}{S'_{II}} = \frac{1}{G'_{\perp}} = \frac{\gamma \cdot \rho_{R_{\perp}} \cdot \lambda_{\perp}}{\gamma \cdot S_{II}} = \frac{\rho_{R_{\perp}} \cdot \lambda_{\perp}}{S_{II}} = R_{\perp} = \frac{1}{G_{\perp}}. \quad (27)$$

Another important relations can be extracted for the capacitances (C'_{II} , C_{II} , $C'_{\perp}$, $C_{\perp}$) and the inductances (L'_{II} , L_{II} , $L'_{\perp}$, $L_{\perp}$) of the reactive elements in the coordinate systems S' and S :

$$q'_{C'_{II}} = C'_{II} \cdot u'_{II\text{cond.}} = C'_{II} \cdot \gamma \cdot u_{II\text{cond.}} = q_{C_{II}} = C_{II} \cdot u_{II\text{cond.}} = \text{inv.}$$

$$q'_{C'_{\perp}} = C'_{\perp} \cdot u'_{\perp\text{cond.}} = C'_{\perp} \cdot \gamma \cdot u_{\perp\text{cond.}} = q_{C_{\perp}} = C_{\perp} \cdot u_{\perp\text{cond.}} = \text{inv.}$$

$$C'_{II} = C_{II} / \gamma, \quad C'_{\perp} = C_{\perp} / \gamma. \quad (28)$$

$$\Psi'_{L'_{II}} = L'_{II} \cdot i'_{II\text{cond.}} = L'_{II} \cdot \gamma \cdot i_{II\text{cond.}} = \Psi_{L_{II}} = L_{II} \cdot i_{II\text{cond.}} = \text{inv.}$$

$$\Psi'_{L'_{\perp}} = L'_{\perp} \cdot i'_{\perp\text{cond.}} = L'_{\perp} \cdot \gamma \cdot i_{\perp\text{cond.}} = \Psi_{L_{\perp}} = L_{\perp} \cdot i_{\perp\text{cond.}} = \text{inv.},$$

$$L'_{II} = L_{II} / \gamma, \quad L'_{\perp} = L_{\perp} / \gamma. \quad (29)$$

Here, $q'_{C'_{II}}$, $q_{C_{II}}$, $q'_{C'_{\perp}}$ and $q_{C_{\perp}}$ are the electric charges of the capacitors; $\Psi'_{L'_{II}}$, $\Psi_{L_{II}}$, $\Psi'_{L'_{\perp}}$ and $\Psi_{L_{\perp}}$ are the magnetic flux linkages of the coils in the coordinate systems S' and S .

IV. Numeric Examples

Example 1: Given the electric circuits in Fig. 1, where: $e'_{\perp} = 2V$, $R'_{II} = R'_{\perp} = 1\Omega$, $v = 260000 \text{ km/s}$. Find the quantities and the parameters in both coordinate systems.

Solution:

The coefficient of relativity is: $\gamma = 2$. In the coordinate system S' the following results are valid:

$$e'_{\perp} = e'_{\perp\text{cond.}} = u'_{e'_{\perp}} = u'_{e'_{\perp\text{cond.}}} = 2V = u'_{\perp\text{cond.}} + u'_{II\text{cond.}} = 1V + 1V,$$

(KVL for the loop of the circuit in Fig. 1(a));

$$i'_{II} = i'_{II\text{cond.}} = i'_{\perp} = i'_{\perp\text{cond.}} = \frac{e'_{\perp\text{cond.}}}{R'_{II} + R'_{\perp}} = \frac{2V}{1\Omega + 1\Omega} = 1A,$$

(KCL for node (a) in Fig. 1(a));

$$P'_{R'_{II}} = u'_{II\text{cond.}} \cdot i'_{II\text{cond.}} = 1V \cdot 1A = 1W, \quad (\text{Power of the horizontal resistor in Fig. 1(a)});$$

$$P'_{R'_{\perp}} = u'_{\perp\text{cond.}} \cdot i'_{\perp\text{cond.}} = 1V \cdot 1A = 1W, \quad (\text{Power of the vertical resistor in Fig. 1(a)}).$$

