МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

МІШКОЛЬЦЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ (УГОРЩИНА)
МАГДЕБУРЗЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ (НІМЕЧЧИНА)
ПЕТРОШАНСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ (РУМУНІЯ)
ПОЗНАНСЬКА ПОЛІТЕХНІКА (ПОЛЬЩА)
СОФІЙСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ (БОЛГАРІЯ)

X Міжнародна науково-практична студентська конференція магістрантів

(05–08 квітня 2016 року)

Матеріали конференції

У трьох частинах

Частина 2

Харків 2016

УДК 002
ББК 72:74.58я73
М43

Голова конференції – ректор НТУ „ХПІ” Сокол Є.І.
Співголови конференції: Ілчев І. (Болгарія), Хамрол А.(Польща), Поант А. (Румунія), Стракеляна Й. (Німеччина), Торма А. (Угорщина).
Члени програмного комітету: А.П. Марченко, Г.В. Лісачук, І. Бел, О.Ю. Заковоротний, М. Кавалец, Б. Карпушевський, Ф. Ковач, А. Мамаліс, Д. Патко, С. Радковски, Р.С. Томашевський.
Члени оргкомітету – Р.П. Мигущенко, О.П. Авдєєва, В.В. Воїнов, О.М. Гаврись, В.П. Гамаюн, А.І. Гапон, Л. Дюбнер, В.В. Єпіфанов, Ю.І. Зайцев, М.Й. Заполовський, В.Я. Заруба, А.В. Кіпенський, В.М. Конкін, С.М. Космачов, Я. Кундрак, О.П. Лазуренко, С.А. Лещенко, О.П. Некрасов, П.Г. Перерва, М.А. Погребний, О.М. Рассоха, Ю.Д. Сакара, М.С. Степанов, М.О. Тарасенко, Л.П. Тижненко, В.М. Шамардіна.
Секретаріат конференції – О.О. Водка, А.В. Грабовський, В.В Маліков.

Рекомендовано вченою радою НТУ «ХПІ» (протокол №2 від 11.03.2016р.)

М43 **X Міжнародна** науково-практична студентська конференція магістрантів (05–08 квітня 2016 року): матеріали конференції: у 3-х ч. – Ч. 2 / за ред. проф. Є.І. Сокола. – Харків : НТУ «ХПІ», 2016. – 260 с.

ISBN 978-617-05-0171-4 (повне видання)
ISBN 978-617-05-0173-8 (ч. 2)

До збірки включено тези доповідей, представлених на X Міжнародній науково-практичній студентській конференції магістрантів, яка відбулась 05–08 квітня 2016 року.

УДК 002
ББК 72:74.58я73

ISBN 978-617-05-0173-8 (ч. 2)

© НТУ «ХПІ», 2016

ЗМІСТ

Секція 6. Нові матеріали, комп'ютерна графіка та сучасні технології обробки металів 4

Секція 7. Фундаментальні та прикладні проблеми фізики 48

Секція 8. Мікропроцесорна техніка в автоматиці та приладобудуванні 69

Секція 9. Електромеханічні та електричні перетворювачі 76

Секція 10. Сучасні інформаційні та енергозберігаючі технології в енергетиці 153

Секція 11. Сучасна хімія та хімічна технологія: теорія та практика 210

СЕКЦІЯ 6. НОВІ МАТЕРІАЛИ, КОМП'ЮТЕРНА ГРАФІКА ТА СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБКИ МЕТАЛІВ

УДК 621.91

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ТЕРМОФРИКЦИОННОГО УПРОЧНЕНИЯ ОБРАЗЦОВ С ПЕРЕМЕННЫМ СЕЧЕНИЕМ

***М.С. АЗАРОВ*[1*], *О.А. ВОЛКОВ*[2], *Н.А. ПОГРЕБНОЙ*[3]**

[1] *магистрант кафедры Материаловедения, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[2] *старший преподаватель кафедры Материаловедения, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[3] *профессор кафедры Материаловедения, канд. техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[*] *email: ann161169@yandex.ru*

В работе рассматривается исследование особенностей упрочнения термофрикционной обработкой (ТФО) образцов с переменным сечением и влияния угла заточки на микроструктуру и микротвердость сечения ножей, а также глубину упрочнения, начиная от кромки режущего инструмента. Анализ микроструктур деревообрабатывающих ножей показал, что в рабочей поверхности этого инструмента (с углами заточки 30°, 45°, 60°) имеет место появление поверхностного «белого» слоя который можно назвать упрочненным слоем на основе визуального сравнения отпечатков микротвердости в образцах.

Микроструктуры образцов по сечению приведены на рис. 1, 2, 3.

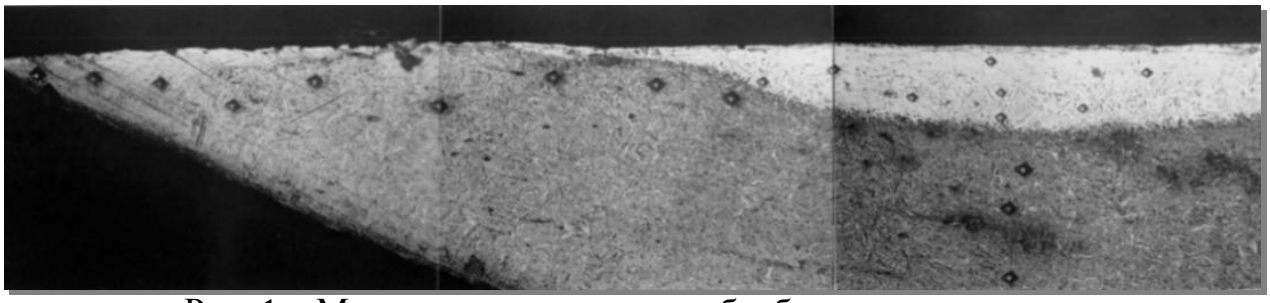


Рис. 1 – Микроструктура деревообрабатывающего ножа с углом заточки 30° после ТФО, × 200

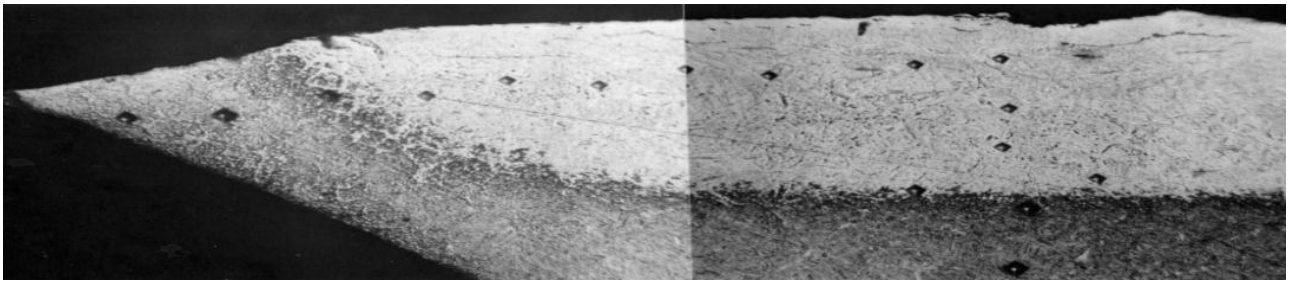


Рис. 2 – Микроструктура деревообрабатывающего ножа с углом заточки 45° после ТФО, × 200

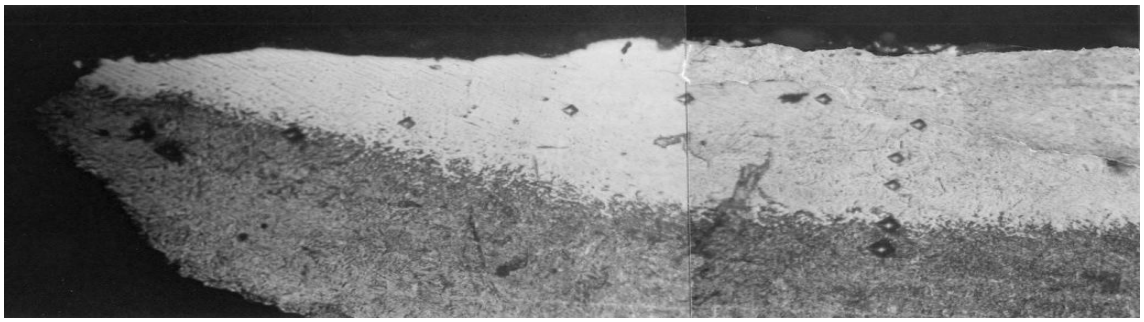


Рис. 3 – Микроструктура деревообрабатывающего ножа с углом заточки 60° после ТФО, × 200

Из фотографий микроструктур видно, что полученные «белые слои» имеют достаточно светлую структуру, что говорит об их слабой травимости, однако выявленные фрагменты структуры, позволяют характеризовать структуру «белого» слоя как более мелкодисперсную по сравнению со структурой основного металла. Кроме того, в процессе ТФО деревообрабатывающих ножей с разным углом заточки имеет место существенное повышение твердости их поверхностных слоев, которое тем эффективнее, чем больше угол заточки, что отражено в таблице 1:

Таблица 1:

Режим ТФО	Угол заточки ножей, °	Микротвердость, МПа			Глубина упрочнения, мкм	Расстояние от кромки до упрочненного слоя, мкм
		Зона упрочнения	Зона разупрочнения	Зона основного металла		
Скорость подачи S = 30 мм/с Глубина обработки t=0,5мм	30	11140	4500	5500	150	650
	45	11660	4200	5500	250	300
	60	12870	4000	5500	300	200

Совместный анализ всех полученных в данной работе результатов позволяет сделать ряд выводов относительно изменений структуры и свойств плоского инструмента с разным углом заточки при упрочнении его рабочей части путем ТФО. Таким образом, по всем показателям видно, что оптимальным для упрочнения оказался деревообрабатывающий нож с углом заточки кромки в 60°, то есть наблюдается такая тенденция: чем тупее угол заточки, тем эффективнее степень упрочнения при ТФО. Однако в комплексе с изучением влияния угла заточки на эффективность упрочнения при ТФО необходимо также учитывать влияние этого угла на режущие свойства ножей, поэтому этот вопрос требует дальнейшего изучения.

Список литературы:

1. Гурей И.В. Влияние фрикционного упрочнения на величину остаточных напряжений / И.В. Гурей, Т.А. Гурей, М.И. Пашечка // Конструирование, производство и эксплуатация сельскохозяйственных машин. – 2000. – Вып. 29. – С. 24–29.

УДК 621.74

ИНЖЕНЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛИТЫХ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ БЕССТУПЕНЧАТОЙ ГОМТ КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ ТРАКТОРА

***М.П. АКСЕНЕНКО*[1*], *О.В. АКИМОВ*[2]**

[1] *магистрант кафедры литейного производства, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[2] *заведующий кафедры литейного производства, профессор, д-р. тех. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[*] *email: petrovna1202@mail.ru*

На сегодняшний день в условиях производства узлов и агрегатов для автотракторной промышленности существует тенденция к сокращению сроков проектирования новых узлов и деталей при повышении требований к прочностной надежности, что приводит к постоянному усовершенствованию конструкции и технологии производства отдельных деталей.

Современное состояние вопроса о проектировании деталей и САПР технологической подготовки производства на одном из определяющих этапах производства деталей, – изготовления отливок коробок передач, - не позволяет говорить об эффективном управлении качеством. Причина этого – не изученность многих процессов, протекающих в процессе формирования отливки, и определяющих, в конечном счете, реальную, а не теоретически спроектированную конструкцию детали. Поэтому актуальной представляется проблема разработки методологии проектирования литых деталей и их узлов с использованием компьютерно-интегрированных систем и технологий.

Использование принципа обобщенного решения инженерных задач легло в основу выполнения договора №19522 от 11 февраля 2015 года, заключенного между ПАО «Харьковский тракторный завод им. С. Орджоникидзе» и Национальным техническим университетом «Харьковский политехнический институт», на тему «Инженерное моделирование литых корпусных деталей бесступенчатых гидрообъемно-механической коробки передач трактора в диапазоне мощности двигателя 240-300 л. с.», который составил направление научной работы.

Большинство литых деталей коробок передач транспортного и специального назначения изготавливается способом литья, при проектировании которого в основу должны быть заложены технологические аспекты изготовления, а также возможные различные литейные дефекты. Данные дефекты возникают из-за отсутствия методов и инструментария оказания влияния на технологические режимы производства.

Основной частью рассматриваемой ГОМТ является картер входной, от качества которого будут зависеть требуемые характеристики, заложенные на стадии проектирования. Требования к качеству и надежности литых деталей закладываются и выполняются, согласно техническим условиям, на стадии

производства при использовании методик определения технологических дефектов.

Получение качественного картера на этапе литья состоит из двух основных процессов: заливки расплавленного сплава в форму и формирования литой детали в процессе фазового перехода при охлаждении и кристаллизации.

Анализ качества литого картера выполнен с применением универсальной технологии комплексного компьютерно-интегрированного проектирования литых деталей с применением инженерного моделирования тепловых и гидродинамических параметров литья. Моделирование литейных процессов, протекающих при изготовлении литой детали картера, выполняется для выявления мест образования дефектов, определения их расположения и предположительного размера, а также для последующего анализа процесса фазового перехода при охлаждении отливки.

В ИКС SolidWorks была создана 3D-модель отливки картера с технологической литниково-питающей системой.

С использованием модуля 3D-импорта, встроенного в ИКС NovaFlow, модель картера с литниково-питающей системой, а также моделью формы конвертировалась в конечно – объемную модель.

Анализ динамики охлаждения отливки, фазового перехода, связанности зон, кристаллизующихся последними, позволили определить места возможного появления дефектов усадочного характера.

Окончательный вывод был сделан, исходя из анализа расположения усадочных дефектов. Критерием для определения мест расположения усадочных дефектов и их величины является коэффициент усадки, он использован нами для предсказания пористости и усадочных раковин, достаточно больших для обнаружения методом радиографического тестирования.

Найденные дефекты позволяют утверждать, что брак литого изделия может составлять 5-6% от годного литья.

Из результатов инженерного моделирования тепловых и гидродинамических процессов литья - картера входного следует, что дефекты усадочного характера могут являться концентраторами напряжений в конструктивных элементах детали, а значит, могут оказать влияние на прочностные характеристики в процессе эксплуатации.

Результаты исследований позволили сформировать граничные и начальные условия для моделирования напряженно-деформированного состояния картера входного в местах образования усадочных дефектов.

Список литературы:

1. 1. *Флеер Д. Е.* Современное состояние и тенденции развития гидросистем тракторов и сельхозмашин. Аналитический обзор/ *Д. Е. Флеер* // Под ред. И. П. Ксеневича. Минск: ПК ООО "ПолиБиг", 1997. - 105 с.

2. *Тихомиров М. Д.* Основы моделирования литейных процессов. Важные особенности систем моделирования / *М .Д. Тихомиров* // – М. : Литейное производство. – №5. – 2004. С. 24 – 30.

УДК 621.785.5: 621.9.048.7

ЛАЗЕРНОЕ ПОВЕРХНОСТНОЕ ЛЕГИРОВАНИЕ

АЛАА ФАДИЛ АДАН [1*], ***О. В. АКИМОВ*** [2]

[1] *аспирант кафедры литейного производства, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[2] *зав. кафедрой литейного производства, профессор, докт. техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[*] *email: litvo11@kpi.kharkov.ua*

В настоящее время актуальным является вопрос применения ресурсосберегающих технологий для повышения эксплуатационного срока службы нагруженных стальных деталей. Предъявляемые высокие требования к качеству рабочего слоя с одновременным использованием более дешевой матрицы, дали толчок для развития новых экономически целесообразных технологий поверхностного упрочнения, одной из которых является поверхностное легирование, достигаемое различными методами.

Легирование (от лат. ligo – связываю, соединяю) – введение добавок (металлов, неметаллов и их соединений) в металлы и сплавы для придания им определенных физических, химических, механических свойств.

При легировании металлов и сплавов могут образовываться твердые растворы, смеси двух и более фаз, интерметаллиды, карбиды, нитриды, оксиды, бориды и другие соединения легирующих элементов с основой сплава или между собой.

В результате легирования существенно меняются физико-химические характеристики исходного металла или сплава. Легирующие элементы влияют на температуру плавления, характер дефектов кристаллической решетки, на формирование зерен и тонкой кристаллической структуры, область существования аллотропических модификаций и кинетику фазовых превращений, на дислокационную структуру, жаростойкость и коррозионную стойкость, электрические, магнитные, механические, диффузные и многие другие свойства сплавов.

Разработка новых ресурсосберегающих, экологически чистых технологий поверхностного легирования является важной и актуальной задачей.

Лазерное легирование увеличивает многообразие возможных структур диффузионных слоев по сравнению с традиционными способами химико-термической обработки. Фазовым составом слоя можно управлять путем регулирования трех основных параметров обработки: значением энергииимпульса лазерного излучения, количеством наносимой легирующей обмазки и степенью расфокусированности лазерного луча.

Лазерное легирование приводит к существенному упрочнению модифицированного слоя, при этом твердость зон легирования определяется, главным образом, твердостью самих химических соединений. При лазерной обработке поверхности наблюдается повышение износостойкости сталей.

УДК 621. 74. 042 (088.8)

ВІДЦЕНТРОВИЙ СПОСІБ ЛИТТЯ

***Ю.М. АЛЄКСЄЄВА*[1], *К.О. КОСТИК*[2*]**

[1] *магістрант кафедри ливарного виробництва, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2] *доцент кафедри ливарного виробництва, канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[*] *email: eklitus@yandex.ru*

Лиття відцентрове це виготовлення виливків у металевих формах, при якому розплавлений метал піддається дії відцентрових сил. Метал, що заливається, відкидається до стінок форми і, твердіючи, утворить виливок. Цей спосіб лиття широко розповсюджений у промисловості при одержанні пустотілих виливків з вільною поверхнею - чавунних і сталевих труб, кілець, втулок, обичайок і т.п.. Залежно від положення осі обертання форм розрізняють горизонтальні і вертикальні ливарні відцентрові машини. Горизонтальні машини найбільше часто застосовують при виготовленні труб. При одержанні виливків на машинах обертання метал з ковша заливають у форму, укріплену на шпинделі, що приводиться в обертання електродвигуном. Відцентрова сила притискає метал до бічної циліндричної стінки. Форма обертається до повного затвердіння металу, після чого її зупиняють і виштовхують виливок. Складні внутрішні стінки виливка виконують за допомогою стрижнів. Стінки форм для виливків зі складною зовнішньою поверхнею покривають формувальною сумішшю, яку ущільнюють роликами, щоб утворити необхідний рельєф. Виливки отримані методом відцентровою лиття, у порівнянні з виливками, отриманими іншими способами, мають підвищену щільність у зовнішньому шарі.

При литті тіл обертання зі складним зовнішнім контуром (наприклад, втулки, труби з фланцями) створюються утруднення для усадки в осьовому напрямку: у цьому випадку застосовують облицьовані (футеровані) ізложниці. Футерують ізложниці пісчано-глинястими або пісчано-смоляними сумішами, а також сухими теплоізоляційними покриттями . Такі ізложниці зносостійкі, але при цьому зменшується швидкість охолодження металу, що заливається, і погіршується якість поверхні виливка.

Відцентровий спосіб лиття здійснюється по двох схемах. По першій відцентрову силу використовують для утворення порожнини виливка, що здобуває форму циліндра. Вісь виливка збігається з віссю обертання форми. Таким чином, виходять виливки циліндричної форми з отвором заданого діаметра (втулки, труби). Другу схему – центрофугування – застосовують значно рідше. Відцентрову силу використовують тільки для заповнення форми розплавом і кристалізації металу. Весь виливок оформляється самою формою, за звичай виготовленої з формувальної суміші або оболонкової (керамічної). Таким способом можна відливати різні фасонні деталі.

УДК 621.785.53

ГАЗОВЕ АЗОТУВАННЯ ЛЕГОВАНОЇ СТАЛІ

***АЛЬ-РЕКАБИ ДАФЕР В.*[1*], *В.О. КОСТИК*[2]**

[1] *магістрант кафедри Матеріалозновства, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2] *доцент кафедри Матеріалозновства, канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[*] *email: vikakostik@yandex.ua*

У зв'язку з прискореним розвитком техніки вкрай актуальними стали питання підвищення надійності і довговічності деталей машин, приладів, підвищення їхньої якості й ефективності роботи, а також, питання економії металів, боротьби з корозією і зносом деталей машин. Рішення цих проблем, насамперед, зв'язано зі зміцненням поверхневих шарів виробів. Роль їх у довговічності машин і механізмів, приладів та ін. особливо зросла в даний час, тому що розвиток більшості галузей промисловості (авіаційна, ракетна, теплоенергетика, атомна енергетика, радіоелектроніка) зв'язано з підвищенням навантажень, температур, агресивності середовищ, у яких працює деталь.

Змінити властивості поверхні в необхідному напрямку можна різними способами. Відомо чимало способів ХТО, таких як насичення в порошковому середовищі, в рідині, газовий спосіб та насичення в вакуумі. Унікальний комплекс властивостей сталевих виробів досягається азотуванням, що полягає в насиченні поверхневого шару сталі азотом при нагріванні у відповідному середовищі від 500 до 650 °С. У результаті азотування сталь здобуває: високу твердість на поверхні, що не змінюється при нагріванні до 400–450 °С; низьку схильність до задирів і високий опір зносу; високу границю витривалості і кавітаційну стійкість; високий опір корозії в атмосфері, прісній воді і парі.

В наш час, проводяться подальші дослідження даного процесу ХТО, який дозволяє отримувати високу якість поверхні та широке застосування у масовому виробництві.

При дослідженні легованої сталі після газового азотування експериментально встановлено, що з поверхні формується дифузійний шар із послідовно розташованими фазами: $\varepsilon \rightarrow (\varepsilon+\gamma') \rightarrow \gamma' \rightarrow (\alpha+\gamma'_{надл}) \rightarrow \alpha$.

Виявлено, що шляхом насичення поверхні сталевих виробів атомарним азотом можливо отримати дифузійний шар товщиною 0,55 мм з поверхневою твердістю 648 МПа.

Оптимальним режимом зміцнення поверхневого шару легованої сталі при азотуванні в шахтній печі СШАМ при ступені дисоціації аміаку 25–35 % вважаємо режим при температурі в два ступеня 510–530 °С з загальною тривалістю 48 годин.

Результати досліджень можуть бути використані на виробництві та у науково-дослідних роботах.

УДК 621.793.14, 543.442.3

МОЖЛИВОСТІ СТРУКТУРНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ БАГАТОШАРОВИХ ВАКУУМНО-ДУГОВИХ ZrN/CrN ПОКРИТТІВ ШЛЯХОМ ЗМІНИ ТОВЩИНИ НАНОШАРІВ І ПОДАЧІ ПОТЕНЦІАЛУ ЗСУВУ

***Д. Н. БАБЕЦЬ*[1], *Г. О. ПОСТЕЛЬНИК*[2], *О. В.СОБОЛЬ*[3]**

[1] *магістр кафедри Матеріалознавство, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2] *викладач-стажист кафедри Матеріалознавство, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[3] *зав. кафедри Матеріалознавства, професор, докт. фіз. - мат. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[*] *email: sool@kpi.kharkov.ua*

Ефективність роботи виробів в багатьох галузях промисловості тісно пов'язана з досягненнями в галузі інженерії поверхні. Використання нових технологічних рішень дозволило отримати матеріали у вигляді покриттів, які ефективно працюють в умовах дії агресивних середовищ і високих температур. До числа таких матеріалів відносяться багатоперіодні системи, серед яких найбільш високі експлуатаційні характеристики показують багатошарові системи на базі нітридів перехідних металів.

Система ZrN-CrN при багатошаровій побудові у вигляді нанотовщинних шарів, що чергуються може об'єднати в собі високі властивості ZrN - твердість і радіаційну стійкість з кращими якостями CrN - стійкістю до окислення і зносостійкість.

Багатошарові двофазні наноструктурні покриття ZrN/CrN осаджувалися в модернізованій вакуумно-дуговій установці «Булат-6», яка забезпечена імпульсним джерелом живлення. Фазовий склад, структура і субструктурні характеристики вивчалися методом рентгенівської дифрактометрії (ДРОН-4) с використанням Cu-K_α-випромінювання. Для розшифрування дифрактограм використовувалися таблиці міжнародного центру дифракційних даних Powder Diffraction File. Мікроіндентування проводили на установці «Мікрон-гамма».

Встановлена можливість досягнення надтвердого стану в багатошарових вакуумно-дугових покриттях ZrN/CrN с товщиною шарів близько 20 нм. Показано, що використання для структурної інженерії в цьому випадку негативного потенціалу при осадженні в постійній формі призводить до формування твердих розчинів внаслідок міжграничного перемішування. Твердість таких систем не перевищує 30 ГПа. Використання імпульсної форми високовольтного потенціалу зсуву при якій впорядкування атомів, стимульоване підвищеною рухливістю, дозволяє зменшити міжграничне перемішування і досягти ефект підвищеної твердості (до 42 ГПа) при нанометрових товщинах шарів.

УДК 621.793.14, 543.442.3

ВПЛИВ ТИСКУ РОБОЧОЇ АТМОСФЕРИ НА ФОРМУВАННЯ ФАЗОВО-СТРУКТУРНОГО СТАНУ І ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ВАКУУМНО-ДУГОВИХ БАГАТОШАРОВИХ ПОКРИТТІВ ZrN/CrN

***Д. Н. БАБЕЦЬ*[1], *Г. О. ПОСТЕЛЬНИК*[2], *О. В.СОБОЛЬ*[3]**

[1] *магістр кафедри Матеріалознавство, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2] *викладач-стажист кафедри Матеріалознавство, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[3] *зав. кафедри Матеріалознавства, професор, докт. фіз. - мат. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
**email: sool@kpi.kharkov.ua*

Створення стійких до термо-радіаційного впливу нітридних покриттів є темою багатьох робіт провідних дослідницьких груп в галузі інженерії поверхні. Створення таких багатошарових штучних матеріалів дозволяє в широкому діапазоні проводити структурну інженерію (і відповідно змінювати властивості). В даний час до числа маловивчених, але перспективних по своїм потенційним можливостям систем відноситься ZrN/CrN. У цій системі об'єднані в якості складових ZrN, що має високу твердість, радіаційну стійкість і стійкий до термічних впливів і також володіє достатньо високою твердістю і зносостійкістю CrN.

Багатошарові двофазні наноструктурні покриття ZrN-CrN осаджувалися в вакуумно-дуговій установці «Булат-6». Фазовий склад, структура і субструктурні характеристики вивчалися методом рентгенівської дифрактометрії (ДРОН-4) с використанням Cu-K_α-випромінювання. Для розшифрування дифрактограм використовувалися таблиці міжнародного центру дифракційних даних Powder Diffraction File. Субструктурні характеристики визначалися методом апроксимації. Мікроіндентування проводили на установці «Мікрон-гамма»

У випадку багатошарових покриттів системи ZrN-CrN, отриманих в інтервалі тиску азоту (2,2 ... 12) * 10^{-4} Торр, встановлено, що в шарах нітриду хрому формується нижча по азоту фаза β-Cr_2N з простою гексагональною кристалічною граткою, а в шарах нітриду цирконію відбувається формування стехіометричної фази ZrN з кубічною граткою. Таке багатошарове покриття (товщина шарів близько 50 нм) при найбільшому з цього інтервалу P_N = 1,2*10^{-3} Торр є найбільш твердим (39 ГПа) з модулем пружності 268 ГПа і відношенням H/E = 0,145. У випадку більш високих P_N, коли в шарах відбувається утворення фаз стехіометричного складу з однотипними кристалічними гратками (ZrN і CrN) твердість композиції не перевищує 33 ГПа.

УДК 621.793.14, 543.442.3

СТРУКТУРНА ІНЖЕНЕРІЯ БАГАТОШАРОВОЇ СИСТЕМИ TiN/CrN, ОТРИМАНОЇ ВАКУУМНО-ДУГОВИМ ВИПАРОВУВАННЯМ

***Д. Н. БАБЕЦЬ*[1], *Г. О. ПОСТЕЛЬНИК*[2], *О. В.СОБОЛЬ*[3]**

[1] *магістр кафедри Матеріалознавство, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2] *викладач-стажист кафедри Матеріалознавство, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[3] *зав. кафедри Матеріалознавства, професор, докт. фіз. - мат. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
**email: sool@kpi.kharkov.ua*

Вивчення закономірностей формування багатошарових TiN/CrN-покриттів, отриманих методом вакуумно-дугового випаровування, являє як науковий, так і практичний інтерес. З точки зору практичного застосування така конструкція покриття дозволяє поєднувати високу зносостійкість покриття і низьку зношуваність контртіла. Покриття TiN/CrN показали високу ефективність у разі їх використання на ріжучих інструментах при різанні важкооброблюваних матеріалів. Науковий інтерес пов'язаний з поглибленням розуміння маловивчених процесів формування наношарових структур на основі взаємно розчинних систем типу TiN/CrN в умовах осадження високоіонізованих, збуджених компонентів потоків вакуумно-дугової плазми.

Багатошарові двофазні наноструктурні покриття TiN/CrN осаджувалися в вакуумно-дуговій установці «Булат-6». Фазовий склад, структура і субструктурні характеристики вивчалися методом рентгенівської дифрактометрії (ДРОН-3М) з використанням Cu-K_α-випромінювання. Для монохроматізації реєстрованого випромінювання застосовувався графітовий монохроматор, який встановлювався у вторинному пучку (перед детектором).

Для розшифрування дифрактограм використовувалися таблиці міжнародного центру дифракційних даних Powder Diffraction File. Субструктурні характеристики визначалися методом апроксимації. Мікроіндентування проводили на установці «Мікрон-гамма».

У роботі встановлено формування двофазного стану з переважною орієнтацією зростання кристалітів, а також більш ефективним нітрідоутворенням в шарах з титаном. Високий тиск (1 ... 5) * 10^{-3} Торр і подача негативного постійного потенціалу зсуву величиною - 20 В призводить до появи текстури з віссю [100], а при подачі великого потенціалу - 230 В - з віссю [111]. Грунтуючись на дослідженнях субструктурного стану, встановлено зв'язок переходу в надтвердий (до 57 ГПа) стан, що пов'язано зі зменшенням при цьому середнього розміру кристалітів і зниженням рівня внутрікристалічної мікродеформації, як в TiN, так в CrN шарах.

УДК 621.74:621.85

ПРИМЕНЕНИЕ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ ЛИТОЙ КОРПУСНОЙ ДЕТАЛИ ГОМТ

***В. В. БОГДАН*[1]*, *О.В. АКИМОВ*[2]**

[1]*магистрант кафедры литейного производства, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[2] *проф. кафедри литейного производства, докт. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
**email: kusya321@yandex.ua*

Литые изделия составляют значительную долю по массе и трудоёмкости изготовления любого вида продукции машиностроения, особенно это относится к тракторостроению. За основу исследований была взята литая корпусная деталь ГОМТ- корпус раздаточной коробки. Произведён обзор и совершенствование технологического процесса изготовления литых корпусных деталей с применением обобщенного решения инженерных задач с использованием принципов CALS. В ИКС SolidWorks была создана 3D-модель отливки, корпус раздаточной коробки с технологической литниково-питающей системой, которая позволила создать конечно-разностную модель отливки и технологической оснастки. Проведено компьютерно-интегрированное моделирование литейных процессов производства литого картера в ИКС NovaFlow. Существующие математические методы инженерного моделирования и расчета теплового и напряженно-деформированного состояния литой корпусной детали широко применяются при создании ИКС, а результаты моделирования являются достаточно точными. Для литого корпуса раздаточной коробки выполнен анализ физических особенностей процессов заполнения и охлаждения отливки в форме, определены места расположения и размеры усадочных дефектов. Результаты исследований позволили сформировать граничные и начальные условия для моделирования напряженно-деформированного состояния корпуса раздаточной коробки в местах образования усадочных дефектов.