The balance of powers is as follows:

$$P'_{e'_{\perp}} = e'_{\perp\text{cond.}} \cdot i'_{\perp\text{cond.}} = 2V \cdot 1A = P'_{R'_{II}} + P'_{R'_{\perp}} = 1W + 1W.$$

In the coordinate system S the following results are valid: $e_{\perp\text{cond.}} = u_{e_{\perp\text{cond.}}} = u'_{e_{\perp\text{cond.}}} / \gamma = 2V / 2 = 1V$;

$$u_{II\text{cond.}} = \frac{u'_{II\text{cond.}}}{\gamma} = \frac{1V}{2} = 0.5V; \quad u_{\perp\text{cond.}} = u'_{\perp\text{cond.}} / \gamma = 1V / 2 = 0.5V;$$

$$e_{\perp\text{cond.}} = 1V = u_{\perp\text{cond.}} + u_{II\text{cond.}} = 0.5V + 0.5V, \quad (\text{KVL for the loop of the circuit in Fig. 1(b)});$$

$$i_{II\text{cond.}} = i'_{II\text{cond.}} / \gamma = 1A / 2 = 0.5A;$$

$$i_{\perp\text{cond.}} = \frac{i'_{\perp\text{cond.}}}{\gamma} = \frac{1A}{2} = 0.5A; \quad i_{II\text{cond.}} = i_{\perp\text{cond.}}, \quad (\text{KCL for node (a) in Fig. 1(b)});$$

$$P_{R_{II}} = u_{II\text{cond.}} \cdot i_{II\text{cond.}} = 0.5V \cdot 0.5A = 0.25W, \quad (\text{Power of the horizontal resistor in Fig. 1(b)});$$

$$P_{R_{\perp}} = u_{\perp\text{cond.}} \cdot i_{\perp\text{cond.}} = 0.5V \cdot 0.5A = 0.25W, \quad (\text{Power of the vertical resistor in Fig. 1(b)}).$$

The balance of powers is as follows:

$$P_{e_{\perp}} = e_{\perp\text{cond.}} \cdot i_{\perp\text{cond.}} = 1V \cdot 0.5A = P_{R_{II}} + P_{R_{\perp}} = 0.25W + 0.25W.$$

The resistances are: $R_{II} = R'_{II} = 1\Omega$; $R_{\perp} = R'_{\perp} = 1\Omega$.

Example 2: Analyze an electric circuits similar to that in Fig. 1, where the voltage source is disposed horizontally: $e'_{II} = 2V$, $R'_{II} = R'_{\perp} = 1\Omega$, $v = 260000 \text{ km/s}$.

Solution:

The results in the coordinate systems S' and S are the same as in the previous example. In the coordinate system S the e.m.f. of the source is:

$$e_{II\text{cond.}} = u_{e_{II\text{cond.}}} = u'_{e_{II\text{cond.}}} / \gamma = 2V / 2 = 1V.$$

V. Conclusions

As a result the basic laws in relativistic form for fast moving electric circuits in DC regimes are extracted. A group of relativistic relations for the quantities and the parameters of these circuits are presented, too. Some relations about the powers are shown additionally. Two numeric examples illustrate these relations, too. All they can be very interesting to the electrical engineers who need to utilize STR in order to determine the quantities and the parameters of fast moving circuits. In this way RCT is also with open way out. Here, the explorations cover a small part of RCT, connected with the DC regimes. The main task is to inspire the curiosity about the fast moving electric circuits, because the relativistic effects exist around us. In this way it can be very useful for prediction and explanation of new EM processes, phenomena and effects in fast moving electric circuit...