Список литературы:

1. В. И. Алехин, А. В. Белогуб, О. В. Акимов Расчет влияния дислоцированных литейных дефектов усадочного характера на прочность литой детали поршня // Литейщик России. – Москва. – 2011. – №4. – С. 16 – 19 2. Проектирование трансмиссий автомобилей: Справочник / Под общ.ред. А.И. Гришкевича. – М.: Машиностроение, 1984. – 272с

2. Проектирование трансмиссий автомобилей: Справочник / Под общ.ред. А.И. Гришкевича. – М.: Машиностроение, 1984. – 272с.

УДК 621.74

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЖИДКОГО МЕТАЛЛА С ПРОДУКТАМИ ТЕРМОДЕСТРУКЦИИ МОДЕЛИ ИЗ ПЕНОПОЛИСТИРОЛА

***Н.Н. БЕЛИК*[1*], *О.И. ПОНОМАРЕНКО*[2]**

[1]*магистрант кафедры литейного производства, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2]*проф. кафедри литейного производства, докт. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[*]*email: nick.2012@mail.ru*

Метод литья по газифицируемым моделям является одним из прогресивных способов производства отливок, на ряду с такими технологическими процессами, как вакуум-пленочная формовка, непрерывное литье, литье под низким давлением, импульсивная формовка. Технология литья по газифицируемым моделям позволяет решить важную задачу литейного производства - повысить точность отливок до уровня литья по выплавляемым моделям при затратах на их производство как при литье в песчано-глинистые формы.

Одним из видов брака при производстве литья по газифицируемым моделям является поверхностное насыщение отливки или ее отдельных узлов углеродом. Это является следствием радикально-цепных реакций бензола, ацетилена и метана. Предельное насыщение металла углеродом зависит от температуры расплава и термодинамической активности углерода, которая зависит от наличия примесей в железо-углеродистом сплаве.

Технологические параметры литья по газифицируемым моделям существенно влияют на растворимость углерода в жидком металле. Увеличение температуры металла при заливке его в форму повышает количество растворимого углерода в отливке, а увеличение площади взаимодействия жидкого металла с моделью из пенополистирола проводит к росту объемного науглероживания. Повышение газопроницаемости формы снижает парциальное давление углерода в газовой фазе, что снижает объемное науглероживание расплава и наоборот, увеличение скорости заливки формы металлом, плотности модели увеличивает парциальное давление углерода в газовой фазе и соответственно количество растворимого углерода в отливке.

Применение специального литейного пенополистирола ПСВ-Л с повышенной скоростью газификации также снижает объемное науглероживание железо-углеродистых сплавов.

Список литературы:

1. *Шуляк В. С.* Производство отливок по газифицируемым моделям / *В. С. Шуляк* –М.: МГИУ, 330с.

УДК 621.744

ПРИМЕНЕНИЕ СОЛЯНЫХ СТЕРЖНЕЙ В ЛИТЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

С.В. БОРИСЕНКО[1*], О.И. ПОНОМАРЕНКО[2]

[1] магистрант кафедры литейного производства, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА
[2] профессор кафедры литейного производства, доктор техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА
[*]email: barbaris1234@yandex.ua, mailto:your@email.com

Литейный стержень - применяемая в литейном производстве отъёмная часть литейной формы, оформляющая преимущественно внутренние полости отливки. В тех случаях, когда конфигурация литейной модели затрудняет её извлечение из литейной формы, Л. с. используют и для формирования наружных частей отливки. Л. с. изготовляют на стержневых машинах, из специальных стержневых смесей с последующей их сушкой или отверждением, в том числе непосредственно в стержневых ящиках.

Стержни при заливке формы со всех сторон окружены жидким металлом, поэтому они должны обладать комплексом свойств: высокой газопроницаемостью, а также прочностью, податливостью, выбиваемостью, что обеспечивается выбором состава соответствующей стержневой смеси и конструкцией стержня. [1]

Как правило такие стержни изготавливают из веществ, которые при надлежащем обращении не вступают в реакции, протекающие с выделением газов, отрицательно не влияют на окружающую среду, ни при изготовлении стержней, ни в процессе литья. Поскольку при литье не образуются газы, улучшается качество отливок, не возникает газовых и усадочных раковин. При удалении стержней не образуются остатки, требующие особой утилизации. В зависимости от состава возможно их повторное использование. Извлечение солей из жидкой фазы возможно, например, распылительной сушкой или выпариванием. [2]

Стержни можно изготавливать пескодувным методом и применять при изготовлении отливок, предпочтительно методом литья под давлением или в кокиль, соляные стержни полностью растворяются в растворителе, не оставляя твердых остатков, и поэтому могут быть полностью и просто удалены из отливок. Поэтому применение соляных стержней при изготовлении отливок является перспективным и прогрессивным направлением в литейном производстве.

Список литературы:

1. *Анисович Г.А., Гамов Е.С. Кристаллогидратные смеси с кальцинированной содой. – Литейное пр-во, 1975, № 9, с. 21-22.*

2. *Оболонцев Ф.Д., Ясюков В.В., Грозов Д.П., Телис М.Я. О применении легкоудаляемых стержней для тонкополосных отливок // Литейное пр-во, 1978, № 5. С. 30, 31.*

УДК 665.9

МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ВИСОКОЕНТРОПІЙНОГО СПЛАВА $TI_{30}ZR_{25}HF_5NB_{20}TA_{10}$

***В.В. ВОЛОЩУК*[1*], *О.Д. ТАБАЧНИКОВА*[2]**

[1] *магістрант кафедри фізики металів та напівпровідників, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*

[2] *старший науковий співробітник, канд. фіз.-мат. наук, ФТІНТ, Харків, УКРАЇНА*

[*]*email: valya93voloschuk@mail.ru*

Останнім часом з'явився новий клас багатокомпонентних металевих сплавів, який отримав назву високоентропійних сплавів (ВЕС) через підвищені значення ентропії змішання S_{mix}, величина якої знаходиться в межах 13- 19 Дж / моль К [1].

Проводилося дослідження механічної поведінки високоентропійного сплаву $Ti_{30}Zr_{25}Hf_5Nb_{20}Ta_{10}$, який містить тільки ОЦК решітку твердого розчину заміщення. Зразки (3.7х2.2х1.8 мм) були деформовані в одноосному стисканні вздовж довжини зі швидкістю деформації $2{,}7 \cdot 10^{-4}$ $с^{-1}$ в діапазоні температур від 77 - 300 К. З експериментальних деформаційних кривих σ (ε) були визначені межа міцності $\sigma_{0.2}$ і максимальна міцність, що досягається, σ_{max}. В ході випробувань чутливість швидкості деформації була виміряна шляхом збільшення швидкості деформації. Виміряні та проаналізовані температурні залежності зміцнення, межа міцності, чутливості до швидкості деформації та пластичність.

При температурі навколишнього середовища 300 К була зареєстрована висока межа міцності 1.1 ГПа, що, ймовірно, пов'язано з серйозними спотвореннями кристалічної решітки (через наявність елементів з різними атомними радіусами в цьому багатокомпонентному сплаві). Значне збільшення міцності було зареєстровано зі зменшенням температури при стисненні аж до 77 К (в 1,7 рази). Висока пластичність (більше 30%) спостерігається у всіх зразків при досліджуваних температурах.

В даний час обговорюються особливості мікроструктури високоентропійного сплаву $Ti_{30}Zr_{25}Hf_5Nb_{20}Ta_{10}$, а також її вплив на низькотемпературні механічні характеристики та можливі низькотемпературні механізми пластичної деформації.

Список літератури:

1. А.Д. Погребняк, А.А. Багдасарян, И.В. Якушенко, В.М. Береснев. Структура и свойства высокоэнтропийных сплавов и нитридных покрытий на их основе// Успехи химии.- 2014. – т. 83. – Вып. 11. С. - 1027 – 1061**.**

УДК 621.742.4

ВВОД УЛЬТРАДИСПЕРСНЫХ ЧАСТИЦ В АЛЮМИНИЕВЫЙ РАСПЛАВ

***В.В. ГОЛИНЬКОВ*[1*], *О.И. ПОНОМАРЕНКО*[2]**

[1] *магистрант кафедры литейного производства, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[2] *профессор кафедры литейного производства, д-р. тех. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[*] *email:vladostheman@mail.ru*

Проблема повышения надежности и долговечности литых деталей может быть решена путем улучшения микроструктуры отливок за счет снижения химической неоднородности металла, количества неметаллических включений, снижения величины макрозерна.

Это возможно достичь модифицированием сплавов небольшими добавками нерастворимых частиц тугоплавких соединений, инициирующих кристаллизацию.

Анализ лигатур показал, что перспективно использовать ультрадисперсные порошки (УДП) тугоплавких карбидов, нитридов, карбонитридов с размером частиц 0,1 – 10 мкм, получаемые в процессе плазмохимического синтеза.

Однако существуют способы введения в металлические расплавы модифицирующих порошков не могут быть применены при использовании УДП, так как на воздухе они легко компактируются, а так же окисляются при сравнительно низких температурах и несмотря на достаточно высокую плотность легко образуют в воздухе пылевую взвесь.

Кроме того вводимые частицы имеют низкую смачиваемость расплавом, что препятствует их вводу и равномерному распределению.

Процесс введения в алюминиевые расплавы дисперсных частиц вызывает определенные сложности. Прежде всего, это связано с тем, что вводимые частицы имеют низкую смачиваемость расплавом, что препятствует их вводу и равномерному распределению. Поэтому, для обеспечения необходимого результата необходимо применение внешнего воздействия на расплав.

Способы введения УДЧ в расплав: засыпка на поверхность расплава; ввод с помощью колокольчика; ввод под уровень расплава с помощью трубки и толкателя.

Для внешнего воздействия на расплав была разработана установка предназначенная для создания электромагнитного перемешивания и механической вибрации алюминиевого расплава.

Вывод: для решения задачи повышения качества отливок из алюминия,

эффективным является метод УДЧ, при применении определенной технологии введения УДЧ в расплав, повышается качество отливок, их механические свойства.

УДК 669.189.001.2

ВПЛИВ ЗАЛІЗА НА СТРУКТУРУ І ВЛАСТИВОСТІ ВАКУМНИХ КОНДЕНСАТІВ АЛЮМІНІЮ

***Є. О. ДУМА*[1], *Є. В. ЛУЦЕНКО*[2], *А. І. ЗУБКОВ*[3]**

[1] *магістр кафедри Матеріалознавство, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2] *аспірант кафедри Матеріалознавство, НТУ «ХПІ», МНС ННЦ ХФТІ, Харків, УКРАЇНА*
[3] *доцент кафедри Матеріалознавства, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
email: zhenya_duma@mail.ru

Важливою задачею сучасного матеріалознавства є створення матеріалів з високим комплексом механічних та фізичних властивостей. Це зумовлене постійно зростаючими вимогами до конструкційних матеріалів.

Вказана проблема особливе значення має для найбільш широко застосовуваних металів, одним із яких є Al і сплави на його основі, які за обсягами виробництва і споживання займають друге місце.

Дана робота присвячена вивченню зазначеної проблеми на конденсатах Al-Fe, отриманих методом електронно-променевого випаровування. Цей спосіб дозволяє отримувати матеріали у вигляді фольг, плівок, покриттів будь-якого складу з високим комплексом механічних та фізичних властивостей.

Рівень цих властивостей може бути забезпечений шляхом отримання наноструктурного стану вказаних об’єктів. Такий ступінь дисперсності досягається шляхом цілеспрямованого легування матричного металу – Al, залізом, яке є для нього модифікатором.

В роботі вивчено вплив концентрації Fe на розмір зерна матричного метала, фазовий склад і фізико механічні властивості цих об’єктів.

Аналіз концентраційних залежностей різних структурних параметрів дозволив встановити основні закономірності кристалізації двохкомпонентного пару – Al і Fe. Показано, що практично не розчинні при не рівноважних умовах в Al атоми Fe адсорбуються на поверхні зерен матричного метала, перешкоджаючи їх росту під час осадження, що позволяє отримувати конденсати Al-Fe в наноструктурному стані.

В роботі показано, що змінюючи технологічні умови і елементний склад конденсатів, можна в широких межах варіювати співвідношенням міцнісних характеристик сплаву на основі Al.

УДК 621

ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ СТЕРЖНЕВИХ МАШИН.

А. В. ДЯЧЕНКО, Д. О. ДЬОМІН

[1]магістрант кафедри Дяченко А. В., НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА
[2]професор кафедри Дьомін Д.О., проф. докт. техн. наук. НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА

Стержні в ливарному виробництві використовуються для одержання внутрішніх порожнин і оформлення зовнішніх контурів відливків. Процеси виготовлення стержнів займають важливе місце (близько 25% від всієї трудоємності) у технологіях одержання відливків і постійно вдосконалюються. Це обумовлено зростаючими вимогами до якості стержнів (міцність, точність геометричних розмірів, термін зберігання готового стержня, вибиваємість його з відливка, газотворність, регенераційна здатність та ін.) поряд з вимогами загального зниження вартості відливків, екологічними вимогами, необхідністю поліпшення умов праці тощо

Метою роботи було встановлення використання піскодувного способу для підвищення якості стрижнів.

Поштовхом у розвитку виробництва стержнів послужив розвиток піскодувного способу формоутворення. Перші спроби створення піскодувних машин відображені в патентах за 1884 - 1920 роки. . Подальший розвиток піскострільних машин пов'язаний із прогресом у техніці.

Піскодувна машина - машина, яка вдуває формувальну суміш або стержневу суміш в опоки і стрижневі скриньки за допомогою стиснутого повітря

Виготовлення стержнів на піскодувних машинах застосовують для виготовлення дрібних і середніх стержнів будь-якої складності в крупносерійному і масовому виробництві. Спосіб високопродуктивний, стержні мають високу якість, рівномірну густину, добру газопроникність, чисту і гладеньку поверхню. машина, яка вдуває формувальну суміш або стержневу суміш в опоки і стрижневі скриньки за допомогою стиснутого повітря.

Сутність піскодувного процесу виготовлення стрижня полягає в тім, що стрижнева суміш з піскодувного резервуара разом зі стисненим повітрям через вдувні отвори транспортується в стрижневий ящик і, заповнюючи його, ущільнюється. Таким чином, піскодувна машина працює за принципом інтенсивного змішання потоку повітря зі стрижневою сумішшю. З цією метою підвід потоку повітря в робочий резервуар роблять зверху або збоку, а для розпушення суміші в робочому резервуарі приводять в обертання мішалку.

УДК 539.216.2

ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА МДО-ПОКРЫТИЙ

С.А. ЖЕЛЕЗНЯК [1*], ***В.В. БЕЛОЗЕРОВ*** [2]

[1] *магистрант кафедры Материаловедения, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[2] *профессор кафедры Материаловедения, канд. техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[*] *email: ann161169@yandex.ru*

Метод микродугового оксидирования (МДО) позволяет сформировать на изделиях из вентильных металлов покрытия, которые прочно сцеплены с основой и обладают уникальным сочетанием свойств, таких как твердость, износостойкость, коррозионная стойкость, теплостойкость и др.

Установление основных закономерностей формирования структуры и свойств МДО-покрытий для конкретных алюминиевых сплавов позволит получать покрытия с заданными свойствами.

МДО-обработка алюминиевых сплавов АМг3, Д16, Ал2 проводилась в щелочно-силикатном электролите в анодно-катодном режиме.

Одной из микроструктурных особенностей оксидных покрытий является их двухслойное строение. Верхний слой – технологический (рыхлый, неизносостойкий) легко удаляется путем зачистки на абразивной бумаге. Основной фазой этого слоя является муллит ($3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$).

Внутренний слой – прилегающий к основе (монолитный, износостойкий) соответствует фазам γ-Al_2O_3, α-Al_2O_3 (корунд) и муллит, количественное соотношение между которыми определяется условиями электролиза (составом электролита, длительностью обработки, толщиной покрытия).

Результаты приведенных исследований показали, что структурообразование покрытия происходит в несколько стадий. На первой стадии формируется однофазное покрытие, состоящее из γ-Al_2O_3. При достижении определенной толщины (мощности микроразрядов) происходит полиморфное превращение γ-$Al_2O_3 \rightarrow \alpha$-$Al_2O_3$ (вторая стадия). Степень полноты превращения зависит от природы стабилизаторов фазы γ-Al_2O_3, которые определяют температуру превращения. Исследования показали, что химический состав сплава и параметры электролиза оказывают существенное влияние на фазовый состав покрытия, который определяет твердость покрытия. Установлено, что фазовый состав покрытия в процессе оксидирования не остается постоянным. Так, например на сплаве Д16 при толщине покрытия ~ 50 мкм основной фазой является γ-Al_2O_3 %), а при толщине ~ 150 мкм – фаза α-Al_2O_3 (75 %), т. е. изменение свойств покрытия можно достичь путем формирования покрытий разной толщины. Этот факт необходимо учитывать при получении покрытий с заданными свойствами.

УДК 621.74

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНО-ИНТЕГРИРОВАННЫХ СИСТЕМ В ТЕХНОЛОГИИ ЛИТЬЯ

***А.В. ЗОЛОТАРЕВА*[1*]*, О.В. АКИМОВ*[2]

[1]*магистрант кафедры литейного производства, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[2]*профессор кафедры литейного производства, д-р. тех. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[*]*email: kusya321@yandex.ua*

Существующие математические методы инженерного моделирования и расчета теплового и напряженно-деформированного состояния литой корпусной детали широко применяются при создании ИКС, а результаты моделирования являются достаточно точными.

Для примера была взята готовая отливка, корпус редуктора, и для нее были посчитаны затраты в трудочасах. Затем для схожей по конструкции и требованиям отливки была заново создана 3D модель в среде ИКС SolidWorks, была разработана вся необходимая оснастка, промоделирован процесс получения деревянной модели. В среде LVMFlou были промоделированы несколько вариантов литниковой системы, с измененными питателями и холодильниками, разной формовочной смесью и скоростью заливки.

По достижению заданных результатов был изготовлен опытный образец. Как результат была получена отливка, удовлетворяющая всем требованиям контроля качества. Затраты трудочасов многократно меньше, чем при традиционной разработке технологии, количество брака и отходов также уменьшилось.

Результаты исследований позволили сформировать граничные и начальные условия для моделирования напряженно-деформированного состояния.

Список литературы:

1. *Алехин В. И., Белогуб А. В., Акимов О. В.* Расчет влияния дислоцированных литейных дефектов усадочного характера на прочность литой детали поршня // Литейщик России. – Москва. – 2011. – №4. – С. 16 – 19

УДК 621.744

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ДОБАВОК НА КАЧЕСТВО ФОРМОВОЧНОЙ СМЕСИ

***А.В. ЙОВБАК*[1*], *О.И. ПОНОМАРЕНКО*[2]**

[1] *магистрант кафедры литейного производства, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[2] *профессор кафедры литейного производства, д-р. тех. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[*] *email: alena-yovbak@mail.ru*

Песчано-глинистые смеси наиболее распространены в литейном производстве. Они составляют более 70% от общего объема формовочных смесей и используются для изготовления литейных форм и стержней. Однако, по существующим данным, 40-60% дефектов отливок обусловлено неудовлетворительным качеством формовочных материалов и смесей. Поэтому повышение качества формовочных смесей – одна из актуальных задач литейного производства.

Целью данной работы является исследование влияния различных технологических добавок на качество формовочных смесей в условиях автоматизированного производства

На литейных предприятиях Украины и стран СНГ для производства песчано-глинистых форм часто в состав смеси вводят огнеупорную глину каолинит-иллитового состава типа дружковской или часов-яровской. Она вводится в смесь в виде суспензии. Кроме того, применяют специальные технологические добавки, улучшающие противопригарные, связующие, пластические и технологические свойства смесей. Такими компонентами могут быть молотые угли, крахмалит, бентонит, кальцинированная сода, поверхностно-активные вещества и др.

Для сырых песчано-глинистых форм можно вводить бентонит, который является эффективным связующим и термопротекторным материалом, главной его особенностью является химически-кристаллическое строение, которое обуславливается наличием на поверхности бентонита ионообменных катионов, что определяет его физические и химические свойства как минерала.

Для борьбы с ужиминами в смесь обычно вводятся добавки древесной муки и крахмалита. Крахмалит улучшает пластические свойства смеси, повышает прочность формы в зоне конденсации влаги и поверхностную прочность (снижает осыпаемость). Крахмалит как и бентонит, проявляют свои пластические свойства только после увлажнения и набухания. Крахмалит вводят в количестве до 0,5% .

Таким образом, введение технологических добавок позволяет улучшить физико-механические и технологические свойства формовочной смеси и повысить качество отливок в условиях автоматизированного производства.

УДК 004.921

ВИКОРИСТАННЯ 3D ГРАФІКИ У СТВОРЕННІ ІМІДЖУ ПІДПРИЄМСТВА

В.Є. КІЛЬПЯКОВА*[1], О.А. ГЛІБКО[2]

[1] *магістрант кафедри ГМКГ, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2] *доцент кафедри ГМКГ, канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[*] *email: kilpyakova.victoria@gmail.com*

Використання анімаційного ролика в рекламній кампанії спрямоване на поліпшення сприйняття аудиторією рекламної інформації (візуалізації). Необхідність створення рекламних роликів, як інструменту залучення нових клієнтів та освоєння нових сегментів ринку, дійсно важко переоцінити.

Розробка рекламного ролика, насамперед, має на меті створення яскравого образу бренду, що запам'ятовується. Застосування медійної реклами різко підвищує відсоток популярності компанії, позитивно позиціонуючи її на широкому ринку, істотно збільшує дієвість рекламного продукту.

Мета даної роботи – створити імідж компанії (комплекс інформаційної та інтерактивної рекламної продукції), а саме: фірмовий стиль, дизайн сайту, рекламну продукцію і анімаційний рекламний 3D ролик.

Під час роботи був проведений огляд та аналіз ринку надання подібних послуг, аналіз існуючих рекламних кампаній подібних підприємств. Прорахована вартість та економічна доцільність проекту. Зроблений аналіз використаного програмного забезпечення, для того, щоб обрати оптимальний варіант, який має всі можливості для реалізації проекту. Також був проведений великий обсяг роботи з графічними растровими та векторними пакетами, такими як Photoshop та Corel Draw, інструментом для моделювання 3Ds Max.

В результаті був створений сайт інформаційного характеру та фірмовий стиль підприємства. Розроблений дизайн поліграфічної продукції (рекламних плакатів, візиток та ін.) та створений рекламний 3D ролик.

Процес створення анімаційного ролику складається з декількох етапів: створення структури ролика, написання сценарію, створення 3D моделей головних героїв ролику та інтер'єру. Була проведена робота по налаштуванню освітлення, текстурування моделей і сцен, створення скелету та анімації моделей. В завершенні – рендеринг за допомогою V-Ray. В завершенні - налаштування музичного супроводу і монтаж ролику. В роботі використовувались HTML та CSS для створення сайту. При розробці тривимірних моделей для рекламного ролику застосовувався метод полігонального моделювання.

УДК 004.946

ДЕЯКІ ОСОБЛИВОСТІ СТВОРЕННЯ ТА АНІМАЦІЇ ТРИВИМІРНОЇ МОДЕЛІ ПЕРСОНАЖА ДЛЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРИ

***А.В. КОРНІЙЧУК*[1*], *О.А. ГЛІБКО*[2],**

[1] *магістрант кафедри ГМКГ, «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2] *доцент кафедри ГМКГ, канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[*] *anastasia.dec94@yandex.ru*

Сьогодення важко уявити без ком'ютерних ігр. З кожним днем вони набувають все більшої популярності серед різноманітної аудиторії: від дітей дорослих.

З деякими винятками, такими як ігри-пазли, майже всі ігри мають персонажів. Персонажі – це розумні створіння, чудовиська або машини. Вони головні діючі особи в іграх. Тому, при розробці будь-якої гри, особливу увагу слід приділити створенню персонажів та їх анімації.

Метою роботи було створення ігрового персонажа для майбутньої гри, а саме: розробка тривимірної моделі, приєднання скелету до отриманої моделі та розробка анімації з базовими рухами.

Для виконання поставленої задачі був обраний пакет тривимірного моделювання 3DS MAX, адже в ньому присутні потужні модулі для розробки скелетної анімації.

Модель персонажа будується у «віртуальній студії». Це сцена, створена з стандартного примітиву Box потрібних розмірів з інвертованими нормалями. На сторонах цього примітиву розміщуються текстури з розробленими раніше кресленнями персонажа, який стоїть у т-подібній позі. В середині «віртуальної студії» будується ще один примітив Box, та конвертується у редагований полігон. Методом додавання нових граней та пересуванням вершин, цьому примітиву надається форма, яка повторює контур персонажа на кресленнях.

Отримана модель вийшла з дуже великою кількістю полігонів, кількість яких становила 41 391. Це недопустима кількість, адже у грі дія відбувається у реальному часі і через це потрібно раціонально використовувати обчислювальні ресурси техніки. Тому була зроблена ретопологія моделі, в результаті чого кількість полігонів зменшилась до 7925. Також була створена карта текстур у растровому редакторі Adobe Photoshop.

Для створення скелету та анімації був використаний модуль, вбудований у 3DS MAX, Character Studio, а також використаний стандартний скелет, адже представлена у проекті модель має людиноподібну будову.

Для скелету, поєднаного з моделлю були розроблені наступні базові рухи: анімація ходи та бігу, а також анімація дій персонажу, коли він бездіє у грі.

Таким чином, у результаті проробленої роботи була створена та оптимізована тривимірна модель персонажа, з скелетом та базовими рухами, придатна до використання у комп'ютерних іграх та рігінгу.

УДК 621.777.4

ВАРИАНТЫ ТЕХПРОЦЕССОВ ХОЛОДНОГО ВЫДАВЛИВАНИЯ СТУПЕНЧАТЫХ ВАЛОВ

А.Ю.ЗАЛЬВОВСКИЙ[1*], ТАКИ АХМЕД[2], В.И. КУЗЬМЕНКО[3]

[1]*магистрант кафедры «ОМД», НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[2] *магистрант кафедры «ОМД», НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[3] *профессор кафедры «ОМД», канд. техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[*]*email: omd.kpi.kharkov@mail.ru*

Детали типа ступенчатый вал, коленчатый вал и кривошипный вал с эксцентриком широко представлены в промышленности. В современном производстве их изготовляют на машиностроительных предприятиях точением из заготовок, полученных разными методами: прокаткой, поперечно- клиновой прокаткой, горячей объёмной штамповкой с облоем или без него, холодной объёмной штамповкой, а так же литьём. Малые коленчатые валы (например, для компрессоров домашних холодильников) изготовляют непосредственно из прутка

В настоящее время для изготовления заготовок ступенчатых валов используют также современную технологию холодного выдавливания (ХВ). Основными операциями ХВ являются прямое выдавливание, редуцирование и высадка, которые имеют значительные ограничения степени деформации при выдавливании и редуцировании, а также устойчивости заготовки при высадке. Возникает необходимость детального исследования этих ограничений, а также энергетических параметров применительно к изготовлению заготовок, со ступенями различной формы: цилиндр, эксцентрик, коническая ступень, сфера и др.

Производительность изготовления деталей зависит от того, насколько форма и размеры заготовки приближены к форме и размерам готовой детали. Поэтому целесообразнее большие трудозатраты перенести на процессы производства заготовок, при реализации которых используются более производительные методы обработки, такие, например, как холодное выдавливание (ХВ)[1,2]. В работе предложены различные способы, повышающие производительность редуцирования ступенчатых валов, а так же деталей типа шаровых пальцев. Представляет интерес прогрессивный метод получения заготовок коленчатых и эксцентриковых валов сочетанием операций высадки и гибки (сдвига) [3].

Метод конечных элементов (МКЭ) [4]позволяет определить энергетические и силовые параметры техпроцессов, а также выявить величину и характер распределения нагрузок на участках контакта инструмента и заготовки. Использование МКЭ значительно упрощает разработку оптимального технологического процесса и конструкции штамповой оснастки.

Получение исходных данных для изготовления заготовок ступенчатых валов с элементами различной формы с использованием современных технологий холодного выдавливания для повышения производительности, экономии металла и улучшения эксплуатационных характеристик ступенчатых валов с элементами различной формы (цилиндрических, эксцентриковых, конических и сферических)[5].

Данная работа предусматривает использование холодного выдавливания как наиболее приемлемого и рационального варианта для изготовления заготовок эксцентриковых валов. Для получения осесимметричных цилиндрических ступеней вала рассматривается процесс редуцирования в жестких матрицах и высадку, что позволяет свести к минимуму механическую обработку и обеспечить высокое качество поверхности заготовки. Проведено исследование техпроцесса получения конических элементов деталихолодным выдавливанием. Исследуется процесс высадки со сдвигом для получения эксцентриковых валов.

Выводы:

1 Редуцирование в жестких матрицах и высадка осесимметричных элементов ступенчатых валов позволяет автоматизировать процесс и повысить качество изделий.

2 При высадке эксцентрика в средней части вала целесообразно использовать процесс, предусматривающий выдавливание из неподвижного контейнера с последующей высадкой в матрице, которая смещается на заключительной стадии высадки.

3 Выполнено моделирование процесса прямого холодного выдавливания конических элементов вала с помощью конечно-элементного программного пакета. Даны рекомендации по разработке технологии и проектированию оснастки.

Список литературы:

1.*Сучков А.Е.* Экономияметалла в машиностроении при обработкедавлением/ *А.Е. Сучков.* – Минск: Наука и техника, 1971. – 128 с.

2.*Денисова Д.В., Шмелев В.Е.* Особенности технологических процессов обработки длинных валов с использованиемопераций холодного редуцирования//Вектор науки ТГУ. №7(10). 2010 – С 56 – 62.

3.*Ruget G. Z.*`evolutionduprocédé RRdefibrageintegraldecvilebré-quinsAtti. 5˚Conv. int. fucinal, Terni, 1970, 503-520, 563-583é.

4.*Паршин В.С., Карамышев А.П., Некрасов И.И., Пугин А.И., Федулов А.А.*Практическоеруководство к программному комплексу DEFORM-3DУчебноепособие. Екатеринбург: УрФУ, 2010. 266 с.

5.*Кузьменко В.И.* Исследование и оптимизация процесса холодного выдавливания стержневых деталей с коническими элементами: Дис. … канд. техн. наук: 05.03.05. – Х., 1982. – 237 с.