References

- [1] J.C. Maxwell, A Treatise on Electricity and Magnetism, vol. I, vol. II, London, Macmillan and co., 1873.
- [2] A. Einstein, “Zur elektrodynamik bewegter körper”, Annalen der Physik, 17, 1905, pp. 891-921. (in German)
- [3] A. Einstein, and J. Laub, “Über die elektromagnetischen grundgleichungen für bewegte körper”, Annalen der Physik, 331(8), 1908, pp. 532-540. (in German)
- [4] R. Feynmann, R. Leighton, and M. Sands, The Feynmann Lectures on Physics, vol. 1, Addison Wesley Publishing House, Inc., 1964.
- [5] C. Kittel, W.D. Knight, and M.A. Ruderman, Mechanics, Berkeley Physics Course, vol. I, N. Y., McGraw-Hill Book Co., 1963.
- [6] R. Feynmann, R. Leighton, and M. Sands, The Feynmann Lectures on Physics, vol. 2, Addison Wesley Publishing House, Inc., 1964.
- [7] E.M. Purcell, Electricity and Magnetism, Berkeley Physics Course, vol. II, N. Y., McGraw-Hill Book Co., 1965.
- [8] K. Simonyi, Theoretical Electrical Engineering, Moscow, Mir, 1964. (in Russian)
- [9] E.I. Panov, Rotary Theory of the Magnetic Field, (monograph, 148p.), Germany, LAP Lambert Academic Publishing, 2015-09-29. ISBN 978-3-659-78098-1
- [10] E. Panov, “On the electrodynamics of moving bodies according to the rotary theory”, Proceedings of the Second International Scientific Conference “Intelligent Information Technologies for Industry” (IITI’17), Advances in Intelligent Systems and Computing 680, vol. 2, Varna, Bulgaria, 2017, pp. 280-289. Springer (SCOPUS), ISSN 2194-5357, ISSN 2194-5365 (electronic), ISBN 978-3-319-68323-2, ISBN 978-3-319-68324-9 (eBook), Doi:10.1007/978-3-319-68324-9_31
- [11] E. Panov, “On another proof of the formula $E = m \cdot c^2$ according to the rotary theory”, Annual Journal of the Technical University of Varna, vol. 1, issue 1, 2017, pp. 13-20. ISSN 2603-316 (Online), Doi:10.29114/adjtuv.vol1.iss1.22
- [12] W.Jr. Pauli, Theory of Relativity, London, Pergamon Press, 1958.
- [13] E.A. Meerovich, Methods of the Relativistic Electrodynamics in Electrical Engineering, Moscow, Energia, 1966. (in Russian)
- [14] K.M. Polivanov, Electrodynamics of Moving Bodies, Moscow, Energoizdat, 1982. (in Russian)
- [15] E.A. Meerovich, and B.E. Meierovich, Methods of the Relativistic Electrodynamics in Electrical Engineering and in Electrical Physics, Moscow, Energoatomizdat, 1987. (in Russian)

За контакти

Емил Иванов Панов
Технически Университет – Варна, България
Катедра „Теоретична и измервателна електротехника“
9010 Варна, ул. „Студентска“ № 1
e-mail: eipanov@yahoo.com

ОСОБЕНОСТИ ПРИ РАБОТАТА НА МЪЛНИЕЗАЩИТНАТА СИСТЕМА НА ВЯТЪРНИ ЕЛЕКТРОЦЕНТРАЛИ

Ивайло Неделчев

Abstract: The last few decades a vast increasing of the part of the windfarm energy is observed. During this trend in the windpower growth, the climate changes are more evident. The weather became more unstable and manifestig fast changing behavior. In the northern part of the Bulgarian cost, a big area of windfarm turbines are located to work. Often this installations are bought as the refurbished turbines. All these circumstances increse the risk of damages and makes the operation of the turbine unsure in stress situatons. One of the principal factors for safe operation of this complex system, depends on the reliable protection against lightning strikes. There exist a few main parts in the lightning protection system, which depreciation are most important in order the huge damages of the basic units to be prevented.

Key words: Windfarm turbine, Lightning protection, Damages

1. Въведение

От началото на настоящото столетие се наблюдава значително нарастване на енергията получена от възобновяеми източници. Основен дял от т. нар. „зелена енергия“ представлява енергията получена от вятърните електроцентрали (ВтеЦ). Главните системи в една ВтеЦ са:

- механична система - осъществява превръщането на енергията на вятъра в кинетична енергия;
- електрическа система – превръща механичната енергия в електрическа;
- контролна система – осъществява връзка между всички модули и ситеми, като се следи за поддържането на номинален режим на работа и поддържането на ключовите параметри в техните работни граници;
- комуникационна система - осъществява предаването на данни между всички налични системи, както и към отдалечен диспечерски или контролен пункт;
- защитна система - тя е пряко свързана с контролната система и при всяко събитие, свързано с драстично отклонение на някой от ключовите параметри на системата (скорост на вятъра, отпадане на захранване, поява на пренапрежение и т.н.), задейства началото на алгоритъм водещ до спиране на ВтеЦ и привеждането й в безопасно начално състояние [1].

Важен компонент от защитната система на една ВтеЦ е нейната способност

да устоява на пренапреженията индуцирани от пряко или непряко попадение на мълнии. При някой от съвременните ВтеЦ, височината на кулата, където е разположена гондолата с турбинта достига до 130 м., а роторът до 140. Мощността на големите ВтеЦ често е в границите 7,5 - 8 MW. Предвид масивните и обемни подвижни компоненти (крила, ротор, гондола), както и големите размери на съоръжението, при реализацията на мълниезащитната система са въведени ред конструктивни особености. Освен това отвеждането на голямо количество заряд индуциран от електрическата мълния без това да навреди на работата на останалите системи на централата, представлява сериозна трудност. В Североизточна България, където ветровият потенциал е в изобилие, значително често се срещат ВтеЦ реновирани и въведени в експлоатация у нас след продължителна работа във ветропарковете на Западна Европа. Това често намалява надеждността на мълниезащитната им система, особено при мълнии с пикова стойност на тока от 100 kA и стръмност на фронта на нарастване над 150 - 200 kA/μs. Настоящата статия разглежда особеностите при осъществяването на мълниезащитата на ВтеЦ, както и параметрите на основни възли от нея, които могат да имат ключова роля за пораженията при евентуално попадение на мълния.

2. Основни елементи на мълниезащитната система на ВтеЦ

Мълниезащитната система се състои от няколко основни елемента (фиг. 1 а):

- рецептор,
- проводници в крилата,
- четки между лагерите на генератора,
- четки към лагерите на кулата и гондолата,
- вертикален проводник,
- връзки между секциите на кулата,
- връзка между основата на кулата и заземителното огнище,
- фундаментен заземител,
- катодни отводители тип 1 и 2 съгласно действащите стандарти: IEC 61400-24, IEC 61643-21, IEC 60364-4-44 [2, 3, 4, 5].

На фиг 1 б) е представена еквивалентна електрическа схема на елементите от заземителния контур със съответните им означения:

- Z_b - импеданс на крилото подложено на въздействието на импулсния ток на мълнията – включва импеданса на рецептора и този на свързващото медно въже;

- Z_{nbr} - собствен и контактен импеданс на четките между главния лагер на гондолата и ротора на крилата, осъществяващ галваничната връзка на тока от рецептора към гондолата;

- Z_{nc} - импеданс на вътрешните връзки в гондолата, който включва евентуални контактни съпротивления формирани от лагерите на редуктора и генератора;