УДК 620.183; 620.186; 620.187

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ НЕМЕТАЛИЧЕСКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ В СТАЛИ ПРИ РАЗНЫХ РЕЖИМАХ ТРАВЛЕНИЯ

Н.Н. ЛЮТАЯ [1], ***И.Н. КОЛУПАЕВ*** [2*]

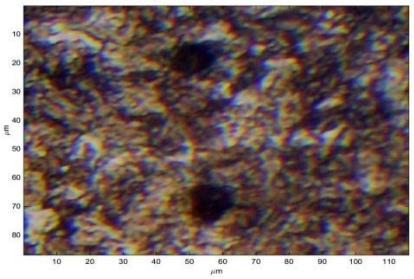
[1] *магистр кафедры материаловедения, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[2] *доцент кафедри материаловедения, канд. физ.-мат. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[*] *email: igor.kolupaev@gmail.com*

Для практического воплощения алгоритма обработки предвидется исследование рельефа травления стали 15Х1МФ. Образцы стали после ТО имеют в своем составе неметалические включения (НВ) которые представляют объект интереса при компьютерной обработке изображений.

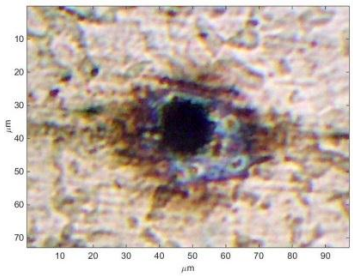
На основе металлографии уже более 100 лет проводят количественную оценку загрязненности (НВ) в соответствии со стандартами. Объективная статистически значимая картина НВ, остающихся в готовом металле и оцененных экспериментально, может стать основой для «детальной интерпретации технологии».

На рис. 1 приведены результаты компьютерной обработки металлографических изображений образцов стали 15Х1МФ, охлажденных в воде и масле и обработанных реактивом ЗВ (10мл H_2SO_4, 5мл $FeCl_2$, 70мл CH_3OH, 10мл HCl, 5мл HF) с концентрацией (≈ 20%) (рис. 1 а, б).

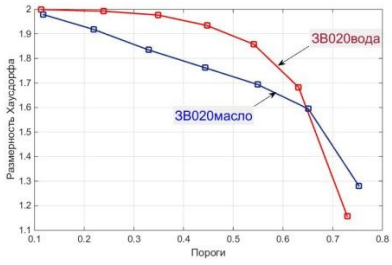
Таблица 1. Выделенные элементы оптических изображений (НВ)



а) охлаждение в воде



б) охлаждение в масле



в) Оценка размерности Хаусдорфа рельефа стали

Рис. 1 – Выделенные элементы оптических изображений (НВ) и оценка размерности Хаусдорфа рельефа стали 15Х1МФ при мультипороговом исследовании, раствор ЗВ.

Последовательное применение методики компьютерной обработки (IPT MATLAB), которая бы реализовала идею использования размерности Хаусдорфа в практике метоллографических исследований, позволит уточнить механизмы формирования рельефа образца в конкретных условиях.

УДК 621.77.014; 621.777.24

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОБРАТНОГО ХОЛОДНОГО ВЫДАВЛИВАНИЯ ОСЕССИМЕТРИЧНЫХ ДЕТАЛЕЙ ПУАНСОНАМИ С РАЗЛИЧНОЙ ФОРМОЙ ГОЛОВКИ

***С.В. МАЦЕГОРА*[1*]*, В.Н. ЛЕВЧЕНКО*[2]

[1] *магистрант кафедры ОМД, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[2] *доцент кафедры ОМД, канд. техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[*] *email: sergeymatsegora1991@mail.ru*

Большое количество практически важных вопросов, касающихся холодного обратного выдавливания, в настоящее время достаточно хорошо изучены и основные результаты сведены в справочники и пособия [1-4]. Тем не менее, проектирование новых и оптимизация существующих технологических процессов приводит к необходимости решения новых конкретных задач с учётом их специфики.

Исследуемые процессы холодного обратного выдавливания относятся к прогрессивным методам обработки металлов давлением и позволяют значительно уменьшить расход материалов, повысить качество и эксплуатационные свойства изделий, достичь высокой производительности труда. Однако использование в технологических циклах операций холодного выдавливания требует очень точного выбора режимов деформирования, геометрии рабочего инструмента, смазочных материалов, сочетания механических и пластических свойств заготовки. Поэтому каждое новое применение таких процессов в машиностроении требует тщательных предварительных исследований, которые облегчаются при достаточном опыте работ в этом направлении.

В работе решается актуальная научно-техническая задача, состоящая в повышении эффективности производства полых деталей за счёт улучшения технологичности процесса холодного обратного выдавливания.

Цель работы: повышение эффективности производства полых деталей за счёт применения усовершенствованного процесса обратного выдавливания.

Задачи исследования:

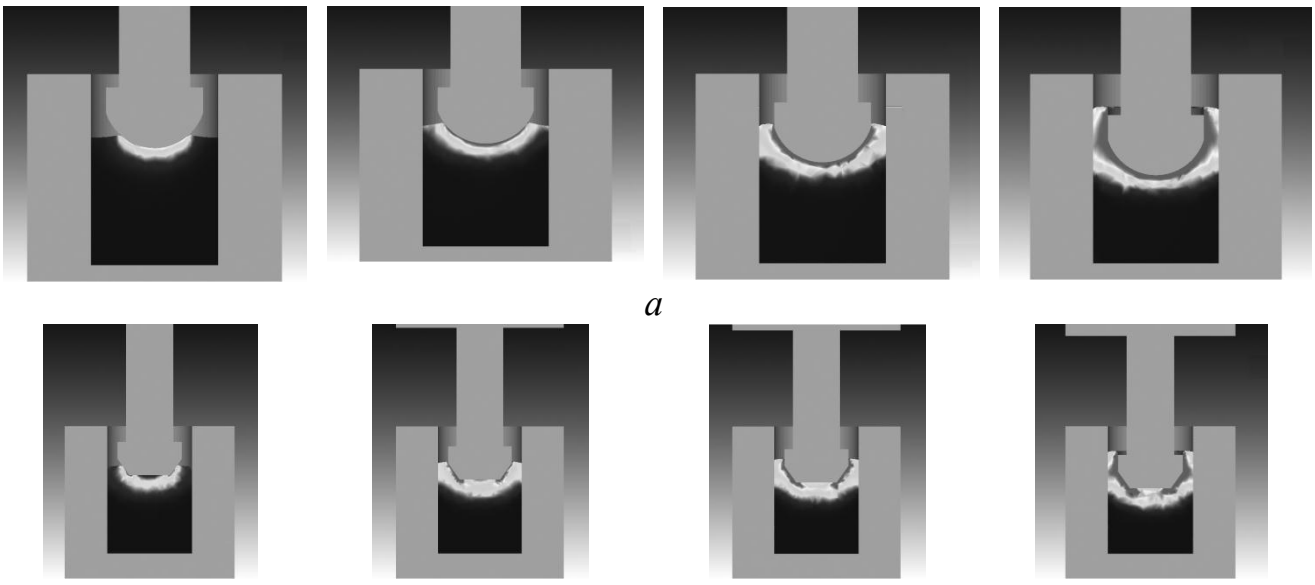
1. Исследовать характер течения металла при обратном выдавливании деталей.

2. Определить напряженно-деформированное состояние.

3. Определить энергосиловые параметры процесса.

Для исследования использовали метод конечных элементов, основы которого изложены в [5, 6]. Данный метод позволяет не только определить энергосиловые параметры процесса деформирования, но получить распределения напряжений и деформаций в заготовке на всех стадиях деформирования.

На рис. 1 представлены результаты моделирования процесса холодного обратного выдавливания осессиметричных деталей пуансонами разной формы головки для различных этапов деформирования (интенсивность деформации).



а

б

Рис. 1 – Изменение формы и размеров очага деформации при обратном выдавливании с разными формами головки пунсона:
а – сферическая; *б* – трапецивидная

В данной работе исследован процесс обратного выдавливания цилиндрической заготовки методом конечных элементов. В расчете использованы пуансоны с разной формой головки, а также различные коэффициенты трения. В результате расчетов были определены форма и размеры очага деформации, распределение деформаций, работа деформации, скорости и направление течения металла заготовок. Результаты работы могут быть использованы при создании систем автоматизированного проектирования процессов холодной объемной штамповки.

Список литературы:

1. Ганаго О.А. Расчет и совершенствование конструкций штампов для холодного выдавливания / Ганаго О.А., Евстратов В.А., Евстратова Т.Л., Марченко В.Л. // М.: Машиностроение. – 1987. - 57 с.

2. Евстратов В.А. Основные принципы конструирования штампов для выдавливания / Евстратов В.А. // Кузнеч.-штамповоч. пр-во. – 1986. – № 2. – С. 18–21.

3. Овчинников А.Г. Основы теории штамповки выдавливанием на прессах / Овчинников А.Г. // М.: Машиностроение. – 1983. – 200 с.

4. Евстратов В.А. Основы технологии выдавливания и конструирования штампов / Евстратов В.А. // Х.: Выща шк. – 1987. – 144 с.

5. Васидзу К. Вариационные методы в теории упругости и пластичности / Васидзу К. // М.: Мир. – 1987. – 542 с.

6. Большаков В.И. Основы метода конечных элементов / Большаков В.И., Яценко Е.А., Соссу Г., Лемэр М., Рейнуар Ж.М., Кестенс Ж., Варзее Г., Кормо И. // Днепропетровск: ПГАСА, 2000. – 255 с.

УДК 621.74

ВИГОТОВЛЕННЯ СТЕРЖНІВ НА ПІСКОДУВНИХ АВТОМАТАХ

***А.О.МИХАЙЛОВА*[1], *К.О. КОСТИК*[2*]**

[1] *магістрант кафедри ливарного виробництва, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2] *доцент кафедри ливарного виробництва, канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[*] *email: eklitus@yandex.ru*

Ливарне виробництво відноситься до заготовчого виробництва в машинобудуванні, тобто за допомогою технологій ливарень виготовляється велика частина заготовок для подальшої механічної обробки і отримання готових деталей машинобудування. В порівнянні з іншими способами виготовлення заготовок, зокрема з технологіями обробки металів тиском, литво володіє рядом переваг. Основними з них є можливість виготовлення складних по конфігурації відливок практично необмеженої маси. При цьому можуть бути отримані відливок з будь-яких сплавів.

Литво в разові піщані форми за об'ємом займає перше місце серед всіх видів литва. За допомогою цієї технології відливається велика кількість відливок при серійному і масовому характерах виробництва з чорних і кольорових сплавів. Обсяг литва, що виготовляється в разові форми складає близько 80% усього обсягу литва. Враховуючи продуктивність даної технології і якість отримуваних відливань, дана технологія знайшла широке застосування в ливарних цехах підприємств. За допомогою даного техпроцесу можна отримувати як дрібні, так і достатньо габаритні відливання. Якщо відливки мають внутрішні порожнини довільної форми, для їх виготовлення застосовують стрижні довільної форми і заданої конфігурації.

Стрижні виготовляють на стрижньових машинах. Це можуть бути піскодувні і піскострільні машини, автомати, що дозволяють виготовляти стрижні з високою продуктивністю і ритмічністю, диктованою потребою ливарного конвеєра, або напівавтомати.

Конструкція стрижньових автоматів включає робочі органи, виконавчі, розподільні і такі, що управляють пристрої. Проектування стрижньових автоматів є важливим завданням, оскільки від їх характеристик залежить якість отримуваних стрижнів і отже якість литва, що виготовляється, а також продуктивність ділянки і ливарного цеху в цілому.

Суть процесу виготовлення стержнів на піскодувних автоматах полягає в тому, що стрижньова суміш транспортується за допомогою стислого повітря з піскодувного резервуару машини через вдувні отвори в технологічну ємність – стрижньовий ящик,і заповнюючи її, одночасно в ній ущільнюється. Стисле повітря, що транспортує суміш видаляється з технологічної місткості в атмосферу через спеціальні вентиляційні отвори.

УДК 621.785.53

ІОННО-ПЛАЗМОВЕ АЗОТУВАННЯ ЛЕГОВАНОЇ СТАЛІ

***МОХАНАД МУЗАХЕМ КХАЛАФ*[1*], *В.О.КОСТИК*[2]**

[1] *магістрант кафедри Матеріалознавства, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2] *доцент кафедри Матеріалознавства, канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[*] *email: vikakostik@yandex.ua*

Азотування як метод зміцнення деталей машин і інструмента пройшло тривалий шлях розвитку й удосконалювання. В даний час з точки зору забезпечення функціональних властивостей численних деталей і інструмента воно є одним з ефективних і розповсюджених методів зміцнення в різних галузях машинобудування (автомобілебудування, авіабудування, двигунобудування, верстатобудування). При азотуванні підвищуються твердість, міцність, зносостійкість, задиростійкість, опірність схоплюванню, корозійна стійкість, опір утомлюванню і теплостійкість. Це досягається низькотемпературним насиченням поверхні деталей азотом.

Промисловий технологічний процес азотування цілком сформувався: як насичену атмосферу застосовується аміак, деталі виготовляються зі складно регульованих спеціальних сталей, визначені основні параметри процесу (температура насичення, тривалість обробки, ступінь дисоціації аміаку).

Недоліки цього методу: велика тривалість процесу насичення (до 100 г); необхідність застосування спеціальних дорогих сталей, що до того ж нетехнологічні на різних етапах виготовлення деталей; низька в порівнянні з деталями контактна міцність; крихкість поверхневого шару і знижена в'язкість азотованих деталей; нестабільність результатів азотування при його реалізації в промисловості. Серед переваг процесу азотування необхідно відзначити: високу твердість (до 1100–1300 HV), що досягається без гартування; незначну в порівнянні з іншими методами зміцнення деформацію деталі; теплостійкість поверхневого шару до 500–600 °С; високу зносостійкість; корозійну стійкість (особливо в повітряній атмосфері); високий опір стомлюванню.

Іонно-плазмове азотування (ІПА) – це різновид ХТО деталей машин, інструменту, штампової та ливарної оснастки, яка забезпечує дифузійне насичення поверхневого шару сталі азотом в азотно-водородній плазмі при температурах 400–600 ºС. Використання ІПА замість газового азотування дозволить зекономити основне обладнання, знизити верстатні й транспортні витрати, зменшити витрати електроенергії та активних газових середовищ.

Встановлено, що іонно-плазмове азотування легованої сталі при температурі 525 °С за 5 годин дає можливість отримати зміцнення поверхневого шару до 11,0 ГПа на глибину 0,35 мм з балом мікрокрихкості від 0 до 1,5 балів.

УДК 620.183; 620.186; 620.187

ВИВЧЕННЯ ДИНАМІКИ ЗРОСТАННЯ ОСТРІВЦІВ ГРАФЕНА НА МІДНІЙ ПІДКЛАДЦІ

О. В. МУРАХОВСЬКИЙ [1], ***І. М. КОЛУПАЄВ*** [2*]

[1] *магістр кафедри матеріалознавства, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2] *доцент кафедри матеріалознавства, канд. фіз.-мат. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[*] *email: igor.kolupaev@gmail.com*

Властивості нового на сьогодні матеріалу – графену — активно досліджуються. Різні групи науковців вивчають властивості графену “в цілому”, хоча галузь застосування цього надміцного матеріалу, товщиною лише в один атом, стає все більшою. Транзистори на основі графену, комп’ютерні чипи, гнучкі прозорі дисплеї – це лише мала частка того, де може бути застосований графен.

Графен, як було встановлено [1], може бути використаний у якості антикорозійного покриття на матеріалі, що на сьогодні робить його, найтоншим антикорозійним покриттям, хоча в більшості випадків товщина покриття не грає важливої ролі.

Метою даної роботи є: комп’ютерна обробка зображень графенового покриття на міді, дослідження динаміки формування острівців графену, оцінка їх фрактальної розмірності та оптимальних технологічних умов (температура підкладки та час витримки) формування покриття з графену на міді.

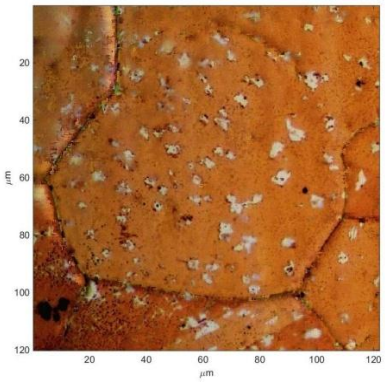
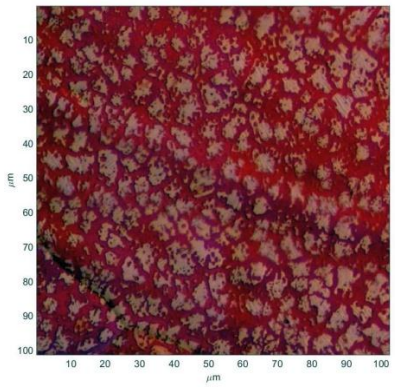
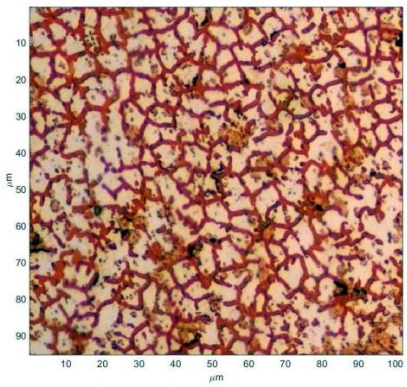
Нині існують два методи отримання графену: механічний - відривання пластів графену від монолітного шматка графіту за допомогою липкої стрічки (скотч); а також метод – CVD (chemical vapor deposition) осадження на гарячу підкладку, який і використовувався в даній роботі.

Хімічне парофазне осадження - це хімічний гетерофазний процес, який розроблений для отримання твердих покриттів, як правило, підвищеної чистоти. Суть даного методу полягає в тому, що кінцевий продукт утворюється на підкладці-мішені, в результаті взаємодії газоподібних речовин-прекурсорів або термолізу парів речовин-прекурсорів. При цьому речовини-прекурсори при нормальних умовах можуть являти собою не тільки гази, але і тверді речовини або рідини, в цьому випадку їх випаровують у спеціальній зоні реактора, а за тим транспортують до підкладки-мішені за допомогою газу-носія, який може бути як «інертним», так і брати участь у синтезі [2].

Металографічне дослідження поверхні росту проводиться в залежності від температури підкладки і часу осадження.

Можна зробити попередні висновки про те, що ріст графену відбувається за механізмом зародження та росту плоских острівців на поверхні полікристалічної міді.

Таблиця 1 – Будова острівцевих покриттів графену на міді

		
покриття 7,3%	покриття 29,5%	покриття 40,3%
Режим: 540^{0}C, 10 хв	Режим: 540^{0}C, 20 хв	Режим: 540^{0}C, 30 хв

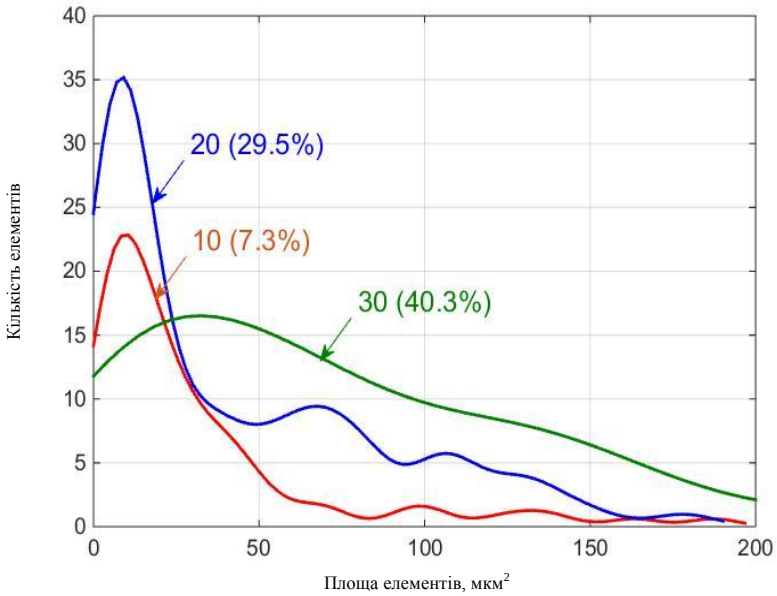


Рис. 1 – Апроксимація гістограм площі виділених острівців графену

В даному варіанті комп'ютерної обробки можна відзначити залежність площини під острівцями графену від часу витримки (рис. 1). Слід зауважити, що при підвищенні тиску в установці, графен являє собою суцільний шар.

Список літератури:

- *Рудской А.И., Насибулин А.Г., Толочко О.В., Кольцова Т.С.*. Новые гибридные металлические материалы на основе углеродных наноструктур // Современные металлические материалы и технологии (СММТ 2011). СПбГПУ, Санкт-Петербург. -2011. - с.269
- *Ивановский Г. Ф., Петров В. И.* Ионно-плазменная обработка материалов. — М.: Радио и связь, 1986. — 232 с.

УДК 621.979.1

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ПАРОВОЗДУШНОГО МОЛОТА РАБОТАЮЩЕГО НА РАЗНЫХ ЭНЕРГОНОСИТЕЛЯХ

***М.В. НАЗАРЕНКО*[1]*, *В.Я. ДАНИЛЕНКО*[2]**

[1] *магистрант кафедры ОМД, НТУ "ХПИ", Харьков, УКРАИНА*
[2] доцент *кафедры ОМД, канд. техн. наук, НТУ "ХПИ", Харьков, УКРАИНА*
[*] *email: mvnaz@yandex.ru*

В мелкосерийном и среднесерийном кузнечном производстве целесообразно применять паровоздушные штамповочные молота. На которых можно выполнять как подготовительные так и окончательные операции. Учитывая переход заводов с отработанного пара с теплоэлектростанции на сжатый воздух, на молотах наблюдается падение производительности и снижение энергии удара оборудования на 12…17%. Что приводит к необходимости нанесения дополнительного количества ударов, из-за чего может произойти недоштамповка, подстывание поковки, что приводит к быстрому разрушению ручьев штампа и самого штампа, снижается стойкость штока. Масса штока с поршнем на штамповочных молотах составляет 20% от массы падающих частей (МПЧ), а часть кинетической энергии от этой массы расходуется при жестких ударах не на деформацию поковки, а на собственную деформацию штока.

Помимо того, что энергия удара уменьшается в связи с переходом на другой энергоноситель, при длительной эксплуатации оборудования происходит износ деталей: стирание прокладок, увеличение диаметра цилиндра, износ пароораспределительного механизма, люфты. Снижение энергии удара влечет за собой увеличение количества ударов и перерасход энергоносителя, что экономически не выгодно. Если раньше на производстве был четкий график (план) проведения ремонтных работ (мелких, средних и капитального), то сейчас их практически нет и трудно определить в каком состоянии находится молот.

Цель работы: Разработка метода проверки возможности паровоздушных штамповочных молотов для повышения их эффективности и улучшения качества получаемых поковок.

Задачи исследования:

1 Рассчитать энергию удара при различной степени нажатия на педаль машины;

2 Рассчитать работу деформации при осадке выбранных для каждого молота поковок и определить величину их осадки, а также энергию необходимую для этой осадки;

3 Разработать алгоритм проверки технического состояния молота.

На рис.1 представлено моделирование процесса осадки:

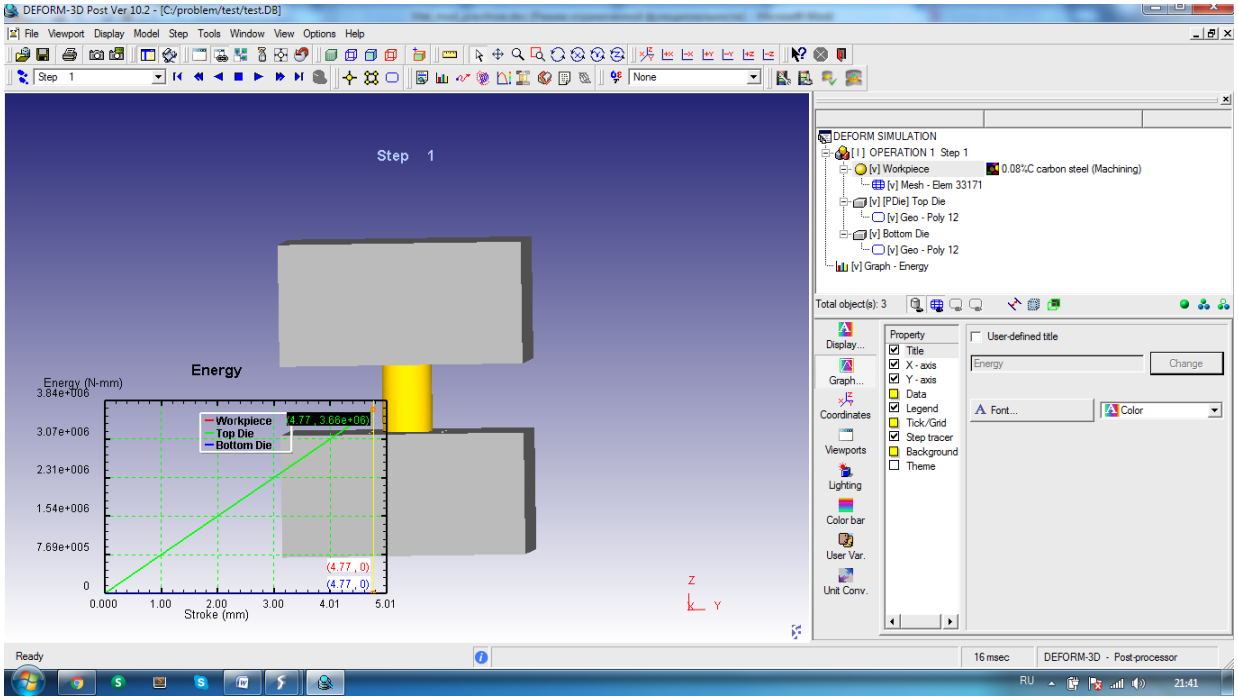


Рис.1 – Моделирование процесса осадки построено в программном комплексе Deform 3D: *а* - конусная; *б* - сферическая; *в* - трапецивидная

В данной работе был смоделирован процесс осадки цилиндрической заготовки методом конечных элементов используя программу Deform 3D. Для расчета были взяты паровоздушные молота с разной массой падающих частей с различной степенью нажатия на педаль. Определенна величина осадки выбранных заготовок от энергии удара для выбранных типоразмеров молотов.

Список литературы:

1. *Розин Л.А.* «Метод конечных элементов» 2000 г.

2. *Каргин Б.В., Ерисов Я.А.* Методические указания «Применение специализированного программного комплекса DEFORM в курсовом проектировании» 2009г.

3. Совершенствование кузнечного оборудования ударного действия. *Щеглов В. Ф.* «Машиностроение»

4. ГОСТ 7024 – 75. Молоты штамповочные паровоздушные. Основные параметры и размеры.

УДК 621.785.53

ДВОШАРОВЕ ЗМІЦНЕННЯ СТАЛІ КОМПЛЕКСНОЮ ХІМІКО-ТЕРМІЧНОЮ ОБРОБКОЮ В ПОРОШКОВИХ СЕРЕДОВИЩАХ

С.В. НІКІФОРОВА [1*], ***В.О. КОСТИК*** [2]

[1] *магістрант кафедри Матеріалозновства, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2] *доцент кафедри Матеріалозновства, канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[*] *email: nikiforova-veta1993@mail.ru*

Дана робота направлена на вирішення двох актуальних завдань: підібрати насичувальний склад, який значно прискорює процеси ХТО; розробити технологію без використання спеціального обладнання. Вирішення цих питань дозволить забезпечити необхідну якість продукції і значно знизити енерговитрати.

Метою роботи є зміцнення поверхневих шарів сталі 38Х2МЮА методами ХТО в порошкових макро- та нанодисперсних середовищах. Для досягнення мети необхідно вирішити наступні *завдання*: розробити методи ХТО у нових порошкових середовищах; встановити оптимальні режими; розрахувати ефективні коефіцієнти дифузії насичувальних елементів в сталях.

Об’єкт дослідження – процеси насичення сталі 38Х2МЮА вуглецем та бором. Предмет дослідження – розробка ефективних технологій з використанням нових порошкових сумішей для прискорення і спрощення ХТО при збереженні високих експлуатаційних властивостей.

Методи дослідження – В роботі використані оптична та електронна мікроскопія; вимірювання мікротвердості, обробка результатів статистичними методами.

В роботі обрано оптимальний режим комплексної ХТО, який включає цементацію при 950 °С протягом 2 годин, борування при 950 °С протягом 2 годин для отримання найбільшої поверхневої твердості 22 ГПа з максимальним загальним дифузійним шаром 1,4 мм. Отримано математичні моделі формування дифузійних шарів та зміну коефіцієнту дифузії бору після комплексного насичення атомарним вуглецем та бором, які дозволяють прогнозувати необхідні властивості поверхневих шарів легованої сталі від температури ХТО. Розроблена суміш для борування дозволяє прискорити процес насичення у 2,5–3 рази у порівнянні з традиційним, комплексна ХТО, що включала в себе послідовну цементацію та борування, дозволила сформувати боридний шар з перехідною зоною, яка значно зменшує мікрокрихкість.

УДК 621.74

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИНЖЕНЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЛИТЫХ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ ГОМТ

***А.М. ОВЧАРЕНКО*[1*], *О.В. АКИМОВ*[2]**

[1]*магистрант кафедры литейного производства, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[2] *заведующий кафедры литейного производства, профессор, д-р. тех. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[*] *email: ovcharenko23@mail.ru*

Современные подходы для решения задач анализа литейных процессов при производстве бесступенчатой ГОМТ ДВС предполагают широкое использование инженерного моделирования этих процессов в среде интегрированных компьютерных систем (ИКС), в основу которых заложены наиболее распространенные математические методы решения подобных задач. Для решения тепловой задачи, прочностной, диффузионной с помощью дифференциальных уравнений применяют такие методы численного решения: метод конечных элементов; метод конечных разностей; метод конечных объемов; метод граничных элементов.

Наибольшее распространение получили два метода численного инженерного моделирования – метод конечных разностей и метод конечных элементов.

Метод конечных элементов (МКЭ) — численный метод решения дифференциальных уравнений в частных производных, а также интегральных уравнений, возникающих при решении задач механики деформируемого твёрдого тела, теплообмена, гидродинамики. Метод конечных элементов является наиболее применяющимся, универсальным и достаточно часто используется для анализа температурного и напряженно-деформированного состояния деталей.

Заключается данный метод в том, что конструкция детали моделируется путем разбиения ее на достаточно простые области, в каждой из которой поведение среды описывается с помощью определенного набора выбранных функций, представляющих напряжения и перемещения в указанной области.

Метод конечных разностей (МКР) часто применяется для моделирования тепловых, деформационных, гидродинамических процессов в производстве. Суть метода состоит в том, что область непрерывного изменения аргументов, заменяется дискретным множеством точек, наносится так называемая сетка. Вместо функции непрерывного аргумента рассматриваются функции дискретного аргумента, определенные в узлах сетки. Производные, входящие в дифференциальное уравнение и граничные условия, заменяются разностными производными, при этом краевая задача для дифференциального уравнения заменяется системой линейных или нелинейных алгебраических уравнений (сеточных или разностных уравнений).

В настоящее время для расчета НДС литой детали используются наиболее распространенные конечно-элементные CAE-системы: ANSYS, ABAQUS, MSC/NASTRAN, COSMOS/M. Наибольшее распространение за рубежом и на отечественном рынке получили системы ANSYS и COSMOS/M. Для инженерного моделирования теплового и напряженно-деформированного состояния литой корпусной детали бесступенчатой ГОМТ выбран комплекс ANSYS.