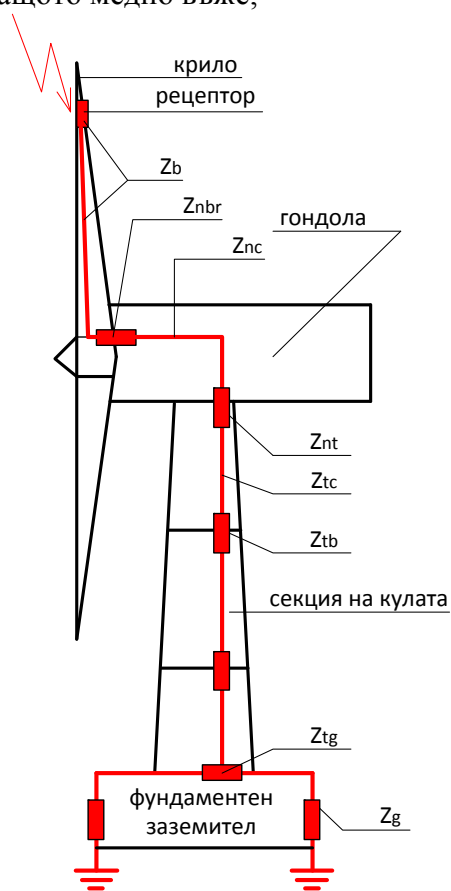
- Z_{nt} - собствен и контактен импеданс формиран от връзката между гондолата последната секция на кулата;

- Z_{tc} - собствен импеданс на заземителния проводник в секция на кулата;

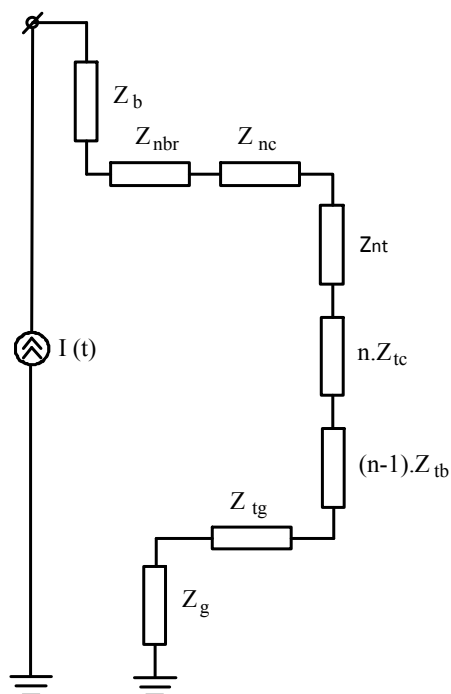
- Z_{tb} - собствен и контактен импеданс на вътрешните връзки между секциите на кулата (n – брой на секциите на кулата);

- Z_{tg} - собствен и контактен импеданс на клемата за изравняване на потенциалите в основата на кулата;

- Z_g - импеданс на фундаментния заземител.



а)



б)

Фиг. 1 Опростена схема на мълниезащитната инсталация на ВтЕЦ

а) основни компоненти б) електрическа еквивалентна схема на мълниезащитния контур

Всички елементи в електрическата схема са представени като импеданси, поради две причини:

- импулсният характер на тока на мълнията,
- размера на конструкцията и свързващите проводници, които поради големите дължини (често над 100 м.) могат да се разглеждат като дълга линия с разпределени параметри (със собствено съпротивление, индуктивност и капацитет) [6].

3. Механизъм на въздействие на мълнията върху системите на ВтЕЦ

Изменението на тока на мълнията има импулсен характер, който аналитично може да се опише чрез [7]:

$$i(t) = \frac{I_p}{\eta} \cdot \frac{\left(\frac{t}{\tau_1}\right)^n}{1 + \left(\frac{t}{\tau_1}\right)^n} e^{-\left(\frac{t}{\tau_2}\right)}, \quad (1)$$

където: I_p е пиковата стойност на тока на мълнията (в редки случаи достига над 100 кА), η , n – коригиращи коефициенти ($\eta \approx 1$, $n > 10$), τ_1 и τ_2 – времена съответно на нарастване и спадане на $i(t)$.