Ни одна из компьютерно-интегрированных систем не позволяет решить задачу совместного моделирования тепловых, гидродинамических параметров литья и расчета НДС литой корпусной детали бесступенчатой ГОМТ с учетом газоусадочных дефектов. В связи с этим для решения поставленной задачи исследования необходимо создание технологии компьютерно-интегрированного проектирования литой корпусной детали бесступенчатых ГОМТ с совместным применением моделирования тепловых, гидродинамических параметров литья и расчета напряженно-деформированного состояния.

Метод конечных разностей используется также для граничных задач с нелинейным дифференциальным уравнением. Алгоритм применения метода сеток при этом не изменяется, но мы получим нелинейную систему алгебраических уравнений.

Для решения такой системы необходимо использовать итерационные методы. Можно также использовать метод линеаризации, т.е. сведение решения нелинейной системы к решению последовательности систем линейных алгебраических уравнений.

Для нелинейной задачи на основе обыкновенного дифференциального уравнения второго порядка также рассматривается вопрос ее аппроксимации разностной задачей, исследуется вопрос погрешности такой аппроксимации, порядка аппроксимации и возможности повышения порядка аппроксимации. Если исследовать устойчивость полученной разностной схемы сложно, то следует провести расчет на нескольких сетках с различными шагами.

Список литературы:

1. Бахвалов Н.С. Численные методы / *Н.С. Бахвалов, Н.П. Жидков, Г.М. Кобельков //* Москва – Санкт-Петербург : Физматлит, 2000. – 632 с.

2. *Тихомиров М. Д.* Основы моделирования литейных процессов. Сравнение метода конечных элементов и метода конечных разностей / *М .Д. Тихомиров, И.А. Комаров* // – М. : Литейное производство. – №5. – 2002. С. 22 – 28.

УДК 621.983.3

СОЗДАНИЕ ПОДСИСТЕМЫ САПР ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ИСХОДНЫХ ЗАГОТОВОК ДЛЯ ВЫТЯЖКИ ДЕТАЛЕЙ КОРОБЧАТОЙ ФОРМЫ

***Н.А. ПИКОВЕЦ*[1]*, *В.Н. ЛЕВЧЕНКО*[2]**

[1] *магистрант кафедры ОМД, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[2] *доцент кафедры ОМД, канд. техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
**email: omd.kpi.kharkov@mail.ru*

Холодная листовая штамповка является одной из распространенных технологий обработки металлов давлением. Вытяжка относится к основным формообразующим операциям листовой штамповки. Среди вытягиваемых изделий значительное место занимают детали коробчатой формы. Вытяжкой получают полуфабрикаты для изготовления различных баков, канистр и готовые изделия в виде коробок, судков, контейнеров (рис. 1). Из-за отсутствия осевой симметрии для получения таких изделий используют листовые заготовки относительно сложной формы. Существует ряд методов, позволяющих рассчитать размеры исходных заготовок, в основу которых положен принцип равенства площадей соответствующих участков заготовки и детали. Контур заготовки строится с использованием геометрических построений в зависимости от высоты детали, соотношения размеров в плане и радиусов закруглений у дна и в углах коробок. Это достаточно трудоемкий процесс. Задачей данной работы является автоматизация процесса расчета исходной заготовки для вытяжки коробок и построения ее чертежа с использованием средств графической системы Компас.

Рис. 1 – Металлические емкости из нержавеющей стали, полученные вытяжкой листового материала

Для расчета геометрии заготовки и выполнения ее чертежа авторами разработано программное обеспечение в среде Lasarus с использованием графического пакета Компас. Для обеспечения их взаимодействия использована объектная модель компонентов (Component Object Model), что позволяет на основе выполненных расчетов в автоматизированном режиме создавать чертежи заготовок. Разработанное прикладное программное обеспечение может быть использовано при технологической подготовке производства, а также как подсистема в САПР процессов листовой штамповки.

УДК 621.744

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НА КАЧЕСТВО ОТЛИВКИ, ПРИ ЛИТЬЕ ПО ПЕНОПОЛИСТИРОЛОВЫМ МОДЕЛЯМ

***С.А.СТАРЫХ*[1*], *О.И. ПОНОМАРЕНКО*[2]**

[1] *магистрант кафедры литейного производства, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[2] *профессоркафедры литейного производства,д-р. тех. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[*] *email: nepe-muv@mail.ru*

Литье по выжигаемым (газофицируемым) моделям, также как и литье по выплавляемым моделям, выполняется в неразъемные формы, а модель удаляется путем выжигания. В процессе заливки жидкого металла в форму под действием высокой температуры происходит термодиструкция пенополистирола, из которого изготовляется модель.

Процесс изготовления отливки по газифицируемым моделям включает: разработка чертежа детали и отливки, расчет литниково-питающей системы, изготовление пенополистироловой модели и питающей системы, окраска, сушка противопригарной краски, изготовление и заливка формы, охлаждение отливки в форме, выбивка формы, очистка, обрубка, контроль отливки. Одним из главных этапов является проектирование модели для отливки.

Модель из полистирола может изготовляться, также как и восковые модели, в пресс-формах, а также вырезаться из пенополистирола. При изготовлении моделей в пресс-формах в качестве исходного материала используется вспененный полистирол, который поставляется в гранулированном виде. Для литейного производства выпускают специальные марки пенополистирола.

Целью исследования является конструкторско-технологическое моделирование получения отливки «Замок», изготовляемой литьем по газифицируемым моделям на ООО «АрмаПром». Отливка «Замок», изготавливается из стали 25Л ГОСТ 977-88 и является частью механизма сцепления автосцепки тепловоза. К ней предъявляются повышенные требования по прочности, износостойкости, твердости и ударным нагрузкам. Заливка формы в вакуумируемые формы из сухого кварцевого песка без связующего обладает бесспорными экологическими преимуществами. В работе устанавливают влияния технологических параметров на качество отливок.

Процесс исследования включают: создание 3D модели, компьютерное моделирование процесса заливки формы, установление мест дислокации дефектов усадочного характера, оптимальный расчет прибыли.

В процессе исследования использоваться пакеты программ SolidWorks, для создания 3D модели детали, отливки и оснастки, и LVMFlow, для моделирования процесса заливки металла и выявления дефектов, расчета прибылей.

УДК 621.74

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЪЮТЕРНО-ИНТЕГРИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ИЗГОТОВЛЕНИЯ МОДЕЛЬНОЙ ОСНАСТКИ

М.А. СТУПАРЬ [1*], ***Д.В. МАРИНЕНКО*** [1*], ***О.И. ПОНОМАРЕНКО*** [2]

[1] *магістрант кафедри ливарного виробництва, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2] *професор кафедри ливарного виробництва, доцент техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[*] *email: stupar221191@gmail.com*

Литые изделия составляют значительную долю по массе и трудоёмкости изготовления любого вида продукции машиностроения. От качества отливок, их точности и экономичности в итоге зависит и качество конечной продукции – двигателей, станков, автомобилей. Как показывает мировой опыт, совершенствование изделий машиностроения невозможно без существенного повышения сложности, качества, эксплуатационных свойств, точности и уменьшения толщины стенок литых заготовок. За последние 30 лет в зарубежном машиностроении допуски и припуски на отливки были снижены в 1,5…2,0 раза и более, металлоёмкость продукции уменьшена на 10…20%.

Современное литейное производство характеризуется максимальной механизацией и автоматизацией технологических процессов получения отливок. Качество и стоимость литейных изделий в первую очередь зависит от качества изготавливаемой оснастки. Процесс их производства является сложным, дорогим и трудоемким.

Основным материалом для изготовления модельных комплектов является дерево. По деревянным моделям производится 3/5 всего литья. Поэтому создание технологичной литейной оснастки высокой размерной точности в сжатые сроки, которая обеспечивает производство качественных отливок, а также технологий их проектирования и изготовления является актуальной задачей литейного производства.

Целью работы является проектирование и изготовление модельной оснастки для отливки «Корпус промежуточный», изготовляемой из СЧ20 ГОСТ 1412-85 литьем в песчаные формы с применением компьютерно-интегрированных технологий.

В процессе выполнения работы использовались пакеты программ SolidWorks, для создания 3D-модели детали, отливки и оснастки, LVMFlow, для моделирования процесса получения отливки и программный продукт AlphaCAM, для разработки управляющей программы для изготовления деревянной оснастки на станке с ЧПУ модели AGRO 5A производства компании Greda (Италия). Применение такого оборудования дает возможность получения отливки с высоким качеством поверхности и точными геометрическими размерами при минимальных затратах.

УДК 539.3/6:669.055(075.8)

СПЛАВЫ С ЭФФЕКТОМ ПАМЯТИ ФОРМЫ

СУНДУС МОХАММЕД НУРИ [1*], ***О. В. АКИМОВ*** [2]

[1] *аспирантка кафедры литейного производства, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[2] *зав. кафедрой литейного производства, профессор, докт. техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[*] *email: litvo11@kpi.kharkov.ua*

В настоящее время большой интерес представляют сплавы с эффектом памяти формы, которые широко применяются в различных областях техники (спецмашино-строение, приборостроение, авиакосмическая техника, бытовая техника и др.). При этом наибольшее распространение получили сплавы с памятью формы на основе Ti-Ni, применяемые преимущественно в области медицины, благодаря уникальному сочетанию эксплуатационных свойств.

Сплавы с эффектом памяти формы характерны тем, что в пластически деформированном состоянии восстанавливают свою первоначальную форму непосредственно со снятием нагрузки или после нагрева. Суть этого явления заключается в следующем. В исходном состоянии в материале существует определенная структура. Под влиянием деформации внешние слои материала вытягиваются, а внутренние сжимаются (средние остаются без изменений). Эти вытянутые структуры – мартенситные пластины. Необычным является то, что в материалах с памятью формы мартенсит термоупругий. После нагрева начинает проявляться термоупругость мартенситных пластин, то есть возникают внутренние напряжения, которые стремятся вернуть структуру к исходному состоянию, а именно сжать вытянутые пластины и растянуть сжатые. Поскольку внутренние вытянутые пластины сжимаются, а внутренние растягиваются, материал в целом проводит автодеформацию в обратном направлении и восстанавливает свою исходную структуру, а вместе с ней и форму.

Несмотря на такие уникальные свойства материалов с эффектом памяти формы актуальным более детальное изучение таких сплавов и создание новых. Главным недостатком таких сплавов является высокая стоимость и сложность получения с использованием специального вакуумного оборудования.

На сегодняшний день является актуальным упростить способ получения сплавов с памятью формы и заменить дорогостоящие составляющие химического состава сплава на более доступные с сохранением уникальных эксплуатационных свойств на высоком уровне. Наибольший интерес для современной Украины представляют материалы с эффектом памяти формы на основе железа. Этот класс материалов является наиболее дешевым и более простым в производстве, так как не содержит дорогостоящих составляющих и не требует специального вакуумного оборудования для производства.

УДК 74.01/.09

РОЗРОБКА НАВЧАЛЬНО-ІНФОРМАЦІЙНОГО ПОРТАЛУ

Р.О. ТАРАСЕНКО[1*], О.С. СИДОРЕНКО[2]

[1] магістрант кафедри ГМКГ, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА
[2] доцент кафедри ГМКГ, канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА
[*]email: el-ser-el@yandex.ru

На сучасному етапі життя Інтернет та комп'ютерні технології набувають все більшого поширення в різноманітних сферах, вони виступають як джерело інформації та головний засіб комунікації. Тому не можна недооцінювати тих можливостей, які вони надають людині для розвитку діяльності.

Мета роботи: створення фірмового стилю та програмування інтерактивного web−сайту танцювальних шкіл. Були розглянуті головні методи та поняття формування бренду, освоєні принципи побудови web – сайтів даного напрямку, з урахуванням тенденцій сучасності та вимог клієнту.

Створення сайту – багатостадійний творчий і технологічний процес, бо правильно розроблений сайт є інструментом розвитку.

Привабливий дизайн сайту одна із складових гарного продукту, він повинен вигідно відрізняти компанію від конкурентів. Був створений креативний, оригінальний та сучасний дизайн.

База даних - представлена в об'єктивній формі сукупність самостійних матеріалів (статей, розрахунків, нормативних актів, судових рішень та інших подібних матеріалів), систематизованих таким чином, щоб ці матеріали могли бути знайдені і оброблені за допомогою електронної обчислювальної машини.

Також акцент був поставлений на питання зберігання інформації, тому була створена база даних, яку надалі має бути зручно та легко підтримувати.

Проект був створений з переважним використанням сучасних та зручних інструментів. Для реалізації задачі були застосовані:

- мова розмітки *HTML*;
- об`єктно – орієнтована мова сценаріїв *ActionScript*;
- мультимедійна технологія *Flash*;
- скриптова мова програмування *PHP*;
- система управління базами даних *MySQL*;
- графічні редактори *AdobePhotoshop, CorelDRAW***.**

Таким чином під час розробки проекту були створені: інтернет-представництво у вигляді сайту. Цей продукт цілком самостійний та повноцінний, тому його можна використовувати за його прямим призначенням.

УДК 621.777.24

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ХОЛОДНОЙ ОБЪЕМНОЙ ШТАМПОВКИ КОРПУСОВ КОННЕКТОРОВ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

***Ф.Х.А.-Х. ХАЙДЕР*[1*]*, В.Н. ЛЕВЧЕНКО*[2]

[1] *магистрант кафедры ОМД, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[2] *доцент кафедры ОМД, канд. техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[*] *email: omd.kpi.kharkov@mail.ru*

Детали типа коннекторов являются важной частью электрических систем, систем управления и широко применяются в транспорте, авиационной технике и приборостроении для соединения, как силовых, так сигнальных кабелей. Несанкционированное отсоединение коннектора, может привести к нарушению питания систем или устройств, отвечающих за управление или контроль безопасности. Они изготавливаются из алюминиевых сплавов, что обеспечивает прочность, коррозионную стойкость и экономию веса, путем механической обработки на металлорежущих станках. Однако такой способ изготовления трудоемок и приводит к большим потерям – более 80% металла при механической обработке уходит в стружку, кроме того, при механической обработке перерезаются волокна металла, что негативно сказывается на прочностных характеристиках детали. Примером одного из таких изделий может служить корпус коннектор типа ВКШУ.753117.035, изготавливаемый из алюминиевого сплава АВ. В данном случае рассмотрена самая габаритная модификация этого типа корпусов коннекторов – ВКШУ.753117.035-05 (рис. 1).

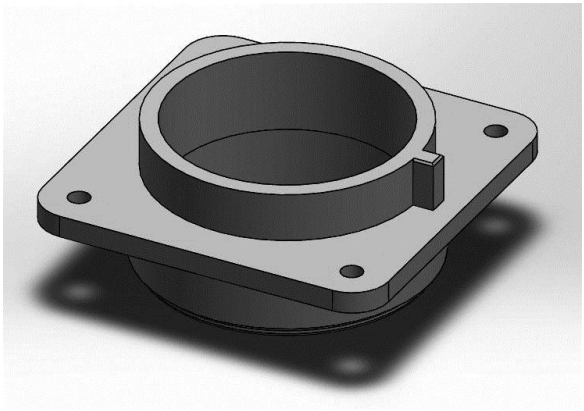
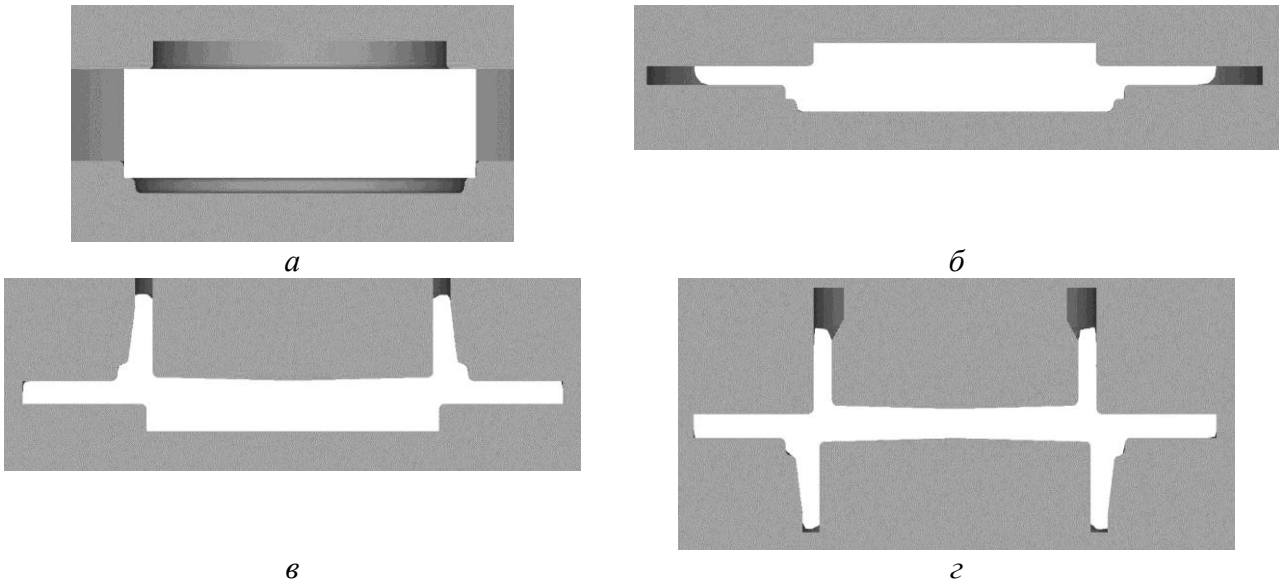


Рис. 1 – Трехмерная геометрическая модель коннектора ВКШУ.753117.035-05

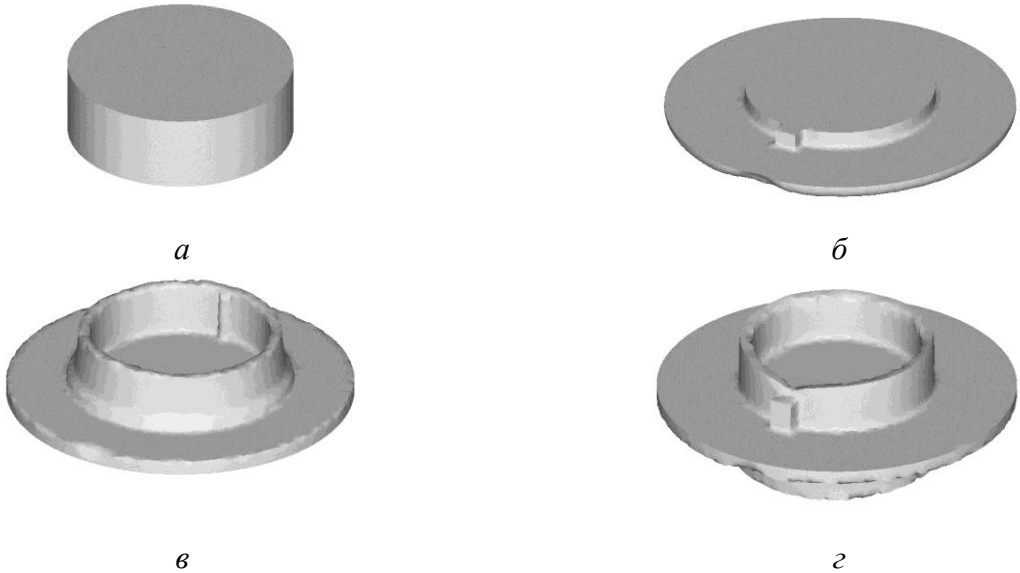
Задача работы состояла в исследовании возможности изготовления коннекторов методами холодной объемной штамповки (ХОШ) с максимальным сокращением количества металла, идущего в отход при механической обработке. Моделирование проводили методом конечных элементов, что позволило не только исследовать формоизменение заготовки, но и определить

напряженно-деформированное состояние и энергосиловые параметры по переходам. В результате проведенных исследований предложена технология производства заготовок для деталей данного типа методами ХОШ, включающая осадку цилиндрической заготовки с диаметром 30 мм и высотой 9,6 мм с получением круглого фланца (рис. 2,*а*,*б*), межоперационный отжиг в течение 3-4 часов при температуре 400°С и два обратных выдавливания (рис. 2,*в*,*г*). Исходная заготовка и штамповки по переходам показаны на рис. 3.



а *б* *в* *г*

Рис. 2 – Схема получения заготовки коннектора ВКШУ.753117.035-05 методами ХОШ: *а*, *б* –схема осадки; *в*, *г* – схемы процессов обратного выдавливания



а *б* *в* *г*

Рис. 3 – Заготовка (*а*) и полученные по результатам моделирования штамповки (*б*, *в*, *г*)

Для получения квадратного в плане фланца отштампованную заготовку подвергают последующей механической обработке. Расчетный коэффициент использования материала для предложенной технологии, основанной на применении ХОШ, составляет 60%, что почти в три раза выше по сравнению с механической обработкой.

УДК 669.06:621.746.6.001.57

УСУНЕННЯ ЛИВАРНИХ ДЕФЕКТІВ ВИЛИВКІВ МЕТОДОМ ГАРЯЧОГО ІЗОСТАТИЧНОГО ПРЕСУВАННЯ

***М.В. ЧЕЧЕЛЬ*[1*]**

[1]*аспірант кафедри машин і технології ливарного виробництва, Запорізький національний технічний університет, Запоріжжя, УКРАЇНА*
[*]*email: nchechel@gmail.com*

Сучасний споживчий ринок високощільних виробів потребує деталей, щільність яких наближена до теоретичних значень, що можливо досягти завдяки використанню нових технологій плавки та пресування під високим тиском.

Однією з перспективних технологій сьогодення є гаряче ізостатичне пресування (ГІП). За умови, досить високого розвитку апаратів високих та надвисоких тисків, та унікальності впливу, ізостатичне пресування має безумовні переваги у порівнянні з традиційними технологіями обробки металів тиском та температурою.

ГІП дозволяє усунути цілий ряд ливарних дефектів, а саме мікропори в об'ємі виливків, поверхневі та глибинні дефекти. В переважній більшості, важливою перевагою устаткування ГІП – є усунення таких дефектів без необхідності використання додаткової термічної обробки, що в свою чергу дозволяє значно скоротити та спростити технологічний процес отримання кінцевого виробу. Використання ГІП у виробництві дає можливість одночасної обробки достатньо великої партії виливків, та значно скорочує витрати на рентгенівський контроль.

В даний час видалення дефектів методом ГІП використовується в промислових масштабах для таких матеріалів, як нержавіюча сталь, титанові і алюмінієві сплави, а також нікелеві та кобальтові сплави. Однак ГІП гарантує поліпшення механічних властивостей навіть для звичайної вуглецевої литої сталі, яка набуває механічні характеристики, аналогічні виробам, отриманих деформуванням. Алюмінієве литво після баротермічної оброки також підвищує пластичність і опір циклічному і термічному руйнуванню.

Видалення пористості поблизу поверхні виливків значно покращує якість механічно обробленої поверхні, надає високі показники зносостійкості.

Завдяки отриманню високих показників механічних властивостей та усуненню цілої низки ливарних дефектів виливків, області застосування гарячого ізостатичного пресування швидко зростають.

Таким чином, ГІП доцільно використовувати для отримання відповідальних деталей та вирішення самих складних задач сучасного ливарного виробництва та матеріалознавства.

СЕКЦІЯ 7. ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ТА ПРИКЛАДНІ ПРОБЛЕМИ ФІЗИКИ

УДК 665.9

ОБЗОР АВТОМОБИЛЬНОГО ХОЛОДИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

Д.И. БУДКОВ [1*], Н.П. КАРПЕНКО[2]

[1]магистрант кафедры криогенной техники и технологии, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА

[2]ст.преподаватель кафедры криогенной техники и технологии, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА

[*]email: budkov-d@mail.ru

Автомобильный холодильный транспорт в настоящее время используется не только для внутригородских перевозок и перевозок продукции на короткие расстояния, но и на расстояния 2 — 3 тыс. км.

Автомобильный холодильный транспорт, обеспечивающий высокую скорость доставки, будет все более широко применяться для снабжения населения приморских и более отдаленных от рыболовных портов городов свежей и охлажденной рыбой.

Перевозка скоропортящихся пищевых продуктов в соответствии с СПС (Женевским соглашением о международных перевозках скоропортящихся пищевых продуктов и о специальных транспортных средствах, предназначенных для этих перевозок) и требованиями СЭС должна осуществляться на специальных транспортных средствах. Их основная особенность - возможность создания и поддержания в грузовом объеме температурных режимов, обусловленных видом перевозимого груза.

В настоящее время к холодильному транспорту предъявляются строгие, и даже жесткие требования, как с точки зрения сохранности, так и безопасности перевозимых продуктов. Это предписано нормами Санэпиднадзора и заложено в требованиях ГОСТов на мороженое и замороженные продукты. Основными направлениями развития холодильного транспорта являются: снижение энергопотребления; уменьшение потерь хладонов в атмосферу; внедрение озонобезопасных хладагентов; использование модифицированной газовой среды при перевозке овощей и фруктов; интеграция различных транспортных средств на основе модульного построения; повышение уровня автоматизации в результате применения микропроцессорной техники. В связи с такими условиями использования холодильные транспортные средства должны отвечать требованиям национальных и международных стандартов. Например, международное соглашение о транспортировке скоропортящихся пищевых продуктов в специальных транспортных средствах, принятое Экономической комиссией ООН для Европы, предписывает использовать классифицированные и утвержденные средства для транспортировки всех видов замороженных продуктов в международной торговле.

УДК 621.3.027

ОЦЕНКА ВЫСОТЫ ОРИЕНТИРОВАНИЯ МОЛНИИ ПРИ ЛАБОРАТОРНОМ МОДЕЛИРОВАНИИ УМЕНЬШЕННЫХ МАКЕТОВ СТЕРЖНЕВОГО МОЛНИЕОТВОДОВ

С.А. ИГНАТЕНКО[1*]***, В.В. РУДАКОВ***[2]

[1] *магистрант кафедры инженерной электрофизики, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[2] *профессор кафедры инженерной электрофизики, докт. техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[*]*email: serek.ua@mail.ru*

Высотой ориентировки молнии принято считать высоту H лидера молнии над поверхностью земли, начиная с которой лидер молнии ориентируется на молниеотвод высотой h. В работе [1] принималось, что расстояние по горизонтали от лидера до вертикали, проходящей через стержневой молниеотвод не должно превышать R = 3,5·h при H/h = 20 (рис. 1*б*). В дальнейшем методы определения H и R уточнялись [2] и фиксировались в нормативных документах [3, 4]. Так в работе [2] рекомендовано принять значение $R = h\cdot((2\cdot H/h)-1)^{0,5}$, а в инструкции [3] использовано понятие о плоскости ориентировки, расположенной на высоте H = 5·h над землей. Выбор высоты ориентировки связан с понятием о радиусе стягивания r ≤ R при движении лидера молнии к земле. В работе [2] зависимость высоты ориентировки от тока молнии не учитывались.

Цель настоящей работы – экспериментальная оценка зависимости высоты ориентирования H от R в лабораторных условиях для малоразмерных макетов одиночных стержневых молниеотводов. Малоразмерными макетами будем считать объекты, для которых расстояния между электродами (стержень, моделирующий канал молнии, – молниеотвод или поверхность земли) составляет не менее 10 см. Эксперимент проводился на лабораторной установке генератор импульсных напряжений (ГИН) (рис. 1).

а *б*

Рис. 1 – Генератор импульсных напряжений: *а* – лабораторная установка ГИН; *б* – упрощенная схема испытательного поля ГИН

Она состоит из шести конденсаторов емкостью С = 0,25 мкФ на номинальное напряжение $U_н$ = 100 кВ, которые установлены на стеллажах ГИН горизонтально и заряжаются параллельно от источника питания до напряжения U = 26 кВ каждый. В момент разряда конденсаторы включаются последовательно, формируя на выходе ГИН импульс напряжения ~ 150 кВ. В зависимости от расстояния R и h, разряд ориентировался на землю или на макет молниеотвода. Для каждого высоты молниеотвода были найдены максимальный радиус R, при котором разряд попадал в макет молниеотвода с точностью значения R + 2,5 мм. Значения H/h от R представлены на рис. 2.

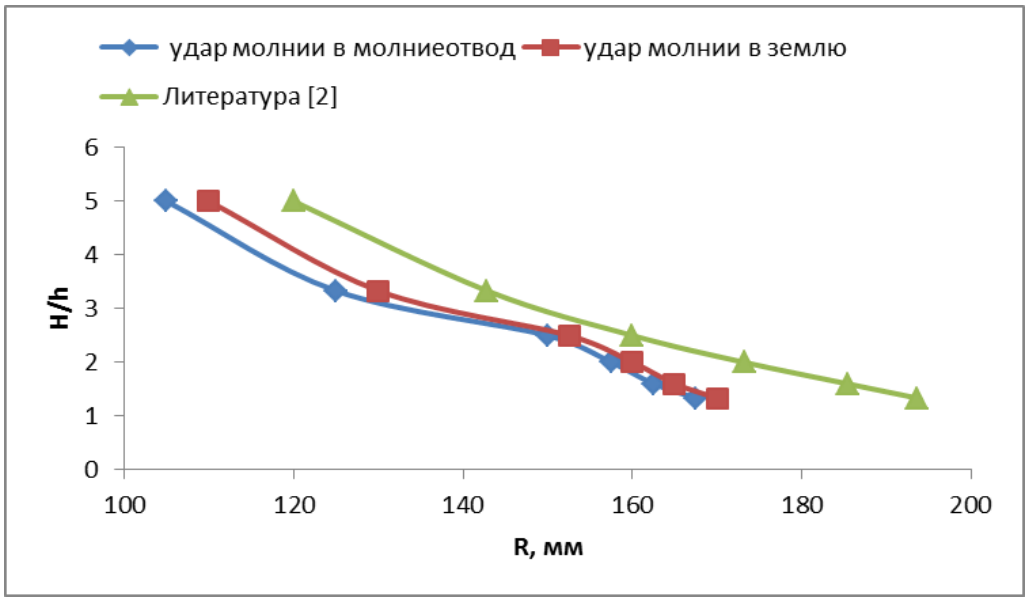


Рис. 2 – График зависимости отношения H/h к R

Полученные результаты показывают, что все расчеты по формуле [2] справедливы с достаточной инженерной точностью до 10% и для малогабаритных лабораторных объектов. Следовательно, можно проводить с меньшими затратами лабораторные экспериментальные исследования для малых макетов реальных объектов, а потом переносить их на реальные объекты, масштабируя полученные данные.

Список литературы:

1. *Долгинов, А.И.* Техника высокого напряжения в электротехнике/ *А.И. Долгинов* // М.: Энергия. – 1968. – 464 с.

2. *Базелян, Э.М.* Физика молнии и молниезащиты/ *Э.М. Базелян, Ю.П. Райзер* // М.: Физматгиз. – 2001. – 320 с.

3. Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций. СО – 153–34.21.122 – 2003.

4. Стандарт IEC – 62305.

5. *Петров, С.Р.* О противоречиях в инструкциях по устройству молниезащиты/ *С.Р. Петров* // Электро. – 2006. – №2 – С. 49–52.

6. *Гуськов, М.В.* Об исследовании площади стягивания лидера молнии/ *М.В. Гуськов* // Вестник Чувашского университета. – 2011. – №3 – С.63-66.

УДК 665

ВИРОЩУВАННЯ КРИСТАЛА GAGG, ЛЕГОВАНОГО Ce, І ДОСЛІДЖЕННЯ ЙОГО ОПТИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ

М.М. ЛАДАТКО[1*], Я.В. ГЕРАСИМОВ[2], Д.А. КУДІЙ[3]

[1] магістрант кафедри ФМЕГ, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА
[2] канд. техн. наук, «ІСМ», Харків, УКРАЇНА
[3] доцент кафедри ФМЕГ, канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА
[*]email: maksim.ladatko@mail.ru

Монокристалічні сцинтилятори широко використовуються для виявлення іонізуючого випромінювання в ядерній фізиці і фізиці високих енергій, сучасний медицині, космосі та промисловості.

Сцинтиляційні властивості досягаються за допомогою Ce^{3+} 5d-4f емісійних центрів світіння. В результаті, нові види Ce-легованих неорганічних сцинтиляторів інтенсивно вивчалися в останні два десятиліття, і деякі з них були успішно комерційовані.

Оксидні матеріали на основі структури граната – перспективні кандидати для сцинтиляційних додатків через легке легування рідкоземельними елементами.

Для вирощування кристала GAGG:Ce були розглянуті методи: *Бріджмена-Стокбаргера, зонної плавки, Кіропулоса та Чохральського.*

Найбільш підходящим виявився метод Чохральського. В цьому методі кристал росте за рахунок витягування затравки, що обертається, спочатку, зануреної в розплав. Даний метод дозволяє усунути механічний вплив тигля на вирощений кристал.

Один з головних недоліків методу – необхідність в тиглі, який часто є джерелом забруднень.

Даний кристал отриманий без видимих включень, отже домішки Ce розподілилися рівномірно по всьому об'єму. Розмір зразка відповідає даним заданим у програмі для вирощування.

Також в кристалі не виявлено площинних тріщин, яких ми позбулися завдяки створенню так званої шийки на початку вирощування кристалу.

Фронт кристалізації кристалу плоский, що дуже гарно з точки зору стабільного росту, уникнення тріщин та небажаних домішок в кристалічній булі. В спектрі поглинання зразка GAGG:Ce спостерігаються декілька полос.

Поглинання в діапазоні довжин хвиль до 210 нм обумовлене фундаментальним поглинанням, а спад на довжині хвилі 210 нм – це край фундаментального поглинання.

Піки з максимумами 280 нм, 285 нм, 308 нм та 312 нм пов'язані з 4f-5d переходами в іонах Gd^{3+}, а широкі полоси з максимумами 340 нм та 445 нм пов'язані з 4f-5d переходами в іонах Ce^{3+}.

УДК 621

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ ЖИДКИХ И ТЕКУЧИХ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ ПРИ ПОМОЩИ КОМПЛЕКСА ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ИМПУЛЬСНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

А.В. МАКОГОН*[1*]*, Н.И. БОЙКО

[1] магистрант кафедры инженерной электрофизики, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА
[2] профессор кафедры инженерной электрофизики, докт. техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА

Цель работы – увеличение степени инактивации микроорганизмов в обрабатываемых продуктах с помощью КВИВ технологий и, как следствие, увеличение сроков хранения за счет увеличения амплитуды напряженности импульсного электрического поля при укорочении импульсов при электрически параллельном соединении (включении) $n \geq 2$ камер с помощью КВИВ-технологии.

Через камеры последовательно или параллельно протекает обрабатываемый продукт.

Обработку продуктов ведут импульсами в нагрузке в виде $n \geq 2$ электрически параллельно включенных проточных рабочих камер, через которые протекает обрабатываемый продукт, при этом каждый импульс в нагрузке имеет длительность $t_и < 5\times10^{-8}$ с и длительность $t_ф$ фронта $t_ф \leq 5\times10^{-9}$ с, обеспеченную $n\geq2$ обострителями фронта импульсов, подключенными по одному к каждой рабочей камере с одной стороны и к выходу генератора высоковольтных импульсов через $n \geq 2$ передающих линий с электрической длиной $l_э \geq 10^{-9}$ с каждая с другой стороны, причем $t_ф \leq 0{,}2\times t_и$, создает в нагрузке поле с амплитудой напряженности $E \leq E_{доп}$, где $E_{доп}$ – допустимая амплитуда напряженности при укороченной длительности импульса $t_и < 5\times10^{-8}$ с, импеданс $z_{п.р.к.}$ продукта в каждой из рабочих камер удовлетворяет соотношениям:

$$z_{п.р.к.} \leq 0{,}1\times z_{м.к.}, \quad (1)$$

где $z_{м.к.}$ – импеданс пищевого продукта, протекающего между соседними рабочими камерами,

$$(z_{п.р.к.} / n) \geq (z_{п.л.} / n) \geq z_г, \quad (2)$$

где $z_{п.л.}$ – волновое сопротивление передающей линии;

$z_г$ – внутренний импеданс – волновое сопротивление генератора высоковольтных импульсов.

При указанной амплитуде напряженности E имеет место необратимая инактивация микроорганизмов, если соблюдается условие:

$$t_{кр} < t_п < t_т, \quad (3)$$

где $t_п$ – температура продукта;

$t_{кр}$ – критическая температура продукта;

$t_т$ – температура традиционной пастеризации.

УДК 665.9

СИНТЕЗ ФОРМЫ ЭЛЕКТРОДОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПЛОСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ, ЗАДАННОГО ДИСКРЕТНО

***А.Н. МОВЧАН*[1*], *О.Я. КОНОВАЛОВ*[2]**

[1] *магистрант кафедры инженерной электрофизики, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[2] *доцент кафедры инженерной электрофизики, канд. техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[*] *email: movchan.sasha2010@yandex.ua*

В технике сильных электрических и магнитных полей, электронной оптике возникает необходимость определения формы электродов, обеспечивающих заданное распределение поля на граничной поверхности. Один из способов решения этой проблемы состоит в постановке и решении задачи продолжения потенциала или силовой функции поля над границей (граничной поверхностью) – задачи Коши, последующих построения и “ металлизации” линий уровня. При использовании явных разностных методов решения задачи Коши наблюдается возрастание погрешностей при удалении от граничной поверхности, в то время как аналитические решения, полученные в [1], обеспечивают достаточно устойчивые числовые данные. В цитируемой работе заданное распределение поля на границе является известной аналитической функцией.

На практике часто необходимо создать некоторое распределение напряженности поля на граничной поверхности, заданное таблично. Целью данной работы является исследование возможности использования ранее полученных аналитических решений задачи [1] при таблично заданном распределении поля на граничной поверхности.

Для определенности рассматриваем задачу нахождения профиля металлического электрода, создающего на плоской металлической граничной поверхности таблично заданное распределение нормальной составляющей напряженности электрического поля. Поле над граничной поверхностью полагаем плоским, причем ось x декартовой системы координат лежит на граничной плоскости, а ось y нормальна к ней. Формулировка задачи Коши для уравнения Лапласа в этом случае имеет такой вид:

$$\frac{\partial^2\phi}{\partial x^2}+\frac{\partial^2\phi}{\partial y^2}=0, \tag{1}$$

$$-\infty<x<\infty,\ \ y>0;$$

$$\phi(x,0)=U_0; \tag{2}$$

$$\left.\frac{\partial\phi}{\partial y}\right|_{y=0}=-E_y(x,0), \tag{3}$$

где φ – потенциал электрического поля; U_0 – потенциал поля на границе $y = 0$; $E_y(x,0)$ – нормальная составляющая вектора напряженности электрического поля на границе, заданная функция.

Полагая $E_y(x,0)$ четной аналитической функцией, решение задачи (1) – (3) представляем в таком виде [1]:

$$\phi(x,y)=U_0-\sqrt{\frac{2}{\pi}}\int_0^{\infty}[F(\lambda)/\lambda]\cos(\lambda x)sh(\lambda y)d\lambda, \qquad (4)$$

где $F(\lambda)$ – косинус-преобразование Фурье заданного распределения $E_y(x,0)$.

Косинус-преобразование Фурье заданного распределения нормальной проекции вектора напряженности поля равно:

$$F(\lambda)=\sqrt{\frac{2}{\pi}}\int_0^{\infty}E_y(x,0)\cos(\lambda x)dx \qquad (5)$$

Пусть формульное выражение граничного распределения неизвестно, а даны только его значения в узловых точках оси *x*, т. е. нормальная проекция вектора напряженности электрического поля на границе задана таблично. Полагая и в этом случае функцию $E_y(x,0)$ аналитической, утверждаем, что в соответствии с теоремой Ковалевской [1] решение задачи (1) – (3) существует и единственно.

Видим, что реализация решения (4) сводится к вычислению несобственных интегралов в формулах (5), (4). При этом необходимо исследовать сходимость этих интегралов и составить алгоритм их вычисления.

Особенностью рассматриваемых несобственных интегралов является осцилляция значений подынтегральных функций, обусловленная множителем $\cos(\lambda x)$. В интеграле решения (4) частота осцилляций определяется координатой точки наблюдения поля *x*, а в интеграле (5) – текущим значением λ. Для исключения погрешностей, обусловленных осцилляциями из-за чрезмерно большого шага интегрирования, необходимо, чтобы произведения $h_\lambda\tilde{o}$, $h_x\lambda$ (h_λ, h_x – шаги численного интегрирования соответственно по параметру преобразования λ и координате *x*) были значительно меньше соответствующих расстояний между двумя соседними нулями подынтегральных выражений, т.е.

$$h_\lambda\tilde{o}<<\pi,$$
$$h_x\lambda<<\pi.$$

Из последних неравенств следуют соотношения для выбора шагов

$$h_\lambda<<\frac{\pi}{x}, \quad h_x<<\frac{\pi}{\lambda} \qquad (6)$$

Нетрудно видеть, что шаг интегрирования по λ обратно пропорционален координате, ось которой лежит на граничной поверхности или параллельна ей.

Список литературы:

1. *Михайлов, В.М.* Определение профилей электродов и соленоидов для создания заданных распределений поля/ *В.М. Михайлов* // Технічна електродинаміка. Тематичний випуск ”Проблеми сучасної електротехніки”. – 2000. – №6. – С.13-16.

УДК 002

МІКРОТВЕРДІСТЬ КРИСТАЛІВ KDP:L-ARGININE

***Т.В. НОВІКОВА*[1*], *О.І. КОСТЕНЮКОВА*[2]**

[1] *магістрант кафедри фізики металів та напівпровідників, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2] *аспірант ГНУ НТК ІМК НАНУ», Харків, УКРАЇНА*
[*] *email: tanya_novikova92713@mail.ru*

Кристал дигидрофосфата калію (KDP) є класичним нелінійно-оптичним кристалом, який знаходить широке застосування в сучасній оптоелектроніці і нелінійній оптиці. Створення нових ефективних нелінійно-оптичних матеріалів з високою нелінійною сприйнятливістю базується на основі кристалів групи KDP. Одним з актуальних напрямків є допування амінокислотою L-аргінін (L-arg) [1]. Метою нашої роботи було отримання кристалів KDP, допованих амінокислотою L-arg і вивчення механічних властивостей кристалів KDP:L-arg. Кристали KDP:L-arg були вирощені методом зниження температури на "точкової" затравці в кристалізаторі при різній концентрації L-arg в розчині (0-1,4 мас.%).

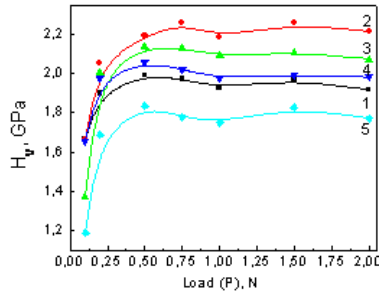


Рис. 1 – Криві навантаження мікротвердості від навантаження сектора {101} для грані (001): 1- чистий KDP, 2- KDP:0.3 L-arg, 3- KDP:0.4 L-arg, 4- KDP:1.0 L-arg, 5- KDP:1.4 L-arg

Допування кристалів KDP в секторі піраміди з концентрацією 0.3-1.0 ваг.% L-arg сприяє зміцненню кристала [2], однак подальше збільшення концентрації до 1.4 мас. % призвело до зниження мікротвердості на ~5-9%, що пов'язано з ослабленням міжатомних зв'язків в кристалі і порушенням кристалічної структури при збільшенні концентрації L-arg в кристалі [3].

Список літератури:

1. *Parikh, K.D.* Thermal, FT–IR and SHG efficiency studies of L-arginine doped KDP crystals/ *K.D. Parikh, D.J. Dave, B.B. Parekh //* Mater. Sci. – 2007. – №30 – P. 105.

2. *Kolybaeva, M.I.* Structural and mechanical properties of KH_2PO_4 single crystals with embedded nanoparticles and organic molecules/ *M.I. Kolybaeva, O.N. Bezkrovnaya //* Cryst. Res. Technol. – 2014. – P. 1.

3. *Chandran, S.* Influence of amaranth dye on the growth and properties of KDP single crystal/ *S. Chandran, R. Paulraj, P. Ramasam //* Mater. Res. Bull. – 2015. – №68. – P. 210.

УДК 665.9

СИНТЕЗ ФОРМИ МАСИВНОГО ІНДУКТОРА ДЛЯ МАГНІТНО-ІМПУЛЬСНОГО ОБТИСКУ МЕТАЛЕВИХ ЗАГОТІВОК

***М.П. ПЕТРЕНКО*[1*], *О.Я. КОНОВАЛОВ*[2]**

[1] *магістрант кафедри «Інженерна електрофізика», НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2] *доцент кафедри «Інженерна електрофізика», канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[*] *email: shnabsburger@gmail.com*

Практичне використання енергії імпульсних магнітних полів відкриває виняткові перспективи для створення прогресивних технологій обробки матеріалів. При рішенні багатьох технічних задач постає необхідність синтезу систем, що генерують заданий розподіл сильного магнітного поля на граничній поверхні або в робочому об'ємі. Один з підходів до рішення цієї проблеми, що застосовується в відносно слабких полях, заснований на ітераційних алгоритмах, що використовують багаторазове рішення прямої задачі. Складність його впровадження при визначенні форми магнітних систем для синтезу сильних полів полягає в необхідності використання масивних полеутворюючих елементів, що витримують значні електродинамічні сили.

Сформулюємо допоміжну задачу в оптимізаційному формулюванні. На кожному ітераційному кроці розглядається імпульсне магнітне поле елементарних джерел малого поперечного перетину, проводиться структурна і параметрична корекція магнітної системи виходячи з даних, отриманих на попередніх ітераційних кроках. Рішення задачі полягає у визначенні найкращих в деякому сенсі, структури або значень параметрів об’єктів. Коли рішення допоміжної задачі визначено, визначаємо і «металізуємо» одну з ізоповерхонь поля елементарних джерел. Приклад утворюваних ізоліній у меридіанному перетині, що відповідають заданому тестовому розподілу магнітного тиску, зображено на рис 1.

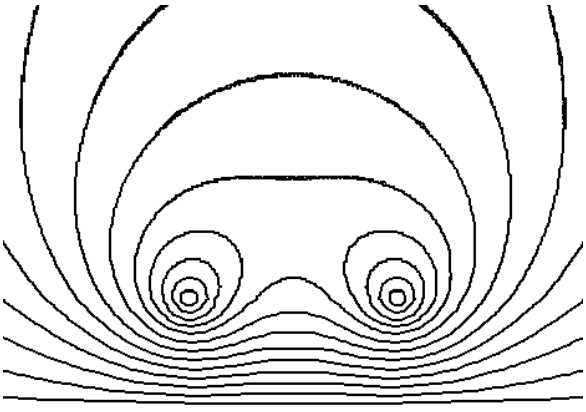


Рис. 1 – Силові лінії магнітного поля двох елементарних джерел над поверхнею металевої заготівки

УДК 621.472:629.78

РОЗРОБКА ВИМІРЮВАЛЬНОГО БЛОКУ ДЛЯ ТОЧНОГО ВИЗНАЧЕННЯ ФІЗИЧНИХ ВЕЛИЧИН

***Д.С. ПРОКОПЕНКО*[1*], *Р.В. ЗАЙЦЕВ*[2]**

[1] *магістрант кафедри ФМЕГ, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2] *доцент кафедри ФМЕГ, канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[*] *email: prokopenko25ds@gmail.com*

Основний і найбільш вживаною методикою атестації ФЕП залишається вимір і аналітична обробка світлових вольт-амперних характеристик (ВАХ) для отримання вихідних параметрів і ККД приладів. Тому автоматизація вимірювання основних параметрів ФЕП дозволить проводити вимірювання з більш високою точністю і з меншою похибкою [1].

Постановка задачі – автоматизація вимірювання вольт-амперної характеристики напівпровідникових приладів компенсаційним методом.

Мета роботи – розробка і реалізація вимірювального комплексу, його апробація на серії фотоелектричних перетворювачів та аналіз режимів його роботи, пошук і усунення похибки вимірювань та визначення шляхів його подальшого вдосконалення.

Запропоновано вдосконалений комплекс, який дозволяє проводити автоматизовані вимірювання і аналітичну обробку ВАХ. Пристрій побудований на платі Arduino Due з мікроконтролером Atmel ATSAM3X8E Cortex-M3, яка показана на рис. 1.

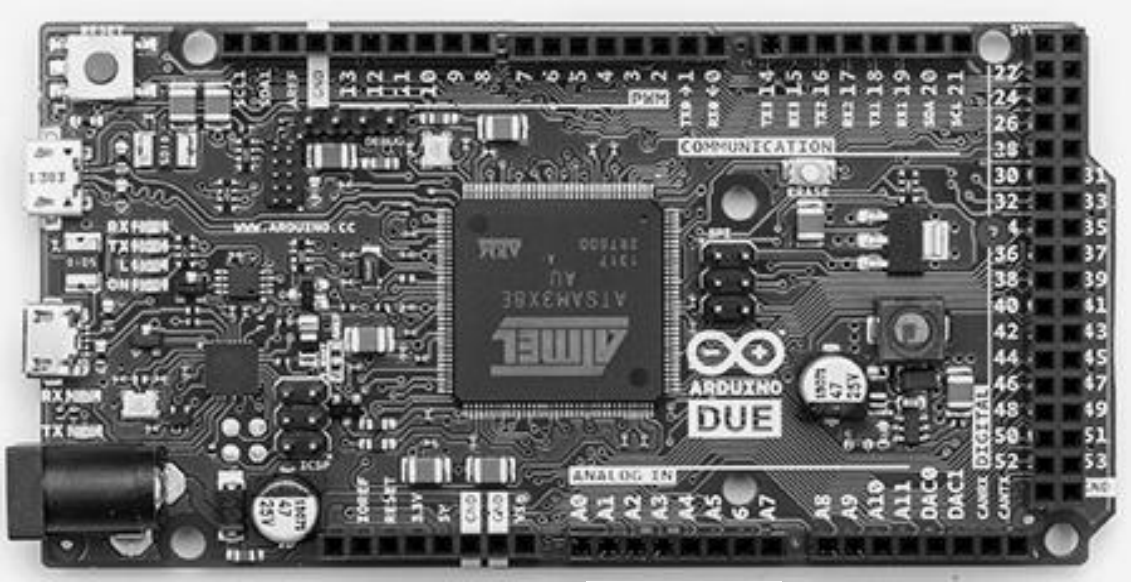


Рис. 1 – Плата Arduino Due

Для забезпечення перетворення керуючого цифрового сигналу, використовується внутрішній цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП). В плату

вбудований 12 розрядний ЦАП, але для коректної роботи ЦАП необхідний операційні підсилювачі. Зазначена схема дозволяє досягати заданого діапазону від 0 до 3,3 В, чого цілком достатньо для проведення досліджень ВАХ різноманітного асортименту приладыв різної конструкції. Сигнал надходить від ПК, перетворюється в аналогову форму і передається на виконавчі елементи для створення необхідних фізичних умов проведення експерименту. Щоб вимірювати на апаратному рівні реалізовані принципи виміру фізичних параметрів досліджуваного зразка, наприклад струму й напруги, і їх наступне перетворення в цифрову форму для подальшої передачі на ПК. Перетворення многоканального аналогового сигналу, що вимірюється, відбувається за допомогою аналогово-цифрового перетворювача (АЦП) AD7606, який показано на рис. 2. Обмін цифровою інформацією із установленою на ПК програмою керування й обробки даних, проводиться по стандартному інтерфейсу USB.

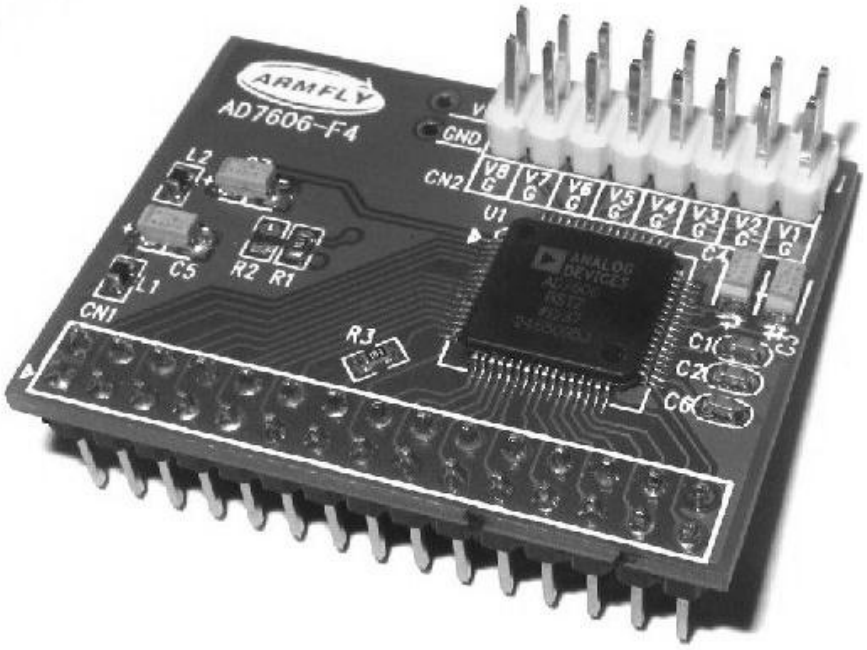


Рис. 2 – Плата АЦП AD7606

Щоб уникнути внесення додаткової похибки, було вирішено виконати калібрування АЦП на програмному рівні за зміщенням та нелінійністю передаточної функції до досягнення похибки вимірювання ±½ молодшого розряду АЦП, тобто 1,2 мВ.

Список літератури:

- *Проць, Я.І.* Автоматизація неперервних технологічних процесів/ *Я.І. Проць, О.А. Данилюк, Т.Б. Лобур* // Навчальний посібник для технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. – 2008. – 239 с.
- Arduino Due / [Электронный ресурс] Режим доступа: https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardDue – Дата доступа: 01.11.2015.
- Analog Devices AD7606 / [Электронный ресурс] Режим доступа: http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/AD7606_7606-6_7606-4.pdf – Дата доступа: 05.05.2015.

УДК 665.9

КАМЕРА ХРАНЕНИЯ ДЛЯ ФРУКТОВ В РЕГУЛИРУЕМОЙ ГАЗОВОЙ СРЕДЕ

А.Л. РОНЕНКО[1*], Н.З. РУДЕНКО[2]

[1] магистрант кафедры криогенной техники и технологии, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА

[2] ст. преподаватель кафедры криогенной техники и технологии, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА

[*]email: Likuliyayoo18@mail.ru

Суть технологии хранения фруктов с применением РГС состоит в том, что продукцию хранят в герметичных холодильных камерах фруктохранилищ при пониженном содержании кислорода (0,4÷2,5%) и повышенном углекислого газа (1,0÷3,5%) [2].

Недостатком хранилищ является непрерывное или периодическое разбавление газовой среды хранилища наружным воздухом, происходящее через стенки хранилища, вследствие чего состав газовой среды в хранилище отклоняется от регламентного.

Для предотвращения нежелательного изменения состава газовой среды необходимо либо увеличивать капитальные затраты на обеспечение высокой герметичности корпуса камеры, либо непрерывно подавать в камеру газовую смесь с требуемыми параметрами, вырабатываемую генератором газовой среды, что увеличивает эксплуатационные расходы [1].

Целью данной работы является уменьшение проникновения наружного воздуха внутрь камеры хранилища при колебаниях атмосферного давления.

Поставленная цель достигается тем, что камера хранилища свободно сообщается с атмосферой через емкость, самопроизвольная циркуляция газовой среды внутри которой ограничена высоким отношением длины емкости к ее поперечному сечению, или воздухопроницаемым наполнителем.

В качестве воздухопроницаемого наполнителя может использоваться минераловатный или насыпной пористый наполнитель.

Входное отверстие из камеры в емкость предпочтительно расположено в нижней зоне камеры, выходное отверстие из емкости в атмосферу предпочтительно расположено на уровне потолка камеры (либо наоборот) для предотвращения «тягового» вентиляционного эффекта вследствие различия плотностей газовой среды хранилища и наружного воздуха.

Список литературы:

1. *Коробкина З.В*. Прогрессивные методы хранения плодов и овощей / *З.В Коробкина* // Киев: Урожай. – 1989.

2. Проектирование и строительство овощехранилищ и фруктохранилищ с регулируемой газовой средой. - http://www.insolar.com.ua/products/complex/gaz/storage/ - 20.01. 2016.

УДК 537.9

КОНЦЕНТРАЦІЙНІ ЗАЛЕЖНОСТІ ТЕРМОЕЛЕКТРИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТВЕРДИХ РОЗЧИНІВ Sb_2Te_3 - Bi_2Te_3

Н.В. СОСНИЦЬКА[1*], О.І. РОГАЧОВА[2], К.В. МАРТИНОВА[3]

[1] *магістрант кафедри фізики металів і напівпровідників, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2] *професор кафедри теоретичної та експериментальної фізики, докт. ф.-м. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[3] *аспірант кафедри теоретичної та експериментальної фізики, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[*] *email: Natasja3@mail.ru*

Напівпровідникові термоелектричні матеріали вживаються у генераторах для перетворення теплової енергії на електричну, у холодильниках, термостатах, агрегатах для кондиціювання повітря та інших пристроях. Серед цих матеріалів телурид сурми Sb_2Te_3 та тверді розчини на його основі має найкращі термоелектричні властивості в інтервалі температур 200 - 600 К.

Ефективність термоелектричних пристроїв визначається їхньою термоелектричною добротністю *ZT*, котра безпосередньо визначає ККД термоелектричного перетворювача. Формула для ТЕ добротності:

$$ZT = \frac{S^2\sigma}{\lambda}, \qquad (1)$$

де *S* – коефіцієнт Зеєбека, σ – електропровідність, λ – теплопровідність.

Тому важливим напрямом досліджень в плані підвищення добротності матеріалів ТЕ є пошук оптимального співвідношення термоелектричних параметрів матеріалу з метою досягнення максимальної термоелектричної ефективності.

Сьогодні в якості основних матеріалів для термоохолоджуючих пристроїв та термогенераторів, які працюють за температури нижчої, ніж 300 - 350 К, використовують тверді розчини Sb_2Te_3 - Bi_2Te_3.

Виходячи із загальних уявлень про утворення твердого розчину, слід було б очікувати монотонної зміни властивостей із збільшенням вмісту одного із компонентів. Але останнім часом з`явилися повідомлення [1, 2] про виявлення аномалій на концентраційних залежностях ряду властивостей у різних твердих розчинах за малого (~ 1%) вмісту другого компоненту. Автори пов`язували їх виникнення із критичними явищами, що супроводжують фазовий перехід від розбавлених твердих розчинів до концентрованих.

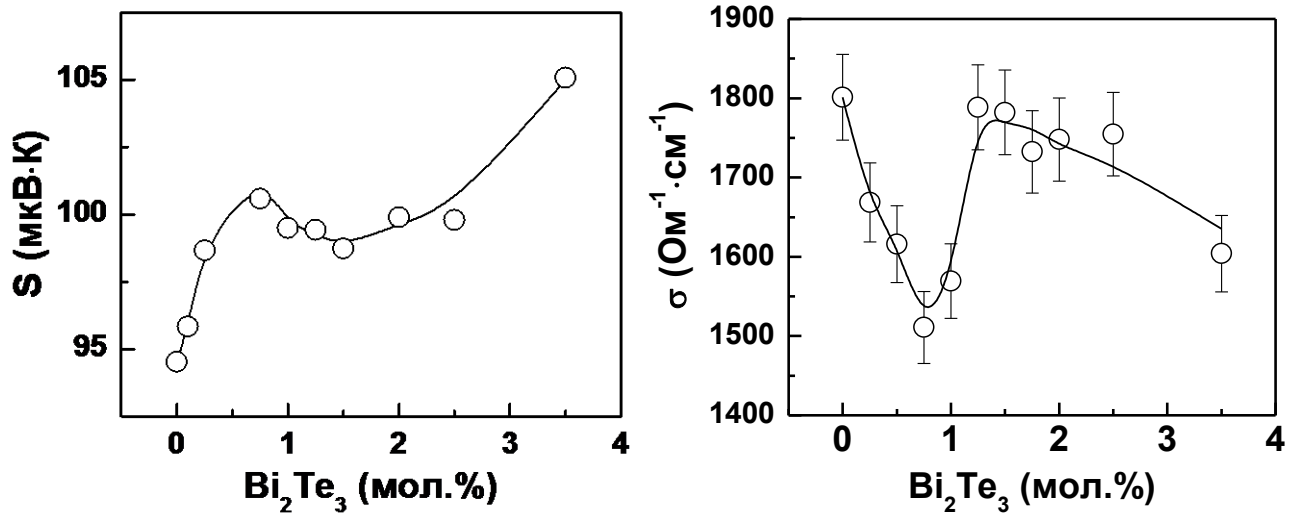
Таким чином, із практичної точки зору важливою задачею є дослідження термоелектричних властивостей твердих розчинів Sb_2Te_3 - Bi_2Te_3 саме за малого вмісту домішки. (0 - 3.5 мол. %).

Метою даної роботи було дослідження залежностей термоелектричних властивостей пресованих твердих розчинів Sb_2Te_3 - Bi_2Te_3 від складу в області малого вмісту домішки з метою виявлення концентраційних аномалій.

Дослідження проводилося на пресованих зразках Sb_2Te_3 - Bi_2Te_3. Синтез зразків проводили з високочистих елементів Sb, Te і Bi. Всі зразки були отримані прямою сплавкою вихідних компонентів, узятих у відповідних кількостях. Пресування зразків проводилося на пресі ЗІМ Р-25 із литих відпалених сплавів методом холодного пресування під тиском Р = 7 т/см^2. Ступінь дисперсності порошків складала ~ 200 мкм. Після виготовлення усі зразки відпалювалися у вакуумованих кварцових ампулах протягом 300 год Т = 360°С із подальшим охолодженням печі до кімнатної температури.

Електропровідність вимірювалася чотирьохзондовим методом, коефіцієнт Зеєбека - компенсаційним методом відносно мідних електродів при кімнатній температурі.

В результаті проведених вимірювань була отримана залежність термоелектричних властивостей твердих розчинів Sb_2Te_3 - Bi_2Te_3 від вмісту Bi_2Te_3 в досліджуваному інтервалі концентрацій.



а *б*

Рис. 1 – Концентраційні залежності пресованих зразків Sb_2Te_3 - Bi_2Te_3 від вмісту Bi_2Te_3 за кімнатної температури: *а* – коефіцієнт Зеєбека; *б* – електропровідність

Встановлено, що залежності електропровідності σ і коефіцієнта Зеєбека S від складу твердого розчину Sb_2Te_3 - Bi_2Te_3 мають немонотонний характер, а саме спостерігається аномальний хід в області ~ 1 мол.% Bi_2Te_3, який пов'язується з фазовим переходом перколяційного типу в твердих розчинах.