Други важни параметри на тока на мълнията са [8]:

- стръмност на нарастване – S_I – представлява производната на тока по времето (достига до 150 - 200 кА/μs):

$$S_I = \frac{di}{dt} \approx \frac{I_p}{\tau_1}, \quad \frac{kA}{\mu s}; \quad (2)$$

- специфична енергия E_S (до 10 MJ/Ω):

$$E_S = \frac{E}{R} = \int i^2 dt, \quad \frac{J}{\Omega}, \quad (3)$$

където R е съпротивлението на контура на разряда, E_S е пълната енергия на мълнията;

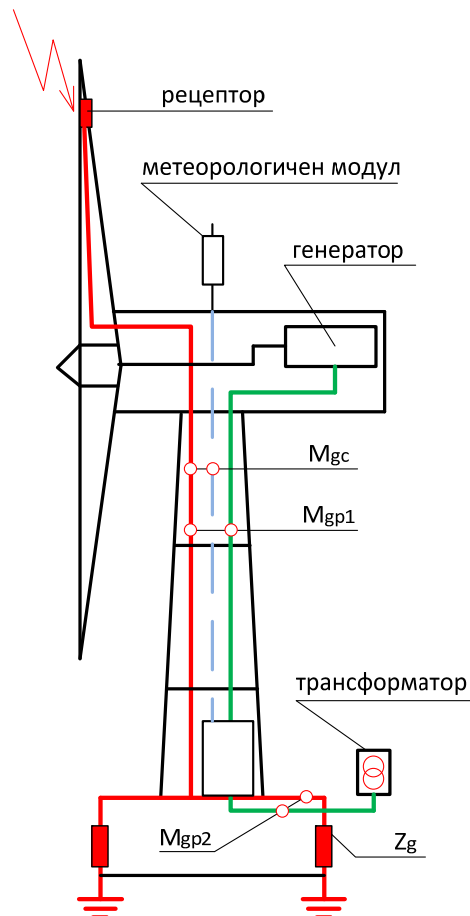
- пълнен заряд на мълнията – Q (максимални стойности до 100 - 200 С) [9].

Въздействието на мълнията върху системите на ветрогенератора се проявява в две направления (фиг. 2):

- пряко влияние на протичащия ток през мълниезащитния контур – зависи главно от пиковата стойност на тока I_p и от съпротивлението на контура R ,

- непряко влияние – проявява се поради наличието на магнитно поле около мълниезащитния контур и индуцираното от него електродвижещо напрежение в

съседните проводящи контури на ветрогенератора, както и от токовете на утечка от мълниезащитния контур към съседни линии или метални корпуси на други елементи.



Фиг. 2 Влияние между мълниезащитния контур и съседните работни контури – захранващи линии и комуникационна система

Прякото влияние има разрушителен ефект, поради високите стойности на нагряване на всички елементи в контура, както и вследствие електродинамичните сили, породени от високата стойност на I_p . Най-силно то се проявява в елементите с високо електрическо съпротивление, които разсейват по-голямото количество от енергията на мълнията, отделена от мълниезащитния контур [10]. Непрякото влияние зависи силно от стръмността на нарастване на тока на мълнията – S_I . Обуславя се и от наличието на високи стойности на взаимната индуктивност и взаимния капацитет спрямо близко разположените линии от системата. Често това са контурите на комуникационната система и на генераторните линии. Силен

ефект може да окаже извеждането на заряда на мълнията в земята чрез фундаментния заземител. Той може да въздейства на изходящите линии към трансформатора за средно напрежение - 0,69/20 kV [1]. Индуктивното влияние между мълниезащитния контур и тези на генератора, комуникациите и външните захранващи линии се изрзават чрез съответните взаимни индуктивности:

$$M_{gp1} = \frac{\Phi_l}{I_p}, M_{gc} = \frac{\Phi_c}{I_p}, M_{gp2} = \frac{\Phi_{p2}}{I_p}, \frac{H}{m}. \quad (4)$$

Ако се приеме равна дължина на контурите по цялата височина на кулата и равноотдалечени комуникационни и генераторни линии от мълниезащитния контур, то практически $M_{gp1} = M_{gc} = M$. При височина на кулата $L = 100$ m. и разстояние между проводниците $d = 1$ m., M може да се изчисли чрез израза за взаимна индуктивност между два проводника [10]:

$$M = \frac{\mu_0 L}{2\pi} \left(\ln \frac{2L}{d} - 1 \right) \approx 86 \mu H, \quad (5)$$

където $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Н/м е магнитната проницаемост на вакуума.