Отримані результати необхідно враховувати при розробці термоелектричних приладів на основі твердих розчинів Sb_2Te_3 - Bi_2Te_3.

Список літератури:

1. *Рогачева, Е.И.* Перколяционные эффекты и термоэлектрическое материаловедение/ *Е.И. Рогачева* // Термоэлектричество. – 2007. – №2.– С.64-66.

2. *Rogacheva, E.I.* Percolation effects in semimetllic Bi-Sb solid solutions/ *E.I. Rogacheva, A.A Drozdova, O.N. Nashchekina* // Phys. Status Solidi. – 2010. – №2. – P. 344-347.

УДК 665.9

ПОДБОР ОПТИМАЛЬНОЙ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ ДЛЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ КАМЕРЫ

Ю.М. ТЕРЛАК [1*]***, Н.З. РУДЕНКО*** [2]

[1] *магистрант кафедры криогенной техники и технологии, НТУ«ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[2] *ст.преподаватель кафедры криогенной техники и технологии, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[*] *email: yulya.terlak@yandex.ua*

Проблема экономии энергоресурсов с каждым годом становится все более актуальной. Наиболее эффективным считается правильно подобранная теплоизоляция. Теплоизоляционные материалы и изделия, применяемые при строительстве холодильных камер, значительно снижают потери холода, обеспечивают экономию ресурсов, обусловливают устойчивый режим работы холодильного оборудования.

Использование тепловой изоляции при строительстве холодильных камер позволяет уменьшать толщину и массу стен и других ограждающих конструкций, а, следовательно, сократить расход основных строительных материалов (цемента, металла, кирпича), а значит, снизить стоимость строительства.

Целью работы является рассмотрение и подбор теплоизоляции для низкотемпературной камеры, а также сборка камеры из сэндвич панелей.

В качестве рассмотренных теплоизоляционных материалов были взяты такие как пенополиуретан, пенополистирол и минеральная вата. Выбор теплоизоляции осуществляется по следующим основным характеристикам: 1) коэффициент теплопроводности; 2) плотность; 3) водопоглощение; 4) показатели пожарной безопасности; 5) температуростойкость.

В работе рассматривалась холодильная камера объемом 36 $м^3$ с температурой в камере -18 ºС. Для определения необходимой толщины теплоизоляционного материала были проведены расчеты. При сравнении рассматриваемых теплоизоляционных материалов по характеристикам и расчетам толщины слоя наиболее подходящим оказался пенополиуретан. В расчете определения толщины взяты некоторые значения из нормативного документа СНиП 2.11.02-87. Толщина для сэндвич панелей с наполнителем пенополиуретаном составила для стен и потолка 120 мм.

Список литературы:

1. *Шойхет, Б.М.* Эффективные утеплители в ограждающих конструкциях зданий/ *Б.М. Шойхет, Л.В. Ставрицкая* // Энергосбережение. – № 3. – 2000.

2. *Каганер, М.Г.* Тепловая изоляция в технике низких температур/ *М.Г.Каганер* // 1966. – С. 64-73.

UDC 621.385.833

USE FULL-PROFILE X-RAY FLUORESCENCE ANALYSIS TO DETERMINE THE TRACE ELEMENTS

S.A. KHUDOLII [1*], ***M.V. RESHETNYAK*** [2]

[1] *Undergraduate, Department of Physics of Metals and Semiconductors, NTU «KhPI», Kharkiv, UKRAINE*

[2] *Associate Professor, Department of Physics of Metals and Semiconductors, PhD of physical and mathematical sciences, NTU «KhPI», Kharkiv, UKRAINE*

[*] *email: xmorocx@yandex.ru*

The increasing role of the very small amounts of elements in the chemical, physical and biological systems to a large extent stimulated the expansion of the application of different analytical methods for the determination of these elements.

This led to the development of specialized hardware, methodologies, and to allocate a separate area - the analytical chemistry of trace amounts. The term "trace" refers to the very small number of elements - not more than 0.01%.

When using full-profile analysis of X-ray fluorescence spectra it is possible to accurately determine the intensity of the spectral lines, even if they overlap. This in turn allows more accurately determine the concentration of chemical elements entering into the composition of the material.

However, the great difficulty is the situation where the concentration of elements is extremely small.

In this case, it becomes necessary to determine the intensity of weak lines against other thousands of times stronger. Traditional approaches such a problem does not have the correct solutions.

The goal of the work is a modification of the algorithm method of full profile analysis of the spectra of X-ray fluorescence to determine the vanishingly small concentrations of Ca and I in biological objects with complex elemental composition.

A modified version of the full-profile analysis consists of the following steps: 1) Automatically detect settings background in the existence of lines of I-Ka and Ca-Kβ. 2) Automatically detect settings background in the existence of the line Cr-Kβ. 3) The optimization procedure for determining and adjusting the parameters of the lines I-Ka and Ca-Kβ. 4) An optimization procedure for determining and adjusting the parameters of lines and Cr-Kβ. 5) The optimization procedure of the final specification of parameters of all analyzed lines within a single complex.

Thus, the proposed modernized method of computer processing of the spectra of X-ray fluorescence allowing quite correctly determine the intensity of weak lines to 4 orders of magnitude lower than those of overlapping them strong lines.

This information is in good agreement with available a priori information on the domain, however, the algorithm still requires certain improvements and additional testing.

UDC 538.971

STUDY OF GROWTH FEATURE IN MULTILAYER WC/Si X-RAY MIRRORS BY TRANSMISSION ELECTRON MICROSCOPY AND X-RAY DIFFRACTION

***V.S. CHUMAK*[1*], *Y.P. PERSHYN*[2]**

[1] *Undergraduate, Department of Physics of Metals and Semiconductors, NTU «KhPI», Kharkiv, UKRAINE*

[2] *Senior researcher of Metal and Semiconductor Physics Department, PhD, NTU «KhPI», Kharkiv, UKRAINE*

[*] *email: vitalik_93@meta.ua*

Rapid progress in the multilayer X-ray mirror (MXM) manufacturing for the last two decades brought to variety of their applications in science and technology. Some of the applications are: microscopy; astrophysics; devices for synchrotron radiation, plasma physic, X-ray lithography etc [2]. MXM is an optical device meant to reflect, focus, polarize and disperse the X-rays. Particular W/Si-based MXMs become widespread because of a wide range of working wavelength (0.7÷3.1 and 12.3÷25 nm) [1]. Presence of different kind of structural defects, such as mixed interlayers, interfacial roughness etc., is disadvantage of these MXMs. Revealing and reducing these defects are actual problem for increasing the efficiency of W/Si MXM.

The aim of the work is to reduce the level of mixing between W and Si layers during the deposition process by replacing W layers with WC ones. Interfacial interaction in multilayer WC/Si system is studied in this work as a first step to improve the efficiency of W/Si MXMs.

Multilayer X-ray mirrors of WC/Si deposited by direct current magnetron sputtering method with periods from the range of 0.7-38.9 nm were studied using cross-sectional transmission electron microscopy and X-ray diffraction methods. X-ray diffraction study was made with DRON-3M diffractometer in monochromatized Cu$K\alpha_1$ radiation. Recording of intensity dispersion curves was held using $\theta/2\theta$ – scanning. Electron microscopy studies were made with ПЭМ-У transmission electron microscope (TEM) characterized by electron-optical zoom of ×108000 and ×540000 and accelerating potential of 100 kV. Electron microscope has resolving ability for atomic planes of 0.2 nm.

During the investigation of WC/Si MXMs it was established that the layers of WC and Si were amorphous in all range of thickness under study. Analysis of the TEM pictures revealed that the part of W-containing layer changed by three times from 0.29 up to 0.87 with reducing period values while nominal part W-containing layer in period should be 0.25 in all investigated MXMs. This situation is possible only in the case of interaction between WC and Si layers with formation of both tungsten silicides (WSi_2 or W_5Si_3) and silicon carbides.

Low angle X-ray diffraction allows us to determine X-ray mirror period value, its average density and also to evaluate thickness, densities and roughness of each

single layer. Using data obtained we determined the rate of material deposition and period shrinkage in each sample. Analysis of period shrinkage vs WC layer thickness dependence helped us to establish that there were two mixed zones settled symmetrically with respect to WC layers. Lower mixed zone (WC-on-Si interface) consists of two almost equal subzones. Five layers model of WC/Si MXM construction based on parameters determined for all layers is proposed. Schematic representation of this model is shown in Fig.1.

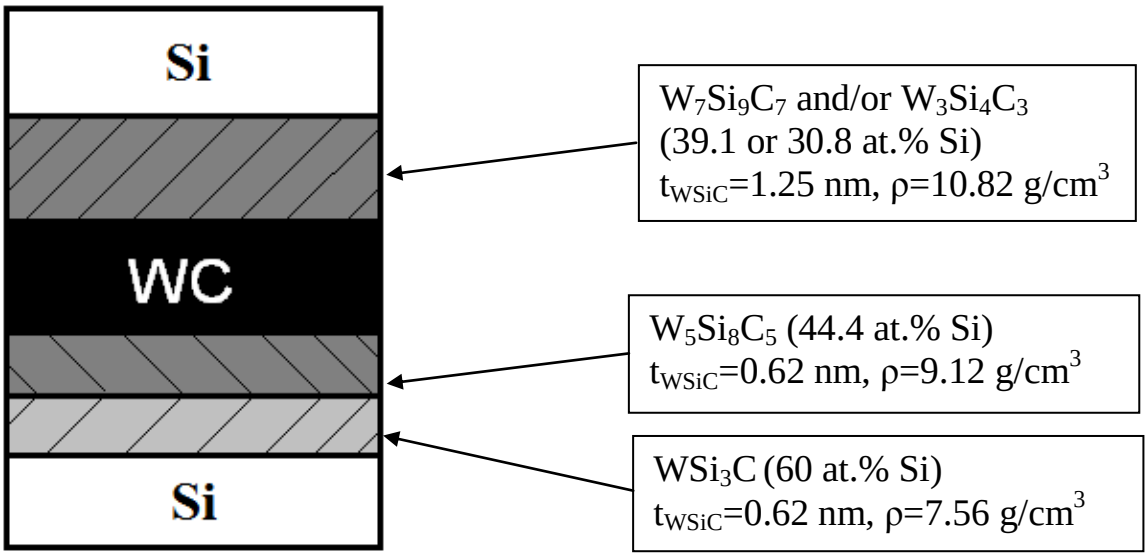


Fig. 1 – Schematic view of WC/Si multilayer X-ray mirrors

The model represented in Fig. 1 can be implemented in full size only with WC layer thickness t_{WC}>15 nm. The 4-layer model of WC/Si MXM structure is implemented when the thickness of WC layer is 0.7<t_{WC}<1.5 nm. There is no pure WC layer in 4-layer model. The 3-layer model will be implemented when t_{WC}<0.7 nm. There are only two lower subzones and a layer of Si in the 3-layer model. Each mirror period will consist of only two layers when t_{WC}<0.4 нм.

Therefore, the evaluation of thickness, composition and density of all layers in WC/Si MXM were made during this investigation. Lower zone consists of two subzones of equal thickness containing WSi_2 and SiC mainly (lower subzone) as well as W_5Si_3 and SiC (upper subzone). Upper zone consists of W_2C + W_5Si_3 + SiC and/or W_2C + WSi_2 + SiC. Comparison of WC/Si and W/Si MXMs gives the evidence that in WC/Si mirrors lower mixed zone is 1.5 times smaller than one of W/Si. It should enhance the efficiency of the WC/Si MXMs in soft X-ray range.

References:

1. *Windt, D.L.* Stress, microstructure, and stability of Mo/Si, W/Si, and Mo/C multilayer films/ *D.L. Windt* // Vac. Sci. Technol. – 2000. – A 18(3). – P. 980-991.

2. *Бугаев, Е.А.* Структурные и фазовые превращения в многослойных рентгеновских зеркалах при их конденсации и отжиге/ *Е.А. Бугаев, Е.Н. Зубарев, В.В. Кондратенко, А.В. Пеньков* // Поверхность. Рентгеновские и нейтронные исследования. – 1999. – №1. – С. 102–110.

UDC 539.231:57.089.67

PREPARATION OF AMORPHOUS Ta_2O_5 AND Nb_2O_5 FILMS BY ION-PLASMA SPUTTERING

***D.A. SHEPILOV*[1*], *V.V. STARIKOV*[2]**

[1] *Undergraduate, Department of Physics of Metals and Semiconductors, NTU «KhPI», Kharkiv, UKRAINE*

[2] *Associate Professor, Department of Physics of Metals and Semiconductors, PhD of physical and mathematical sciences, NTU «KhPI», Kharkiv, UKRAINE*

[*] *email: shepilov.dmytro@gmail.com*

Recent years there have been rapidly growing interests to the use of thin film Ta_2O_5 and Nb_2O_5 coatings in various fields of science and technology. This is due to the fact that these oxides have several unique properties such as high dielectric constant, density, melting point, electret properties. In addition, these materials are biological and chemically inert, therefore they can be used in medical applications, for example, in a relatively new field of medicine based on the use of short range quasi-static electric fields to promote desirable biological processes in the human body, specifically, in implants.

The actual problem is the preparation of high-quality oxide coatings on implants surfaces. Fabrication of such thin films is a complex multivariate task. The ion-plasma sputtering is one of advanced methods employed to obtaining such thin films [1]. In this work the technique of synthesis of Ta and Nb oxides by ion-plasma sputtering was elaborated and the phase structure and energy characteristics were investigated.

Sputtering process was carried out in a vacuum chamber in Ar atmosphere. Two ion guns were used for sputtering of tantalum or niobium targets. The ion source with magnetic focusing was developed. Ion current was 2 mA and 6 mA at Ta and Nb sputtering, respectively; accelerating voltage was 3 kV and 1.5 kV. Sputtering lasted during 120 or 240 minutes.

The structure investigations showed that Ta_2O_5 and Nb_2O_5 films were formed in amorphous state. This is confirmed by analysis of film absorption spectra and calculation of optical bandgap values. They were E_g = 4.00 eV for Ta_2O_5 films and E_g = 3.15 eV for Nb_2O_5 ones. These values are typical to the amorphous state and they agree well with published data [2]. When film thickness increases above 500 nm crystallization processes begin and the formation of crystals occurs inside amorphous phase. The results obtained indicate that the developed method is promising for producing high-quality coatings for medical implants.

References:

1. *Петухов, В.Ю.* Ионно-лучевые методы получения тонких пленок/ *В.Ю. Петухов, Г.Г. Гумаров* // Учебно-методическое пособие для студентов. – Казань. – 2010. – 87 с.

2. *Корнилов, И.И.* Взаимодействие тугоплавких металлов переходных групп с кислородом/ *И.И. Корнилов, В.В. Глазова* // М.: Наука. – 1967. – 256 с.

УДК 621.319.45

ОЦЕНКА ПОСТОЯННОЙ ВРЕМЕНИ САМОРАЗРЯДА ЕМКОСТНЫХ НАКОПИТЕЛЕЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

***Е.М. ЯПРЫНЦЕВА*[1*], *В.В. РУДАКОВ*[2]**

[1] *магистрант кафедры инженерной электрофизики, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[2] *профессор кафедры инженерной электрофизики, докт. техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[*]*email: Liza261292@yandex.ru*

Для обеспечения стабильности и надежности функционирования электрических сетей требуется соблюдение баланса между генерацией и потреблением. Возобновляемые источники энергии, такие как, например, солнечная и ветровая генерация обладают свойством неравномерности выработки электрической энергии, а также непредсказуемостью периодов генерации, что вносит свой вклад в нестабильность электрической сети. Поэтому по этой причине при использовании данных источников энергии необходимы устройства, позволяющие накапливать энергию и получать стабильные характеристики.

В качестве накопителей энергии чаще всего применяют химические источники тока (аккумуляторные батареи). Однако для обеспечения получения больших мощностей на нагрузке лучшими являются емкостные накопители энергии (ЕНЭ). Они надежны в работе, обладают высокой эффективностью передачи накопленной энергии в нагрузку, допускают возможность изменения в широких пределах параметров импульса. Основным недостатком таких накопителей энергии является малое время хранения энергии (значение τ – постоянная времени саморозряда).

Нами исследованы в режиме саморазряда три типа конденсаторов: К50-35, фирмы jamicon 450V 470μF 35×50 LS и 25V 47000μF. Режим испытаний: заряд постоянным напряжением конденсаторов в течении 1-2 минут с последующим одновременным отключения источника питания и подключением электростатического вольтметра. Показания вольтметра периодически записывались. Для оценки постоянной времени саморазряда диапазон всего времени контроля напряжения разбивались на 1, 2, 3, 4 характерные области и для каждой из которых определялись постоянные времени саморазряда. В качестве аппроксимирующей теоретической кривой саморазряда выбиралась та, у которой максимальная погрешность отклонения остаточного напряжения от экспериментальных значений была наименьшей и составляла не более 1-2 %. Постоянная времени (τ_k) для каждой k области определялась по значениям остаточного напряжения для начала и конца временного интервала области с использованием формулы (1).

$$\tau_k = \frac{t_{2k} - t_{1k}}{\ln\left(\frac{U_{1k}}{U_{2k}}\right)} \qquad (1)$$

где t_{1k} и t_{2k} – начало и конец интервала k области, соответственно;
U_{1k} и U_{2k} – значение остаточного напряжения для момента времени t_{1k} и t_{2k}, соответственно.

На рис. 1 представлены зависимости изменения остаточного напряжения на конденсаторе фирмы jamicon 25V 47000μF и аппроксимированные кривые для значений $k = 1$; $k = 2$; $k = 4$ и соответствующих значений τ_k.

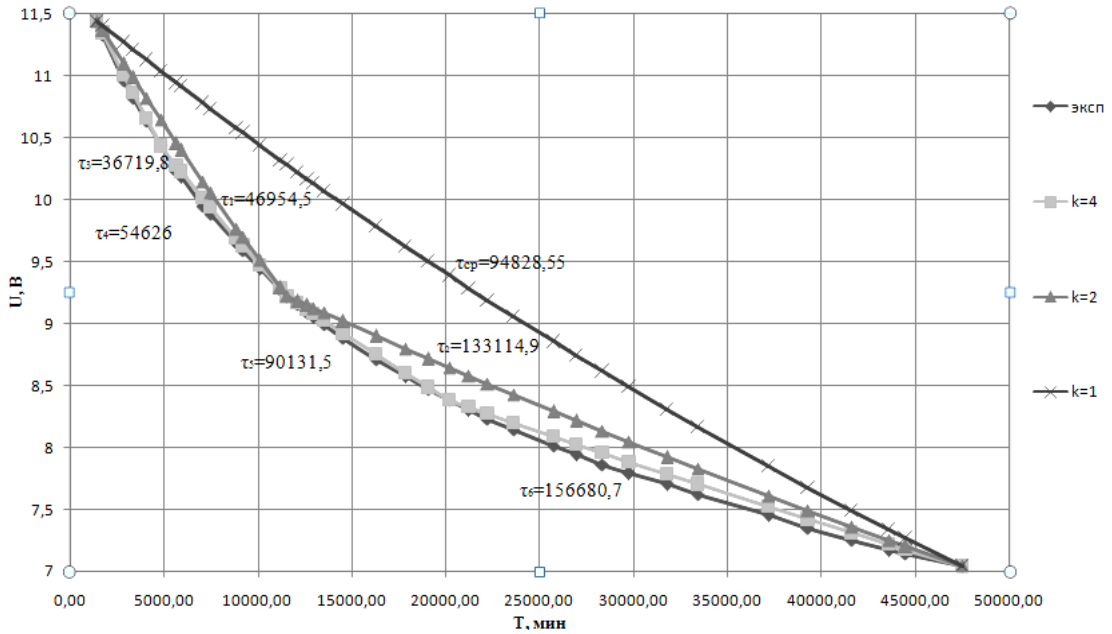


Рис. 1 – График зависимости падения напряжения от времени

Конденсатор jamicon 25V 47000μF при саморазряде, в режиме хранения мощности, разрядится до 65% по напряжению за 25 дней. Постоянная саморазряда при k=3 для конденсаторов К50-35 и jamicon 450V 470μF 35×50 LS соответственно составили: 15 минут и 8 часов. Время их разряда до 65% составили: 1 минута и 30 минут. Конденсатор jamicon можно использовать для возобновляемой энергетики для накопления и использования в длительных режимах, а конденсаторы К50-35 и К50-3И – в кратковременных режимах для получения большой мощности. Целесообразно продолжать исследования для расширения базы даннях по саморазряду в зависимости от начального напряжения, времени заряда и по другим типам конденсатора.

Список литературы:

1. *Ермуратский, В.В.* Справочник по электрическим конденсаторам/ *В.В. Ермуратский* // Кишинев. Штиница. – 1982. – 310 с.

2. *Кучинский, Г.С.* Высоковольтные импульсные конденсаторы/ *Г.С. Кучинский* // Л.: Энергия. – 1973. – 176 с.

3. *Бут, Д.А.* Накопители энергии: Учеб. пособие для вузов/ *Д.А. Бут, Б.Л. Алиевский, С.Р. Мизюрин, П.В. Васюкевич* // – М.: Энергоатомиздат. – 1991. – 400 с.

4. *Оболончик, И.Б.* Сравнительные данные по саморозряду конденсаторов с органическим диэлектриков/ *И.Б. Оболончик, С.Ф. Старусева, Н.Б. Воскобойников* // Вестн. Харьков. Политехн. ин-т им. В.И. Ленина. Сер. Электроэнергетика и автоматизация электроустановок. – 1978. – №143. – Вып. 6. – С. 62-66.

СЕКЦІЯ 8. МІКРОПРОЦЕСОРНА ТЕХНІКА В АВТОМАТИЦІ ТА ПРИЛАДОБУДУВАННІ

УДК 550.388

ОСОБЕННОСТИ ПОВЕДЕНИЯ ВЕРХНЕЙ ИОНОСФЕРЫ ВО ВРЕМЯ МИНИМУМА 23-ГО ЦИКЛА СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ

А.С. ВАСИЛЬЕВА [1], ***Ю.Э. ЗЮЗГИНА*** [1], ***Д.В. КОТОВ*** [2]

[1] *студент кафедры «Радиоэлектроника», НТУ «ХПИ», Харьков, Украина*
[2] *доцент кафедры «Радиоэлектроника», г. Харьков, Украина*

Затяжной минимум 23-го цикла солнечной активности (2006–2010 гг.) сопровождался целым рядом интересных эффектов в атмосфере и ионосфере. Некоторые из этих эффектов всё ещё нуждаются в объяснении.

Полезную информацию может дать сопоставление результатов экспериментальных наблюдений полученных с помощью радара некогерентного рассеяния Института ионосферы (г. Харьков) в отмеченный период с прогнозами эмпирических моделей, построенных на базе экспериментальных данных, полученных в предыдущие минимумы солнечной активности. Первоначально метод некогерентного рассеяния предназначался для измерения зависимости концентрации от высоты. Наибольшей базой эмпирических данных обладает международная справочная модель ионосферы International Reference Ionosphere (IRI) построенная на статистической обработке большого количества измерений. Она способна рассчитать основные характеристики ионосферы.

В данной работе рассматриваются особенности вариаций одного из наиболее важных параметров ионосферы – высоты максимума области F2, а также относительная концентрация ионов водорода в верхней ионосфере.

Показано, что модель IRI достаточно хорошо описывает поведение высоты максимума области F2 в дневные часы, однако в ночное время по данным наблюдений с радара некогерентного рассеяния Института ионосферы для всех сезонов в рассматриваемый период в ряде случаев высота максимума располагалась на 20–70 километров ниже по сравнению с прогнозами IRI.

Значительные расхождения отмечены и для относительной концентрации ионов водорода. Модель IRI систематически занижает этот параметр (до 2–5 раз) на высотах выше 400 км.

В целом можно говорить о том, что по данным радара некогерентного рассеяния Института ионосферы состояние ночной среднеширотной ионосферы в период последнего минимума солнечной активности существенно отличалось от прогнозов модели International Reference Ionosphere. Такие различия могут быть объяснены заметными изменениями в составе и динамике атмосферы Земли в указанный период.

УДК 674

МИКРОКОНТРОЛЛЕРНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДВУХКООРДИНАТНЫМ ПРИВОДОМ

***Л.И. КОЧЕРГА*[1*]*, О.В. ЕРЕСЬКО*[2]

[1] *магистрант кафедры Промышленной и биомедицинской электроники, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[2] *канд. техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[*] *email:kochergaleonid141111@gmail.com*

Важнейшим резервом роста производительности труда в любой сфере промышленности является снижение трудоемкости механической обработки деталей на станках, то есть, на основе применение станков с числовым программным управлением (ЧПУ).

Станки с ЧПУ должны обеспечивать высокие точность и скорость отработки перемещений, заданных управляющей программой, поэтому их конструкция должна, как правило, иметь несколько осей движения рабочей головки и обеспечивать совмещение различных видов обработки.

В связи с развитием микропроцессорной техники применяют преобразователи для приводов подачи и главного движения с полным микропроцессорным управлением - цифровые приводы представляют собой электродвигатели, работающие на постоянном или переменном токе с системой отслеживания движения.

В качестве привода используют двигатели, представляющие собой преобразователи синхронные или асинхронные машины. Привод движения подач характеризуется минимально возможными зазорами, малым временем разгона и торможения, небольшими силами трения, уменьшенным нагревом элементов привода, большим диапазоном регулирования.

Управление технологическими циклами практически повсеместно осуществляется с помощью программируемых логических контроллеров, основными задачами которых является позиционирование рабочего инструмента, получения команд высшего уровня (ПК).

Цель данного исследования заключена в разработке системы управления двухкоординатным устройством с помощью микроконтроллера, а так же отладка и тестирование, как самого станка, так и программ.

Список литературы:

1. *Евстифеев А. В.* Микроконтроллеры AVR семейств Tiny и Mega фирмы ATMEL (5-е изд., стер.)/ *А. В. Евстифеев* // М.: Издательский дом «Додэка-XXI». – 2008. –560 с.

2. *Кацман М. М.* Электрические машины приборных устройств и средств автоматизации/ *М. М. Кацман* // Моск. энерг. ин-т. – 2006. – 368 с.

3. *Харченко А. О.* Станки с ЧПУ и оборудование гибких производственных систем: Учебное пособие для студентов вузов./ *А. О. Харченко* // «Профессионал». – 2004. – 304 с.

УДК 681.513

КВАЗИОПТИМАЛЬНАЯ ПО БЫСТРОДЕЙСТВИЮ, ТОПЛИВНОЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫМ ДВИГАТЕЛЕМ

***Н.Н. СЕРГИЕНКО*[1*], *А.И. ГАПОН*[2]**

[1] *магистрант кафедры АиУТС, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[2] *профессор кафедры АиУТС, канд. техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[*] *email: natalisergieienko@gmail.com*

Современные системы управления двигателем внутреннего сгорания (ДВС) автомобиля отличаются сложностью не только конструктивного исполнения, но и определения оптимальных параметров регулирования в процессе работы двигателя при движении автомобиля. Определение оптимального по быстродействию управления в форме обратной связи по топливной экономичности для объектов такого уровня представляет собой сложную задачу и до конца не решенную проблему. Для указанных задач характерно, что их аналитическое решение с помощью классических методов (принципа максимума Л.С. Понтрягина, динамического программирования Р. Беллмана) не всегда удается получить. Учитывая это, в современной теории управления разработаны различные способы нахождения аппроксимационного решения задачи оптимального по быстродействию, топливной экономичности, результат которых и называют квазиоптимальным управлением.

ДВС при использовании в качестве энергетической установки на автомобиле обеспечивает передачу энергии к навесному вспомогательному оборудованию и движителям шасси. Загрузка ДВС в процессе работы автомобиля зависит от режима его движения, управляющего воздействия водителя на органы управления, сопротивления движению машины, загрузки автомобиля, условий работы и затрат на привод вспомогательного оборудования. При этом управление потреблением энергии на привод вспомогательного оборудования осуществляется часто по одному входному параметру, независящего от режимов движения автомобиля. Быстродействие систем и законы управления приводами вспомогательного оборудования в значительной мере не оптимальны с точки зрения обеспечения максимальной производительности автомобиля, минимального расхода топлива и экологичности ДВС.

На кафедре "Автоматика и управление в технических системах" НТУ «ХПИ» совместно со специалистами автомобилестроения разработана структура системы автоматического управления вспомогательным оборудованием автомобиля и электрическая схема (см. рис.), выбраны критерии её оценки, изготовлен экспериментальный образец устройства, определены объекты и параметры управления с учетом состояния объекта и требуемых его выходных параметров для каждого режима работы ДВС и

движения машины, составлены алгоритмы управления выбранными устройствами и методика проведения испытаний.

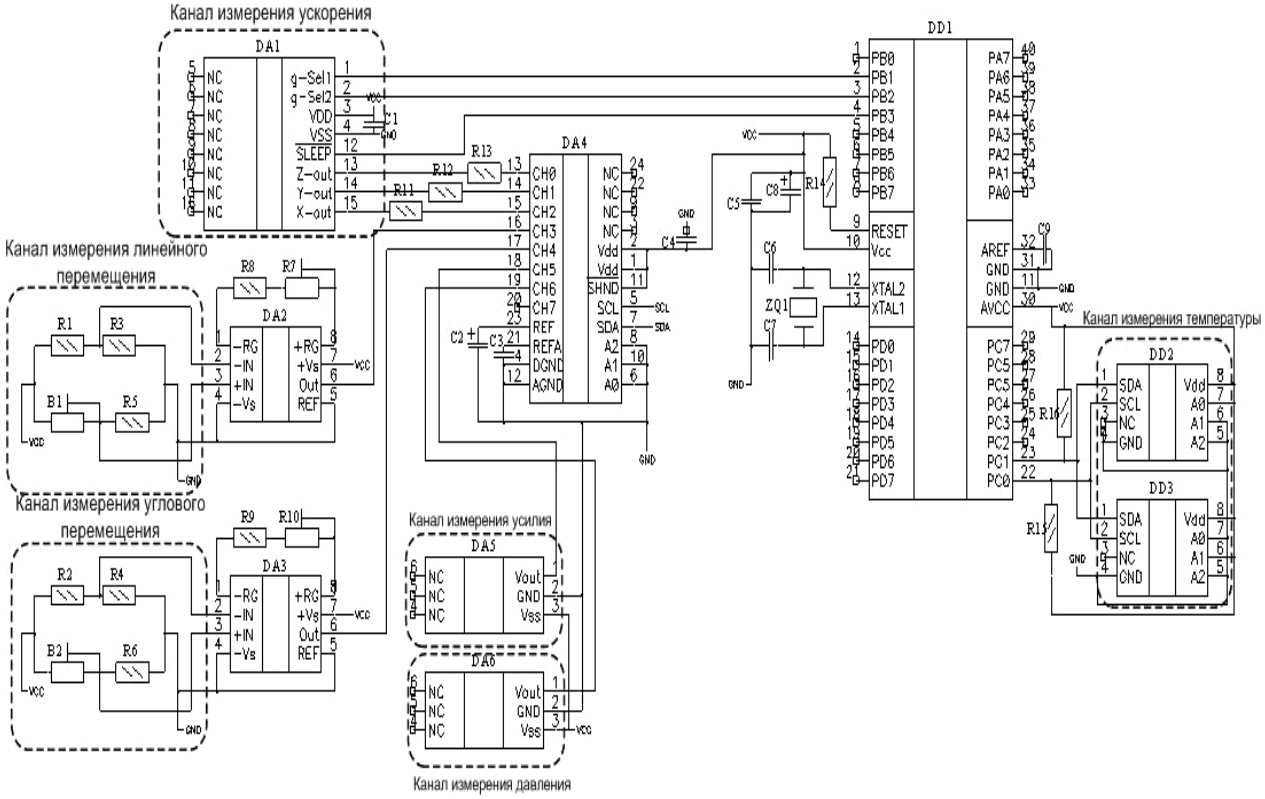


Рис. 1 – Схема электрическая принципиальная системы управления режимами работы оборудования автомобиля

Особенность рассматриваемой системы управления ДВС заключается в том, что дополнительно входными сигналами системы управления являются параметры движения автомобиля, характеристики навесного и вспомогательного оборудования автомобиля.

Определение параметров регулирования, оптимального быстродействия системы регулирования является важнейшим этапом отработки её взаимодействия с объектами управления и автомобилем в целом. Отработку рациональности управления целесообразно произвести отдельно для каждого объекта в лабораторных условиях на специальных стендах с имитацией изменения скорости вращения приводов и режимов движения автомобиля. Для учета последнего целесообразно использовать испытательные циклы автомобилей.

Список литературы:

1. *Красовский А. А.* Универсальные алгоритмы оптимального управления непрерывными процессами/ *А. А. Красовский, В. Н. Буков, В. С. Шендрик //* М.: Наука. – 1977.

2. *Пинский Ф. И.* Микропроцессорные системы управления автомобильными двигателями внутреннего сгорания. Учебное пособие/ *Ф. И. Пинский, Р. И. Давтян, Б. Я. Черняк //* М.: Легион-Автодата. – 2004. – 136 с.

УДК 001.894.2

ЛАБОРАТОРНЫЙ МАКЕТ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИОВОЛН

А.А. СТЕБЛИВЕЦ [1], ***Д.А. ДЗЮБАНОВ*** [2]

[1] *студент кафедры «Радиоэлектроника», НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[2] *доцент, зав. кафедры «Радиоэлектроника», НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

Сегодня, несмотря на большой скачек развития электроники и техники в целом, во многих учебных заведениях, не исключение и ХПИ, существует проблема нехватки лабораторных макетов. Работу на макетах проходят студенты различных специальностей. Поэтому и было решено разработать макет для изучения распространения и поляризации радиоволн.

Макет состоит из 2х отдельных устройств: приемник и передатчик. Передатчик включает в себя параболическую однозеркальную антенну, которая излучает высокочастотный сигнал, который в свою очередь генерирует перестраиваемый высокочастотный генератор. Приемник – такая же антенна, в цепи приема которой расположен вольтметр и для наглядности можно подключить осциллограф.

Доработка такого макета заключается в следующем: в фокусе передающей антенны, вместе с излучателем, расположен достаточно мощный светодиод, с углом свечения равным ширине ДН (диаграммы направленности) излучателя. Светодиод вместе с излучателем перемещается вдоль визирования антенны. Это позволяет изменять ширину диаграммы направленности параболической антенны, что будет сопровождаться изменением светового пятна на приемной стороне. Сзади обеих антенн установлен белый экран, на котором можно будет наблюдать «боковые» или же «задние» лепестки ДН.

Так же, для наглядного понимания поляризации радиоволн, впереди антенн устанавливаются поляризационные стекла, которые можно вращать относительно друг друга. Вместо поляризационных стекол (пленок), можно использовать гребенчатую пластину.

Вращая пластину на излучающей антенне, можно будет наблюдать, как свет то появляется на приемной антенне, то исчезает, что будет свидетельствовать о разной поляризации. Такое действие можно производить и на приемной стороне.

Такой макет позволит лучше понимать процесс распространения радиоволн.

Достоинством данного макета является его простота в использовании и относительно не большая стоимость.

УДК 621.314.2

ПОСТРОЕНИЕ МНОГОКАНАЛЬНОГО КАРДИОМЕТРА

А.В. ЯГНЮКОВА [1*], ***А.Ф. ДАНИЛЕНКО*** [2],

[1] *студент кафедры "Вычислительная техника и программирование", НТУ "ХПИ", Харьков, УКРАИНА*
[2] *доцент кафедры "Вычислительная техника и программирование", канд. техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
**email: anyta008@mail.ru*

Проведение профилактических обследований требует применения мобильного кардиометра (МЦК) предназначенного для снятия ЭКГ одновременно по нескольким отведениям, преобразования этих сигналов в цифровую форму и записи в ОЗУ для дальнейшего сохранения и анализа.

Особенностью МЦК является автоматическое измерение основных параметров ЭКГ и обработкой результатов измерений. При этом измерения выполняются как перед записью сигналов ЭКГ, так и во время ее выполнения. Разрабатываемый МЦК может выполняться как отдельный переносной прибор, так и в виде входного блока стационарного кардиографа.

Выполнение текущего анализа ЭКГ по каждому из отведений требует наличия многоканального блока анализа (МБА). На него подаются цифровые коды номера информации КН с выхода АЦП, и цифровые коды номера отведений КНО и аналоговый сигнал ЭКГ по первому отведению вида VI.

Известно, что зубец R кардиограммы имеет небольшую амплитуду и крутой передний фронт. Поэтому для его обнаружения в схеме применено дифференцирующее звено, пропускающее положительный импульс на вход компаратора. Пороговый уровень сравнения выбран достаточно высоким и задается делителем напряжения на входе компаратора, для формирования выходных импульсов двух полярностей применены инверторы.

Анализ сердечного ритма начинается с определения регулярности и числа сердечных сокращений (ЧСС). Регулярный ритм сердца диагностируется в том случае, если продолжительность интервалов между зубцами R одинакова и разброс этих интервалов не превышает 10 %. В остальных случаях считается ритм неправильным, что может наблюдаться при аритмии.

Величину ЧСС проще найти непосредственным подсчетом. Однако на практике более удобно определять по переводной таблице, заложенной в память микроконтроллера или ПЛИС, после измерения величины Tr.

При наличии нарушений строгое определение разброса величин Tr, ΔTr приводит к усложнению аппаратуры. Поэтому в МЦК применена схема измерения интервала сердечных сокращений с точностью 0.1с.

Реализация цифровых узлов МЦК предполагается выполнить на ПЛИС, что значительно сократит время выполнения разработки и потребление энергии для его питания, что существенно для портативного устройства.

УДК 621.3.019

ПОРІВНЯННЯ ПРОЕКТУВАННЯ ПРИСТРОЇВ ЗА ДОПОМОГОЮ ПЛІС ТА ЗВИЧАЙНИХ ЦИФРОВИХ МІКРОСХЕМ

С.Ю. ЯГНЮКОВ[1*], О.Ф. ДАНИЛЕНКО[2]

[1] студент кафедри "Обчислювальна техніка та програмування", НТУ "ХПІ", Харків, УКРАЇНА
[2] доцент кафедри "Обчислювальна техніка та програмування", канд. техн. наук, НТУ "ХПІ", Харків, УКРАЇНА
[*]email: jeckor@mail.ru

Логічна ємність та продуктивність ПЛІС за останні роки значно зросли завдяки ряду факторів: переходу на більш високий технологічний рівень, підвищенню ступеню інтеграції на кристалі, появі більш швидких послідовних інтерфейсів і протоколів зв'язку, використанню спеціалізованих обчислюваних ядер і вдосконалених логічних схем тощо.

Мета роботи. Детальний розгляд принципових відмінностей у проектуванні пристроїв на ПЛІС, на звичайних цифрових мікросхемах та на інших електронних компонентах.

ПЛІС широко використовуються для побудови різних за складністю і за можливостями цифрових пристроїв, наприклад:

1. пристроїв з великою кількістю портів вводу-виводу;
2. пристроїв, що виконують криптографічні операції, систем захисту інформації;
3. пристроїв, що виконують передачу даних на великій швидкості;
4. пристроїв, що слугують мостом між системами з різною логікою та напругою живлення тощо.

Це засвідчує про високу якість та довіру розробників різних проектів до ПЛІС. На відміну від звичайних цифрових мікросхем, розробка пристроїв на ПЛІС має одну принципову відмінність – логіку роботи пристрою можна власноруч запрограмувати, з чого випливає ряд переваг використанню ПЛІС у противагу звичайним цифровим мікросхемам:

- ПЛІС можуть бути модифіковані практично у будь-який момент в процесі їх використання;
- швидка розробка проектів;
- великий спектр засобів програмування ПЛІС тощо.

Висновок. Проведений аналіз дозволив оцінити переваги та недоліки проектування пристроїв за допомогою ПЛІС та звичайних цифрових мікросхем, що є фундаментом у подальшому більш глибше розглянути це питання та підкріпити висновки результатами практичних дослідів.

СЕКЦІЯ 9. ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНІ ТА ЕЛЕКТРИЧНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ

УДК 621.313

АНАЛИЗ ПРЕИМУЩЕСТВ И НЕДОСТАТКОВ МАГНИТОПРОВОДОВ ТРАНСФОРМАТОРОВ ИЗ АМОРФНЫХ СПЛАВОВ

***М.А. АРЕФЬЕВА*[1], *Л.В. ШИЛКОВА*[2]**

[1] *студент кафедры электрических машин, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[2] *ст. преп. кафедры электрических машин НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[*] *email: mariiaarefieva@ukr.net*

Введение. Энергоэффективность, экологичность, экономичность – тренды современной электроэнергетики. Широкое использование электроэнергии и развитие энергетической отрасли было бы невозможным без трансформаторов. Трансформаторы являются самым широко–используемым оборудованием в электрических сетях. Большинство электроэнергии поступает от точки генерации к месту потребления на высоких напряжениях и уже на месте трансформаторы преобразуют электроэнергию на нужный уровень.

Целью данной работы является анализ основных преимуществ и недостатков трансформатора с аморфным сердечником.

Силовые трансформаторы с магнитопроводами из аморфных сплавов (рис. 1), за которыми прочно закрепилось несколько названий, таких как энергосберегающие, трансформаторы будущего, аморфные трансформаторы и др. Основные преимущества:

Рис. 1 – Трансформатор с магнитопроводом на базе аморфных сплавов

1. *Высокая энергоэффективность*: Трансформатор с аморфным сердечником снижает потери в распределительной сети, поскольку имеет малые потери холостого хода (эквивалентные потере при отключении электроэнергии), которые составляют примерно 1/3 от потерь холостого хода у трансформаторов с сердечником из холоднокатаной электротехнической стали. Признано, что изготовление сердечников распределительных трансформаторов из аморфных сплавов только в США дает экономию 2/3 электроэнергии [1].

2. *Улучшенные магнитные характеристики:* магнитопровод из аморфных сплавов имеет значительно меньшие удельные магнитные потери по сравнению с аналогом из электротехнической стали, обладает высокой магнитной проницаемостью и индукцией насыщения на высоких частотах.

3. *Инновационные ценовые преимущества:* Основная стоимость трансформатора с сердечником из аморфного сплава может быть выше минимальной полной цены трансформаторов обычных типов с сердечником из холоднокатаной электротехнической стали, однако за счет меньших потерь электроэнергии эксплуатационные расходы ниже, поэтому в пересчете на срок службы эксплуатационная стоимость трансформатора с сердечником из аморфного сплава ниже.

4. *Доступность материалов:* Материалы находятся в массовом производстве Metglas Yasugi Works – подразделения Hitachi Metals, Ltd., а также Metglas*3 в Соединенных Штатах.

5. *Сокращение выбросов CO_2,* образующееся при работе электростанций, благодаря использованью данных трансформаторов. Это важный экологический показатель в свете Международного Киотского соглашения 1997 г. о борьбе с глобальным потеплением климата. По расчетам японских исследователей, замена существующих трансформаторов на более экономичные трансформаторы с сердечниками из аморфных сплавов на основе железа позволила бы уменьшить выброс CO_2 в Японии на 4 млн. т в год [2,3].

Аморфные сердечники имеют ряд недостатков: допустимая рабочая индукция <1,45 Тл, коэффициент заполнения сечения сталью 0,8–0,85, сталь имеет толщину 25–30 мкм и большую твердость. Последний фактор усложняет сборку магнитопровода. Особенности аморфных сталей потребовали изменения конструкции магнитопровода. В связи с малой толщиной аморфный материал наиболее пригоден для витой конструкции магнитопровода, то есть для трансформаторов I – II габарита (до 1000 кВА). К условно витой конструкции магнитопровода можно отнести технологию производства магнитопроводов UNICORE, разработанную и запатентованную австралийской компанией A.E.M.Cores. Технология UNICORE является очень гибкой, высокоточной и надежной. Одним из основных преимуществ UNICORE технологии является получение минимальных потерь в сердечнике. Магнитный поток не преодолевает препятствие в виде воздушного зазора, а минует его, используя соседние несущие ленты (дорожки), которые, в свою очередь, таких препятствий в этом месте не имеют. Несмотря на недостатки, распределительные трансформаторы с магнитопроводом из аморфной стали изготавливаются в США, Японии, Канаде; в настоящее время в мире изготовлено 60–70 тыс. единиц трансформаторов мощностью 25–100 кВА. Примерно 1000 единиц прошли успешные многолетние испытания в различных энергосистемах.

Список литературы:

1. *http://portal-energo.ru/articles/details/id/614.13.12.2015*

2. *http://mash-xxl.info/info/116732.13.12.2015*

3. *http://forca.ru/stati/podstancii/transformatory-s-amorfnym-magnitoprovodom.html.13.12.2015*

УДК 543.27

КРИТЕРІЇ ВИБОРУ МОБІЛЬНИХ АНАЛІЗАТОРІВ ГОРЮЧИХ ГАЗІВ

К.О. БАБКІНА [1*]***, М.М. СІРЕНКО***[2]

[1]*магістрант кафедри ПМНК, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2] *професор кафедри ПМНК , канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, Україна*
**email: katerinababkina@mail.ru*

Життєзабезпечення населення безпосередньо залежить від надійного функціонування систем газопостачання. Однак через фізичне зношення газорозподільних комунікацій і нерегулярності проведення технічної діагностики цих систем в країні регулярно трапляються пожежі, аварії, вибухи [1]. Попередження таких аварійних ситуацій є актуальним завданням в роботі комунальних та служб екологічної безпеки. Тому для своєчасного виявлення і усунення витоків побутового газу у підземних спорудах і приміщеннях використовуються мобільні або переносні аналізатори побутових газів [2].

В роботі встановлено, що для оптимального вибору аналізаторів горючих газів необхідно враховувати основні фактори, які є критеріями їх вибору:

- хімічний склад аналізованої газової горючої суміші;
- метрологічні характеристики приладів;
- розташування датчика (вбудований або виносний з використанням штанги і газохідної трубки);
- тип подачі проби (дифузійна або примусова);
- тип вибухонебезпеки (загальнопромисловий або вибухозахищений);
- необхідність функцій звукової/світової сигналізації;
- параметри стабільності і надійності роботи на задані інтервали часу;
- співвідношення функціональність/ціна.

Слід враховувати, що ефективність переносних приладів для визначення газів обмежена рядом чинників. Так, для них потрібно проводити калібрування, щоденну перевірку «нуля» приладу і напруги живлення, щотижневу перевірку діапазону вимірювань і калібрувальне тестування раз в 6 місяців. При цьому чутливість приладів має бути виборчою, і такою, що не має перехресної чутливості до інших токсичних і горючих газів, які не підлягають аналізу. Сигналізація приладу по рівню концентрації природного газу повинна спрацьовувати на граничному рівні 10% або 20% нижньої концентраційної межі поширення полум'я або нижньої межі вибуховості. Термін служби таких приладів повинен бути максимально тривалий, вони повинні надійно працювати від 5 років при температурах від -5^0С до $+ 50\ ^0$С.

Список літератури:

1. *Сідак В.С., Супонев В.Н.* До питання про проблеми безпеки у газопостачанні // Науково-виробничий журнал «Охорона праці». – 2009. - №1 – с.39-41.

2. *Порєв В.А.* Аналітичні екологічні прилади та системи / *В.А. Порєв, О.А. Дашковський, Я.Л. Миндюк*, Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, – 2009 – 267с.

УДК 615.47

ПОБУДОВА СУЧАСНОГО АПАРАТУ ДЛЯ КРІОТЕРАПІЇ

***О.О. БЕНДЕРСЬКА*[1*], *Є.І. КОРОЛЬ*[2]**

[1]*магістрант кафедри промислової та біомедичної електроніки, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*

[2] *доцент кафедри промислової та біомедичної електроніки, канд.техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*

[*]*email:oks.benderskaya@gmail.com*

Застосування низьких температур в медичних цілях бере свій початок у глибині століть і продовжує залишатися актуальним сьогодні. Кріотерапія – це сукупність фізичних методів лікування, заснованих на застосуванні низьких температур для охолодження тканин, органів або всього організму.[1] Лікування здійснюється методиками загального та локального кріовпливу. Використання цих методик дає принципово різний терапевтичний результат. Загальна кріотерапія – це методика фізіотерапії, що полягає у впливі рідкими або газоподібними холодоагентами для відведення тепла від усієї поверхні тіла людини, це безпосередньо дратує рецептори шкіри і впливає на центральну нервову систему, а локальна кріотерапія – це методика впливу твердими, рідкими або газоподібними кріоагентами для охолодження окремих ділянок поверхні тіла в тій мірі, щоб температура тканин знижувалась в межах її кріостійкості. Місцеві ефекти, викликані локальною кріотерапією, можна забезпечити за допомогою більш дешевих холодоносіїв.

Метою даної роботи є побудова сучасного апарату для локальної кріотерапії.

В роботі [2] були визначені оптимальні технічні параметри апарата для кріотерапії, які відображені в табл.1.

Таблиця 1 – Параметри апарата для локальної кріотерапії

Режими роботи	Контактний/Повітряний
Діапазон температур потоку повітря,˚С	+20-(-60)
Діапазон температур терапевтичної охолоджуючої головки,˚С	-10-(-35)
Швидкість повітряного потоку, л/хв	350-1000
Час процедури, хв	5-35
Клас захисту	1, Тип В

Проаналізувавши оптимальні технічні характеристики, запропонована структурна схема апарату для локальної кріотерапії на рис.1

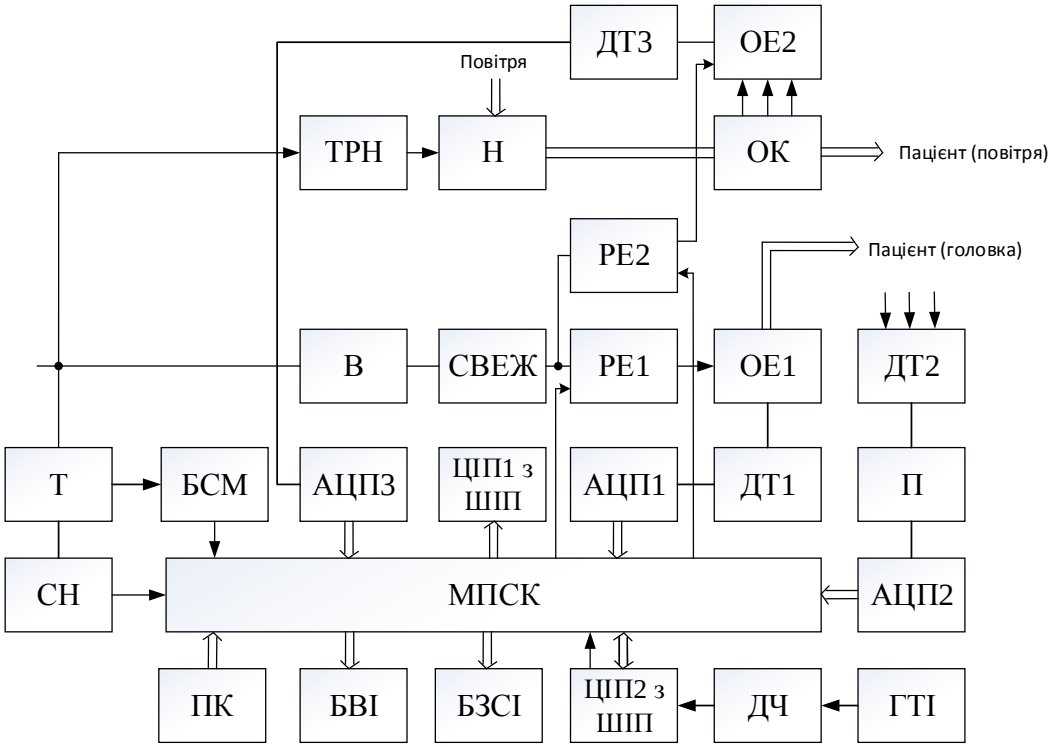


Рис. 1– Структурна схема апарату для кріотерапії

Апарат працює в двох режимах. Перший режим –контактний, охолодження відбувається з використанням терапевтичної головки з робочою температурою до -35˚С. Другий режим – охолодження окремої ділянки тіла відбувається завдяки потужному потоку повітря з температурою до -60˚С.

Апарат створює холод за допомогою термоелектричних елементів Пельт'є. Керування елементами ОЕ1 та ОЕ2 відбувається за допомогою релейних елементів РЕ1 та РЕ2. Релейні елементи вмикають та вимикають охолоджувальні елементи, забезпечують захист вихідних ланцюгів при виникненні короткого замкнення або перевантаження по каналу.

Мікропроцесорне керування апарату здійснюється за допомогою мікроконтролера серії Atmega 8 який працює на частоті 16 МГц.

Даний апарат відповідає всім сучасним вимогам та може використовуватися медичними закладами та косметичними салонами в лікувальних та профілактичних цілях.

Список літератури:

1. *Баранов А. Ю., Кидалов В. Н*. Лечение холодом. // М: Апрель, 2000, 160 с.

2. *Бендерська О.О., Король Є.І*. Сучасний рівень розвитку кріотерапії. // Матеріали IX Міжнародної науково–практичної студентської конференції магістрантів Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» (07-09 квітня 2015 року). – Харків: НТУ «ХПІ», 2015. – Ч.3–С.75-76

УДК 621.314.1

МОДЕЛИРОАНИЕ ДВУХЗВЕННОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО НАПРЯЖЕНИЯ С РАЗДЕЛЕННОЙ КОММУТАЦИЕЙ

***С.В. БОБРОВСКИЙ*[1*], *В.В. ИВАХНО*[2]**

[1] *магістрант кафедри «Промышленная и биомедицинская электроника», НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*

[2] *професор кафедри «Промышленная и биомедицинская электроника», канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*

[*]*email: bobrovskiysv@mail.ua*

Известно много вариантов схем двухзвенного преобразователя постоянного напряжения в постоянное с трансформаторной гальванической развязкой первичной и вторичной сторон (DC-DC конверторы). DC-DC конверторы с разделенной коммутацией позволяют повысить частоту преобразования до уровня, близкого к величине частоты преобразования резонансных схем двухзвенных преобразователей, при отсутствии силового колебательного контура и с малым числом вспомогательных силовых компонентов [1]. Силовой коммутатор первичной стороны такого преобразователя представляет собой автономный инвертор тока (ИТ), а вторичной - инвертор напряжения (ИН) (см. рис.1). Суть алгоритма разделенной коммутации заключается в создании временной задержки между моментами принудительного снабберного выключения управляемых ключей ИН и принудительного снабберного включения ключей ИТ. В результате, как показано в [1], можно добиться естественного выключения (режим ZCS) ключей ИТ, а для ключей ИН - естественного включения (режим ZVS). Двухзвенный преобразователь постоянного напряжения с разделенной коммутацией возможно использовать устройствах, где необходимо двухстороннее преобразование постоянного напряжения в постоянное (для связи фотопанелей (фотобатарей) с сетью постоянного напряжения и т.п.)

Рис. 1 – Структура силовой части. ВХ – источник входного напряжения (батарея), ИТ – инвертор тока, Т – силовой трансформатор, ИН – инвертор напряжения, ВЫХ – выход напряжения (сеть постоянного напряжения).

В [2] предложено ключи ИТ выполнить четырехквадрантными (последовательно – встречное соединение MOSFET). Тогда, сохраняя свойство обратимости преобразователя, есть возможность обеспечить сохранение знака напряжения зажимов постоянного тока АИТ при смене знака тока дросселя (при передаче энергии с выхода на вход). Кроме того, существенно снизить падение напряжения на ключе ИТ.

Целью работы является создание математической модель на базе нового программного пакета PSIM [3]. Он предназначен для моделирования устройств

силовой электроники, содержит обширную библиотеку компонентов. Полная версия данной программы содержит большое количество примеров для различных областей силовой электроники. PSIM имеет встроенный блок для согласованной работы с MatLab. Программа приобрела широкую популярность в Европе и используется такими известными компаниями как Ansaldo (Италия), Areva (Франция) и т. д. Разработанная модель схемы представлена на рис.2.

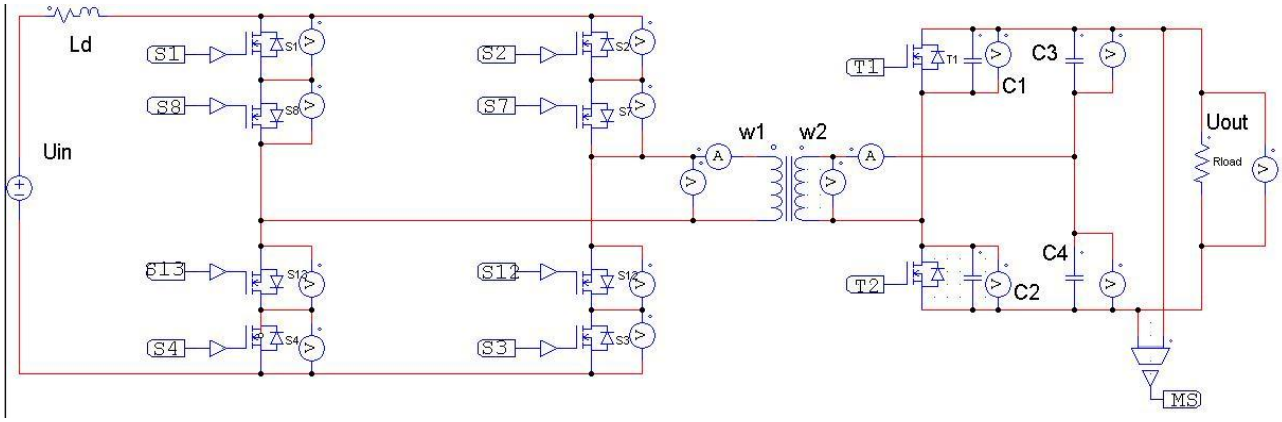


Рис. 2 – PSIM модель силовой части преобразователя

На рис. 3 в качестве результата моделирования представлены машинограммы тока(черного цвета) и напряжения(более светлым) первичной обмотки трансфортматора. При моделировании было принято: U_{in}=30 В , U_{out}=400 В, величина средней мощности нагрузки: 240 Вт, частота преобразования 100 кГц. Величина индуктивности входного дросселя L_d=15 мкГн, индуктивности рассеяния трансформатора, приведенной к первичной обмотке L_s=380 нГн, величина коэффициента трансформации $K_T=w_2/w_1$=3,5, величины емкостей снабберных конденсаторов $C_1=C_2$=265 пФ, емкости конденсаторов емкостного делителя напряжения АИН $C3=C4$=1 мкФ. Величины напряжений указаны в вольтах, токов – в амперах.

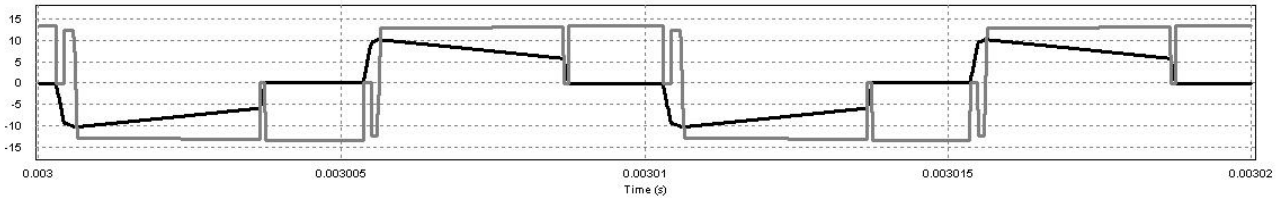


Рис. 3 – Машинограммы тока и напряжения первичной обмотки трансфортматора.

Список литературы:

1. *Blinov, A.; Vinnikov, D.; Ivakhno, V.* Full soft-switching high step-up DC-DC converter for photovoltaic applications //2014 16th European Conference on Power Electronics and Applications (EPE'14-ECCE Europe), pp.1,7, 26-28 Aug. 2014.

2. *В.В. Ивахно, В.В. Замаруев, Б.А. Стысло, Д.В. Винников, А.И. Чуб, Р.А. Косенко* Обратимый двухзвенный преобразователь постоянного напряжения с разделенной коммутацией и с неизменным знаком входного и выходного напряжений//Вісник НТУ «ХПІ», 2015.12 (1121), С. 402-408

3. *http://powersimtech.com/*

УДК 621.314.58

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАСТОСУВАННЯ МІКРОКОНТРОЛЕРА СІМЕЙСТВА CORTEX ДЛЯ КЕРУВАННЯ ІНВЕРТОРОМ СОНЯЧНОЇ БАТАРЕЇ

***М. С. БУЛАВІН*[1*], *Л. В. ФЕТЮХІНА*[2]**

[1]*магістрант кафедри ПБМЕ,НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2]*доцент кафедри ПБМЕ, канд. техн. наук,НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
**email: max-mail-kh@mail.ru*

Все більшу популярність в світі набирає використання малопотужних локальних сонячних панелей.Основна функція інвертора полягає в перетворенні постійних струмів від фотогальванічних панелей або батареї з різним рівнем напруг в змінний струм з певним рівнем напруги і частотою для живлення пристроїв або передачі в енергетичну систему. На рисунку 1 відображена функціональна схема перетворювача. Керуючий пристрій забезпечує відбір максимальної потужності від сонячної панелі і синхронізацію генерованого струму з напругою мережі [1].

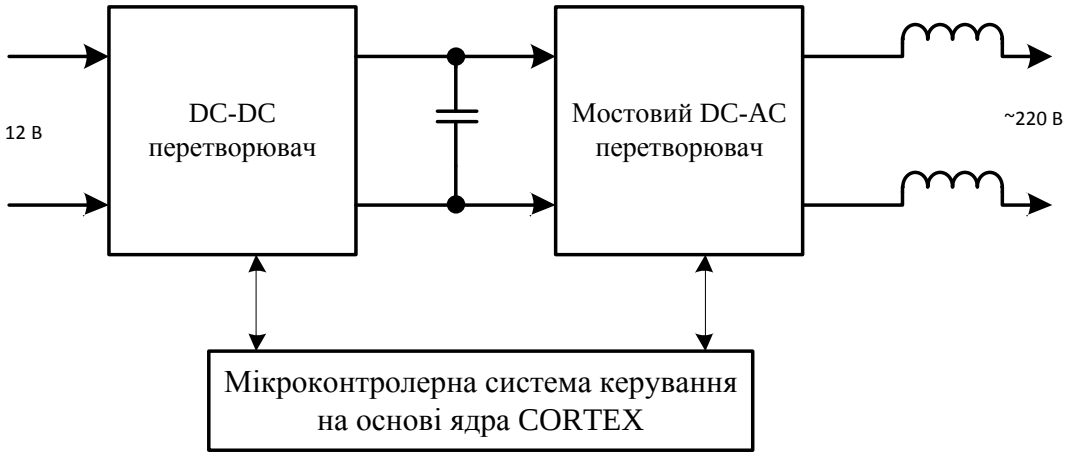


Рис. 1− Функціональна схема перетворювача

DC/DC-перетворювач підвищує або знижує рівень вхідної напруги, підлаштовує свій вихід для отримання максимальної ефективності на етапі DC/AC-перетворення. Конденсатор виконує функцію буферизації напруги.MOSFETи у складі моста перемикаються з частотою близько 20 кГц для перетворення постійного струму в змінний. Індуктивності «згладжують» сигнал після ключів для отримання синусоїди.