Тъй като според закона на Фарадей :

$$e(t) = -\frac{d\Phi}{dt}, \quad (6)$$

имайки пред вид (5) и граничните стойности за стръмността на нарастване на тока на мълнията, може да се намери индуцираното пиково е.д.н. в съседен контур:

$$e_p = -M \frac{di}{dt} = -86 \cdot 10^{-6} \cdot 200 \cdot 10^9 = -17,2 MV$$

Взаимните капацитети като цяло имат по-слабо влияние, но те са най-значими в местата, където има преходи на мълниезащитния контур в близост до металните повърхности на кропуса, което не влияе съществено върху системите на ветрогенератора. По-голямо е тяхното въздействие върху комуникационните линии и в местата на преход между тях, тъй като там има възможност за прекъсване на екранирането им а и те са по-чувствителни към индуциран външен заряд. Общото влияние на мълнията чрез взаимния капацитет върху комуникационните линии може да се изрази като:

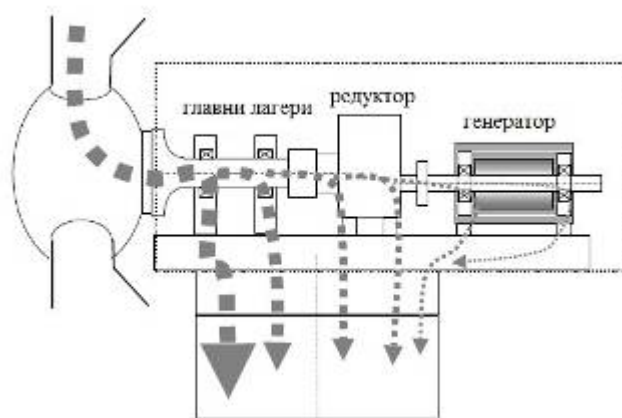
$$C_{gc} = \frac{q_c}{U_p}, \quad (7)$$

където q_c е зарядът индуциран в контур на комуникационната система, а U_p е напрежението на заземителния проводник.

4. Анализ на ключовите фактори в системата и ефекти от пораженията на мълния

Въздействието на заряда на мълнията върху всички елементи от мълниезащитния контур, предизвиква появата на преходни процеси и реактивен характер на преходните съпротивления които при високите стойности на I_p , както и голямата стръмност на нарастване S_I , се проявяват като нелинейни импеданси. Обикновено в местата на лагеруване на подвижните модули на ВтЕЦ се използват медно-графитни четки, а там където има граница между две неподвижни повърхности на метални корпуси от модулите на ветрогенератора, се свързват с литцендрат.

Съпротивлението на твърдата връзка или посредством четките трябва да бъде с минимална стойност, а контактната им повърхност такава, че да осигури минимално преходно съпротивление и да създаде безпрепятствено протичане на големия импулсен ток. Тяхното предназначение е да провеждат по голямата част от заряда на мълнията. При случаите на мълния с пиков ток от 100 kA (под 2% от всички попадения [9]), това не е възможно да се изпълни.



Фиг. 3 Разпределение тока на мълнията през конструктивните елементи на ВтЕЦ

В комбинация с отработените часове на ветрогенератора и напреднал стадий на стареене на компонентите на мълниезащитния контур (при инсталиране на реновирана ВтЕЦ), това довежда до преразпределение на тока на мълнията през лагерите на генератора, ротора и редуктора (фиг. 3).

Основната част от пълния заряд на мълнията преминава през лагера на гондолата към кулата. Градиента на постъпилата специфична енергия до $10 \text{ MJ}/\Omega$ представлява $2,78 \text{ kWh}/\Omega$ за около 1 ms . По-малките по обем елементи (лагери на генератор и редуктор) не могат да разсеят голямото количество постъпила енергия за толкова кратко време и при тях настъпва рязко резистивно нагряване.



Фиг. 4 Локално разтопяване по вътрешния ринг на преден генераторен лагер и спукването му вследствие на мълния



Фиг. 5 Нарушение на обшивката на крило при върха

Резултат от този ефект е спукването на лагер на генератор или редуктор както и локално разтопяване на търкалящите се елементи в местата на контакт (фиг.4).

Друг ефект от преминването на заряд с такава голяма специфична енергия е разрушаването на едно или няколко крила от ротора или на тяхната обшивка около върха (фиг. 5) или рецептора (фиг.6). Крилата се изготвят от електроизолационни композитни материали, като те създават път за отвеждане на заряда по повърхността чрез метални мрежи или в обема чрез проводник и рецептор. Често електродинамичните сили и рязкото отделяне на газ при нагряването на материала, довежда до разрушаване на крилото.



Фиг. 6 Нарушение на обшивката около рецептора

От направения обзор на основните компоненти на мълниезащитната система на ВтЕЦ, може да се установят основните влияещи фактори върху съпротивлението на контура, респективно да се намерят рисковите елементи в системата при евентуално попадение на мълния с голям заряд.

5. Изводи и заключение

Анализът на основните параметри, влияещи на работата на мълниезащитната система на една ВтЕЦ, позволява да се установят компонентите в мълниезащитния контур, оказващи най-голямо влияние при отвеждането на заряда на мълнията към земя. Направените допускания касаят мълнии с малка статистическа вероятност за поява, но с големи разрушителни възможности. Извършеният обзор за определяне пиковите стойности на основни електрофизични параметри, пряко свързани с щетите при

попадения на мълнии и с високи енергийни параметри, дава възможност за по-правилен избор на защитната апаратура (арестери, прекъсвачи, заземители, екраниране) и за по адекватно разположение и конфигурация на защитните контури спрямо работните системи на ВтЕЦ при проектирането ѝ. При изграждането на нова ВтЕЦ, наред със съблюдаването на действащите наредби е необходим и индивидуален подход оценяващ риска и надеждността на системата за всяка конкретна ситуация.

За контакти:

9010 Варна, ул. “Студентска”1
Технически университет -Варна

гл.ас., д-р инж. Ивайло Неделчев,
е-mail: iynedelchev@tu-varna.bg

Литература:

- [1] Tony Burton, David Sharpe, Nick Jenkins, Wind energy handbook, Ervin Bossanyi, Garrad Hassan & Partners, Bristol, 2001
- [2] Technical description Lightning protection system, Neg Micon, 2003 available online : <https://www.edprnorthamerica.com/wp-content/uploads/2014/04/AppendixA-Lightning-Protection.pdf.pdf>
- [3] IEC 61400-24:2010 Wind turbines - Part 24: Lightning protection
- [4] IEC 60364-4-44 Low-voltage electrical installations – Part 4-44: Protection for safety – Protection against voltage disturbances and electromagnetic disturbances
- [5] Lightning protection guide, Dehn&Söhne, 2014
- [6] A. Candela Garolera, J. Holboell, S. F. Madsen, and C. F. Miertiz, Modeling of lightning streamer formation and propagation in wind turbine blades, International Conference On Lightning and Static Electricity, 2013, Seattle, September 2013
- [7] F.Heidler, J.Cvetic, A Class of Analytical Functions to Study the Lightning Effects Associated With the Current Front, ETEP Vol. 12, No. 2, March/April 2002
- [8] F.Heidler, Z.Flisowski, W.Zischank, Ch.Bouqueneau, C.Mazzetti, Parameters of Lightning Current Given in IEC 62305-Bckground, Experience and Outlook, 29-th International conference on Lightning Protection, June 2008, Upsala.
- [9] International Council on Large Electric Systems. Available online: <http://www.cigre.org/>
- [10] С. Фархи, С. Папазов. ТЕоретична електротехника, София, Техника, 1987.

ISSN 1310-5833