Ефективність DC/AC- перетворення, а також зарядка батареї залежить від вхідної напруги. Але значення напруги на виході фотогальванічних панелей постійно змінюється внаслідок таких факторів, як погодні умови, час дня і температура панелей[2]. Технологія відстеження точки максимальної потужності (MPPT) застосовується для відстеження таких рівнів напруги і

струму на вході батареї, при яких ефективність зарядки максимальна. Використання цієї технології збільшує загальну продуктивність системи більш ніж на 30% в зимовий час, коли додаткова енергія особливо необхідна.

Для дослідженнябув обраний мікроконтролерSTM32F407XX з високопродуктивним ядром CORTEXта багатим набором периферійних пристроїв. Він чудово підходить для завдань управління DC/AC-перетворювачем в реальномучасі, обчислення точки максимальної точності й забезпечення функцій захисту інверторів в системах перетворення сонячної енергії.Для оцінки рівня напруги і струму при побудові правильної синусоїдальної форми сигналу використовуються канали швидкісного 12-бітного АЦП. Також, оцінюючи рівень струму, АЦП виконує функції безпеки.

CORTEX-ядро дужешвидковиконує математичніобчислення для реалізації алгоритмів керування в реальному часі. Вбудовані периферійні пристрої, такі як аналого-цифровий перетворювач (АЦП) і таймери з режимом широтно-імпульсного модулятора (ШІМ) дають можливість безпосередньо відстежувати стан і управляти MOSFETами. Комунікаційні порти мікроконтролера спрощують розробку пристроїв, що працюють в мережі з вимірювачами та іншими інверторами.Мікроконтролер може управляти відразу декількома перетворювачами, а також виконувати функції відстеження точки максимальної потужності, захисту від стрибків напруги, реєстрації даних і комунікації із зовнішніми пристроями.

В роботі були розглянуті різні алгоритми визначення точки максимальної потужності.Перший алгоритм повинен передбачати пошук точки максимальної потужності в широкому діапазоні напруг для того, щоб уникнути попадання на локальні максимуми, що виникли в результаті короткочасних змін зовнішнього середовища, наприклад, попадання панелі в тінь невеликого хмари. Недолік цього алгоритму - в тому, що пристрій не працює постійно з максимальною продуктивністю, а знаходиться в пошуку такого стану.

Альтернативою є другий алгоритм, при якому обчислюється похідна кривої залежності потужності від напруги і знаходяться нулі отриманої залежності, які за визначенням являють собою піки кривої потужності. Потім проводиться налаштування напруги на певний рівень. Незважаючи на те, що в цьому алгоритмі немає недоліків попереднього, все ж є ризик налаштуватися помилково на локальний максимум замість точки максимальної потужності.

Найкращі результати виходять при комбінуванні обох алгоритмів, коли підтримується робота пристрою з рівнем напруги, що визначається по нулях похідної з одночасною перевіркоюіншіх піків в широкому діапазоні напруг. Ясно, що для реалізації комбінованого алгоритму потрібно більше обчислювальних ресурсів мікроконтролера.

Список літератури:

1. *Комаров,* Инвертор солнечной батареи с экстремальным регулированием мощности */ Н. С. Комаров, А. В. Стаценко, Д. А. Шелковый//* Вісник КНУТД. – 2014. – №2.– С. 107-108.

2. *Zacharias,* Perspectivesof SiC Power Devices in Highly Efficient Renewable Enegry Conversion Systems/ *P. Zacharias*// ECSCRM, Barcelona. – 2008. –С.432-433.

УДК 621.391

МОДЕЛЬНО-ОРИЕНТИРОВАННОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ В СРЕДЕ MATLAB

А.Г. БУТЕНКО [1*], Л.В ФЕТЮХИНА [2]

[1]магистрант кафедры «Промышленная и биомедицинская электроника», НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА.

[2]доцент кафедры «Промышленная и биомедицинская электроника, кан. техн. наук, НТУ «ХПИ, Харьков, УКРАИНА.

[*]email:aim1994@mail.ru.

В настоящее время все большее значение приобретает модельно-ориентированное проектирование. Это эффективный и экономически выгодный способ разработки систем управления, обработки сигналов и изображений, построения систем связи, создания встраиваемых систем.

Вместо физических прототипов и текстовых спецификаций в модельно-ориентированном проектировании применяется исполняемая модель. Эта модель используется во всех этапах разработки. При таком подходе можно разрабатывать и проводить имитационное моделирование как всей системы целиком, так и ее компонентов. Сложные проекты могут быть реализованы эффективно в интуитивно понятном графическом окружении блок-схем, представляемом Simulink, который обеспечивает гибкость для представления и решения математики динамических систем таких как аналоговых, дискретных и смешаных (гибридных).

Автоматическое создание Embedded C/C++ и HDL кода непосредственно из модели позволяетдалее развертывать ее на симуляторах, встроенных средствах разработки и макетных платахв режиме в реальном времени.

Это позволяет тестировать более тщательно, начиная тестирование прежде, чем аппаратные средства станут доступны и, имитируя условия, которые были бы опасны или дорогостоящими для изучения с реальной системой.

Генерация С-кода основана на применении пакетов расширений MATLAB: Real-Time Workshop и Real-Time Workshop Embedded Coder. Сгенерированный исходный код может применяться для создания приложений, работающих в реальном времени вне среды MATLAB, в том числе и для микропроцессоров встроенных систем.

Методика генерации С-кода из модели Simulink, включает несколько этапов. На первом этапе в соответствии с математическим описанием и структурной схемой в среде Simulink динамического моделирования пакета MATLAB создается и отлаживается непрерывная модель системы управления. Затем проводится проверка правильности функционирования разработанной модели на соответствие заданному алгоритму. На втором этапе осуществляется приведение Simulink-модели к физической модели реальной аппаратуры, для

которой будет генерироваться С-код. Доработка Simulink-модели заключается в добавлении блоков, реализующих преобразование сигналов с помощью АЦП, ЦАП и различные инверсии сигналов, присутствующие в реальной системе управления.

На третьем этапе осуществляется преобразование непрерывной модели Simulink в модель для расчетов с фиксированной точкой. Основными критериями при назначении типов данных блоков Simulink-модели являются: требуемая точность; диапазон изменения сигналов; разрядность процессора.

На четвертом этапе проводится генерация С-кода из подсистемы блока управления, преобразованной для расчетов с фиксированной точкой.

На пятом этапе осуществляется проверка сгенерированного кода путем сравнения результатов его выполнения с моделью Simulink - SIL-тестирование. Для этого из сгенерированного кода создается S-функция.

На шестом этапе осуществляется интеграция MATLAB со средой разработки процессора, для которого генерируется С-код. В пакете MATLAB есть специальные инструменты для интеграции Simulink с программной средой специализированных микропроцессоров: Embedded IDE Link и Target Support Package. В Simulink этот процессор поддерживается при помощи STM32-MAT/TARGET. Генерируемый код исполняемой программы загружается в процессор. На этом этапе проводится PIL-тестирование – сравнение результатов выполнения программы в процессоре с моделью Simulink. Блок-схема показана на рис.1.

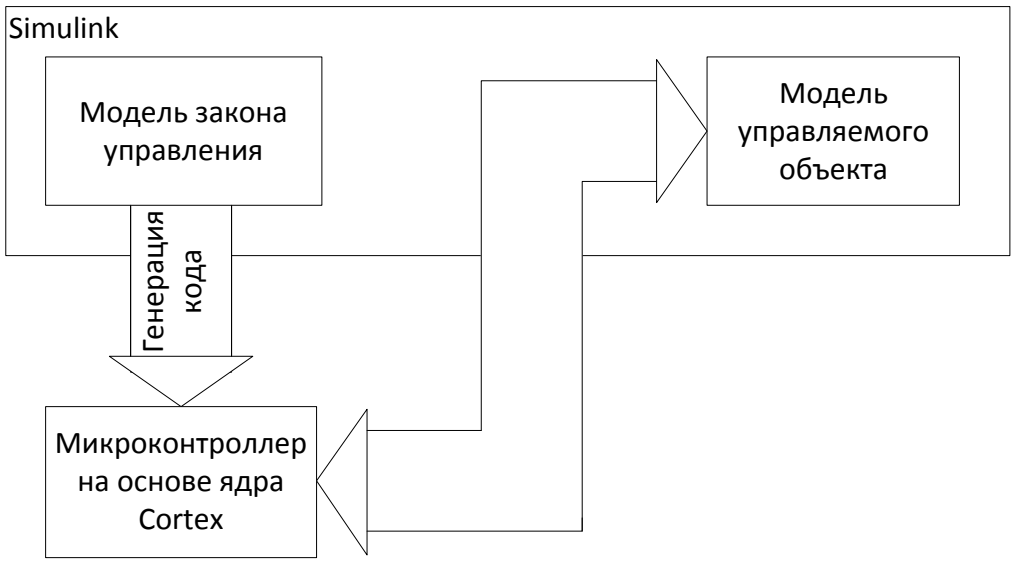


Рис. 1 – Блок-схема процессорно-программного тестирования.

Список литературы:

1. Модельно-ориентированное проектирование систем управления / *Н. П. Деменков* // Промышленные АСУ и контроллеры. - 2008. - N 11. - С. 66-69

2. Model-Based Design with MATLAB and Simulink. Вебинар. Электронный ресурс: http://www.mathworks.com/

УДК 62-83

ЭЛЕМЕНТЫ ПИТАНИЯ И РЕКУПЕРАЦИИ ЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ

***Б.В. ВОРОБЬЁВ*[1*], *В.Б.КЛЕПИКОВ*[2]**

[1] *магистрант кафедры автоматизированных электромеханических систем, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[2] *доктор техн. наук, заведующий кафедры автоматизированные электромеханические системы, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[*] *email: pro100lolpro100lol@gmail.com*

Одной из наиболее актуальных и сложных задач при проектировании электропривода электромобиля является выбор системы питания. На сегодняшний день существует около 20 основных видов аккумуляторных батарей. Наибольшее применение в электромобилестроении находят литий-ионные аккумуляторы ввиду высокого соотношения ёмкости к массогабаритным показателям, однако, основным критерием выбора типа АКБ в данной работе является отношение его стоимости к ёмкости. По данному критерию с большим отрывом лидируют свинцово-кислотные аккумуляторы. Модель свинцово-кислотного аккумулятора в пакете MATLAB в SimPowerSystems и Simulink показана на рисунке 1

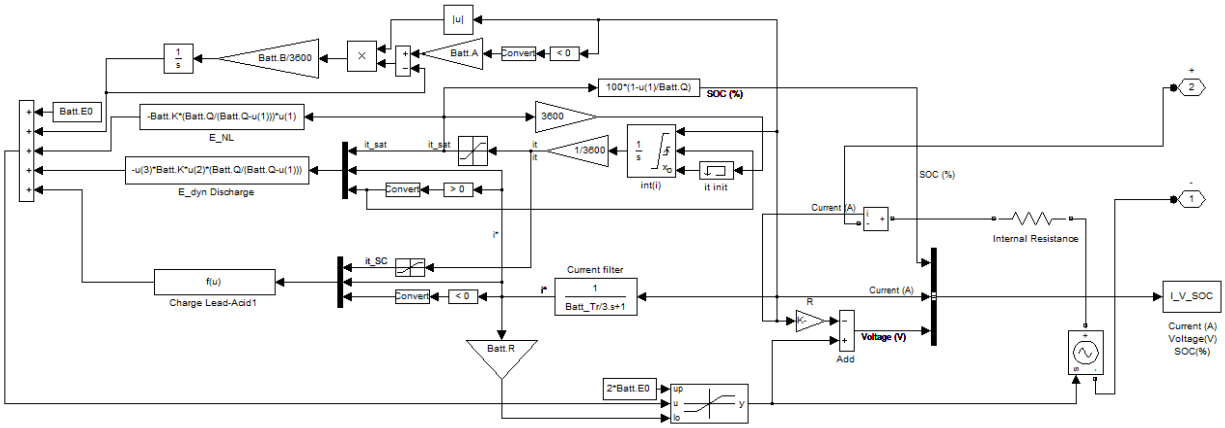


Рис. 1 – Модель свинцово-кислотного аккумулятора в пакете MATLAB

Данная модель учитывает номинальное напряжение, номинальную ёмкость, максимальную ёмкость, номанальный зарядный ток, а также определяет текущий процент заряда/разряда. В качестве объекта моделирования используется стандартный свинцово-кислтный аккумулятор ёкостью 55 Ач. Нагрузкой даному аккумулятору служит постоянное сопотивление в 0.24 Ом, теоретически нагружающее АКБ на 1С.

На рисунке 2 показана упрощенная модель заряда батареи с реализацией UI метода заряда в пакете MATLAB в SimPowerSystems и Simulink.

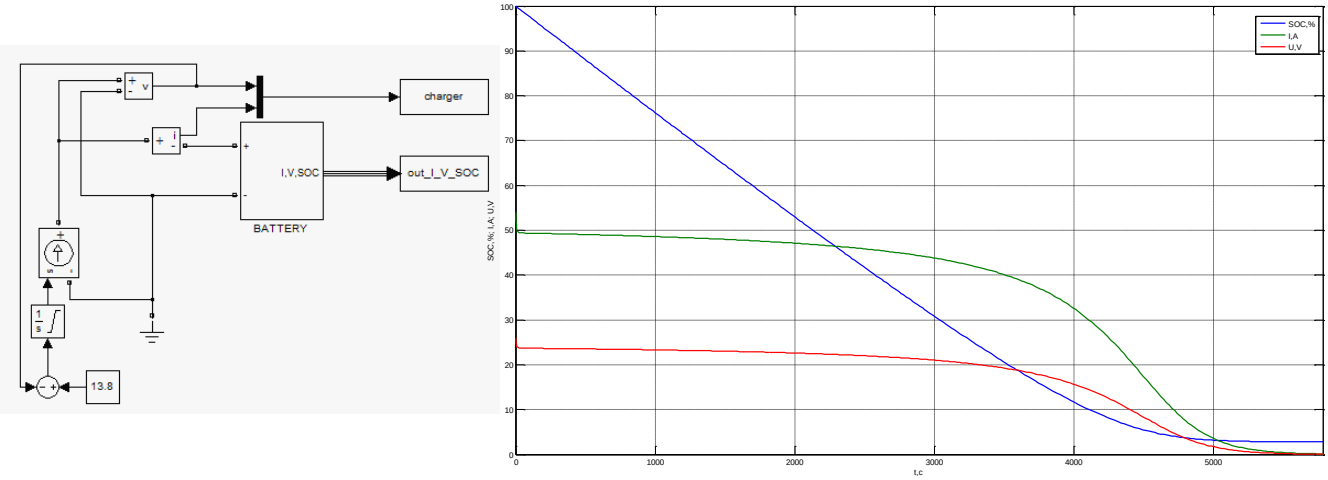


Рис. 2 – Упрощенная модель заряда батареи с реализацией UI метода заряда и график переходноо процесса разряда АКБ на номинальную «часовую» постоянную нагрузку

Рекуперативное торможение электрического транспорта – торможение, при котором электрическая энергия, вырабатываемая тяговыми электромоторами, преобразуется в иную её форму и возвращается в электрическую сеть или запасается в аккумуляторных батареях транспортного средства. Около 30% кинетической энергии во время торможения преобразуется в тепловую энергию, которая за счет силы трения рассеивается в окружающую среду, однако часть энергии может употребляться с целью питания батарей транспортного средства. В данной работе рассматривается система рекуперации кинетической энергии при помощи промежуточного накопительного звена электрической энергии – суперконденсатора (ионистора). Электрическая принципиальная схема электропривода с системой рекуперации показана на рисунке 3.

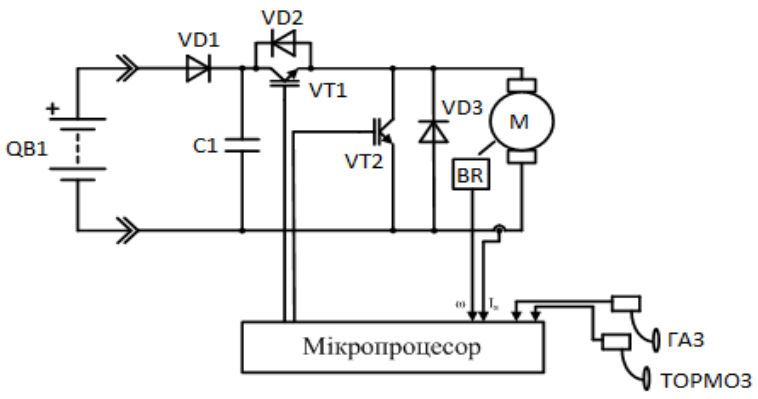


Рис. 3 – Электрическая принципиальная схема электропривода с системой рекуперации

Список литературы:

1. *Хрусталёв, Д. А.* Аккумуляторы/ *Д. А. Хрусталёв* // Изумруд. – 2003. – №672 – С. 221.

УДК 621.314

ВОЗМОЖНОСТИ МОДЕРНИЗАЦИИ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ

О.Ю. ГАРКУША, Г.Г. ЖЕМЕРОВ

[1] *магистрант кафедры промышленной и биомедицинской электроники, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[2] *профессор кафедры промышленной и биомедицинской электроники, д-р техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[*]*email: fgsfdsmef@gmail.com*

Электроснабжение железных дорог Украины осуществляется с помощью постоянного тока с номинальным напряжением 3kV или переменного тока частотой 50Hz с номинальным напряжением 25 kV. Электроснабжение переменным током частотой 50Hz с номинальным напряжением 25 kV осуществляется от трехфазной промышленной сети 110 kV через понижающий трехфазный трансформатор, устанавливаемый на тяговой подстанции. Три первичных обмотки трансформатора, соединенные в звезду с нулевым выводом, подключены к сети 110 kV, три вторичных обмотки соединены в "открытый треугольник". При этом вторичная обмотка фазы С питающего трансформатора (ПТ) соединяется с контуром заземления подстанции и с рельсами пути, а фазы А и В подключаются к контактным проводам. Для выравнивания нагрузки фаз в контактной сети чередуются участки, подключенные к фазам А и В, между ними устанавливают нейтральные вставки. В системах электроснабжения применяют также раз личные системы фильтрации высших гармоник и компенсации реактивной мощности. Однако все эти меры до конца не устраняют основного недостатка данной системы электроснабжения железных дорог, а именно – значительную асимметрию сетевых токов и большие по величине реактивные токи в сети 110кВ, обусловливающие дополнительные потери электроэнергии. Кроме того в сеть 110 kV могут генерироваться высшие гармоники тока, вызванные нелинейными нагрузками в электровозе, которые приводящие к искажению напряжения сети.

Целью статьи является разработка методов по устранению недостатков системы электроснабжения, разработать виртуальную модель и проверить экспериментально, что должно подтвердить или опровергнуть полученные результаты.

Список литературы:

1. Справочник по электроснабжению железных дорог. Т. 2 / Под ред. *К. Г. Марквардта.* – М.: Транспорт, 1981. – 392 с.

2. Справочник по электроснабжению железных дорог. Т.1 / Под ред. *К. Г. Марквардта.*– М.: Транспорт, 1981. – 390 с.

3. *Жемеров Г.Г., Ильина Н.А., Ильина О.В., Тугай Д.В.* Уменьшение потерь и улучшение качества электроэнергии в системах коммунального электроснабжения / Технічна електродинаміка. Темат. вип. "Силова електронік та енергоефективність" ч. 2, 2008.

УДК 621.313

БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЯХ

А.В. ГАРЬКАВЫЙ [1], ***В.Ф. БОЛЮХ*** [2]

[1] *магистрант кафедры ЭС, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[2] *профессор кафедры ОЭ, д-р техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

На сегодняшний день на электрических станциях установлено множество различных механизмов, для которых использование вращающихся двигателей в качестве электропривода не целесообразно, поэтому необходимо рассмотреть альтернативное решение.

Механизмы, в которых использование линейного двигателя в качестве электропривода является перспективным, это: устройство для осуществления способа удаления льда и снега с проводов линий электропередачи, устройство для осуществления способа регенерации электроочистителя дымовых газов, устройство для очистки поверхностей от различного рода отложений, электроприводы быстродействующей запорно-клапанной арматуры [1].

Поэтому актуальной является задача моделирования и обоснования использования линейных двигателей. Более предпочтительными являются линейные двигатели ударного действия, которые являются более простыми в эксплуатации, дешевыми, могут мгновенно вступать в работу, а также линейные двигатели с криогенным индуктором.

Целью работы является исследование статистических и динамических характеристик линейного двигателя ударного действия при работе с указанными механизмами, расчет электромагнитных переходных процессов в обмотках двигателя, экспериментальная проверка полученных результатов.

Компьютерное моделирование и исследование линейного двигателя ударного действия выполнено в программных пакетах ELCUT и FEMM с применением метода конечных элементов. Получены зависимости плотности тока в обмотках индуктора и якоря от времени при переходных процессах, зависимости аксиальных ЭДС и скорости перемещения якоря с исполнительным элементом от времени. Получено значение КПД различных линейных двигателей в качестве одного и того же электропривода.

В ходе проведенных исследований получены результаты, которые могут быть использованы при проектировании механизмов с линейным двигателем ударного действия и их же с криогенным индуктором в качестве электропривода. По этим результатам оценены преимущества и недостатки различных линейных двигателей.

Список литературы:

1. *Болюх В.Ф., Данько В.Г.* Лінійні електромеханічні перетворювачі імпульсної дії. – Монографія. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2006. – 260 с.

УДК 621.313.12

ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО КОНСТРУКТИВНИХ ЗМІН РОТОРІВ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ З УРАХУВАННЯМ ВИМОГ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

***М.І. ГОРЮШКІН*[1*], *В.В. ШЕВЧЕНКО*[2]**

[1] *магістрант кафедри електричних машин, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2] *професор кафедри електричних машин, канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[*] *email: goryushkinnikita@gmail.com*

Зазначимо нові можливості проектування сучасних електричних машин:

- нові матеріали (електротехнічні сталі, ізоляційні матеріали);
- нові технології, які були раніше недоступні (наприклад, можливість виконання монолітної литої мідної обмотки короткозамкненого ротора);
- нові експлуатаційні можливості (створення компактних, надійних, дешевих частотних перетворювачів на базі нового класу *IGBT* транзисторів, які розширили області можливого використання асинхронних двигунів (АД) в якості приводів з частотним управлінням.

Досягнення в АД більшого значення ККД може бути досягнуто за рахунок використання для роторів мідної обмотки. Дослідження підтвердили, що при використанні для АД литої мідної обмотки ротора (ЛМОР), що мають такі ж конструктивні розміри, як і з литої алюмінієвої обмоткою ротора (ЛАОР) потужність підвищується в 1,3-1,7 рази, ККД - на 1,5-3,0 %, перевантажувальна здатність - в 1,4-1,7 раза, показники надійності - в 1,5-2,5 рази, [1]. Однак двигуни з ЛМОР вимагають додаткових досліджень для поліпшення пускових характеристик, тому що питомий опір міді при температурі θ_a=20 °С в 1,6 рази менш, ніж питомий опір алюмінію. Тому при пуску зростають пускові струми і зменшуються пускові моменти. Найбільш простим рішенням цієї проблеми є зміна форми (поглиблення) паза ротора, дозволить використовувати більшу дію скін-ефекту. При використанні цього рішення слід пам'ятати про технологічні обмеження: менший радіус повинен бути не менше 1 мм, - також слід обмежити максимальне значення індукції в самому вузькому перетині зубця, [2]. На рис. 1 наведене ескіз зубцовой зони ротора, на рис. 2 – пускові характеристики (залежність струму ротора від ковзання $I_r^{/} = f(S)$) для АД з ЛАОР і з ЛМОР.

У таблиці наведені дані перевантажувальної здатності АД (k_M), перевищення пускового струму (k_{Is}), відносне значення пускового моменту в порівнянні з номінальним моментом (k_{MS}) в залежності від різної глибини паза:

$$k_M = \frac{M_{r\max}}{M_{rN}}; \quad k_{sI} = \frac{I^{/}_{rstart}}{I^{/}_{rN}}; \quad k_{sM} = \frac{M_{crit}}{M_{rN}}.$$

При поглибленні паза пусковий момент збільшується і вже при глибині на 3 мм більш (15 %) значення пускового моменту в 1,1 більше номінального моменту, зберігається значення ККД (η_N =0,79), знижується пусковий струм.

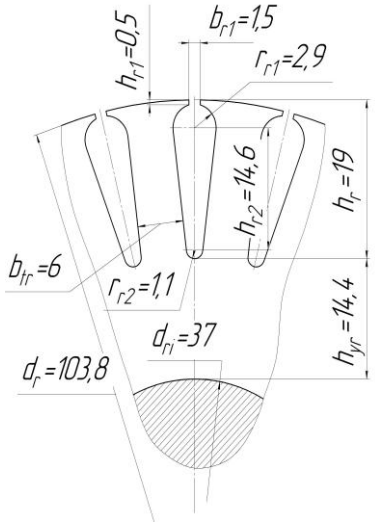


Рис. 1 – Ескіз зубцовой зони ротора АД потужністю 1,5 кВт з ЛАОР

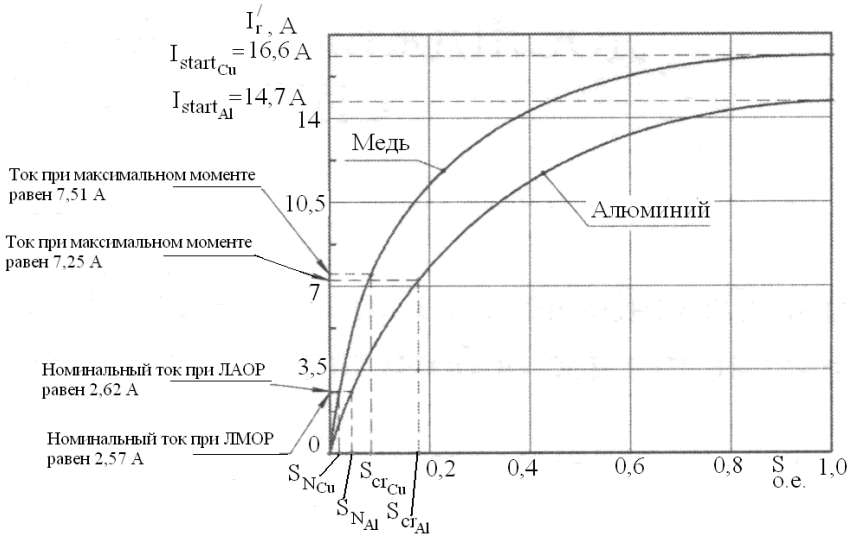


Рис. 2 – Залежність струму ротора від ковзання для АД потужністю 1,5 кВт з ЛАОР і з ЛМОР

Таблиця 1 – Значення відносних коефіцієнтів, розрахованих для АД потужністю 1,5 кВт з ЛАОР і з ЛМОР

№	Глибина паза, h_r, мм	k_M		k_{si}		k_{sm}	
		A1	*Cu*	*A1*	*Cu*	*A1*	*Cu*
1	24	1,88	2	5,6	6,3	1,25	1,36
2	23	1,86	2	4,9	5,7	1,73	1,3
3	22	1,88	2,02	3,8	4,7	1,9	1,1
4	19	1,85	2,04	3,4	4,5	2,1	0,83

Висновки: 1. Застосування в АД ЛМОР, замість ЛАОР, відповідає вимогам загальносвітової політики енергоресурсозберігання: ККД двигунів збільшується на 3-5%. Враховуючи наростаюче поширення для керованого електроприводу АД, заміна алюмінієвої обмотки ротора на мідну є суттєвим кроком у забезпеченні техніко-економічної рентабельності виробництва.

2. Для забезпечення достатніх пускових характеристик АД з мідною обмоткою ротора на рівні таких же показників, які були у АД з алюмінієвою кліткою, достатньо і можливо поглибити паз ротора в середньому на 15%, що призведе до посилення впливу скін-ефекту.

Список літератури:

1. *Шевченко В.В., Шевченко С.Е.* Определение параметров выбора типа электрогенератора для ветроэнергетических установок Украины // Збірник наукових праць. Інститут проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова. – Киев. – 2004. - Вип. 25. - С. 286-292.

2. *Горюшкин Н.И., Шевченко В.В.* Усовершенствование генерирующих элементов электроэнергетических систем //5-а щорічна міжвузівська НТК викладачів, молодих вчених та студентів «Енерго- та ресурсозберігаючі технології при експлуатації машин та устаткування», 11-12 грудня 2013 р., Донецький інститут залізничного транспорту. – С. 54–56.

УДК 620.92

РОЗВИТОК ВІТРОЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ

***А.М. ГРЕЗЕНТАЛЬ*[1], *С.Ф.АРТЮХ*[2]**

[1] *магістрант кафедри електричні станції, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2] *професор кафедри електричні станції, д-р техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
**email: starkg@ukr.net*

Вітроенергетика – галузь науки і техніки, в рамках якої розробляються теоретичні основи, методи і засоби використання енергії вітру для отримання механічної, електричної та теплової енергії, визначаються напрями і масштаби доцільного використання вітрової енергії в народному господарстві. Вітроенергетика складається з двох основних частин: вітротехніки, що розробляє теоретичні основи і практичні прийоми проектування технічних засобів (агрегатів і установок), і вітровикористання, що включає вирішення теоретичних і практичних питань оптимального використання енергії вітру, раціональної експлуатації установок і їх техніко-економічних показників, а також узагальнення досвіду практичного застосування вітроенергетичних установок (ВЕУ).

Вітроенергетика спирається на результати досліджень у галузі аерології, на базі яких розробляється вітроенергетичний кадастр – система обліку (база даних) вітроенергетичних ресурсів, що є сукупністю об’єктивних і необхідних відомостей, які характеризують режими швидкостей вітру в тій або іншій місцевості. При використанні даних вітроенергетичного кадастру певної місцевості можна оцінювати можливу продуктивність та режими роботи вітроенергетичного обладнання. За даними вітроенергетичного кадастру не тільки виявляють райони зі сприятливим вітровим режимом, але й встановлюють види робіт, де застосування вітрової енергії є доцільним і економічно вигідним у порівнянні з іншими енергетичними джерелами.

В залежності від номінальної потужності вітроустановки можуть використовуватись як:

– основне джерело енергопостачання (при повному автономному енергозабезпеченні об'єкта);

– джерело резервного живлення (аварійне або безперебійне енергозабезпечення об’єкта);

– джерело для мережевого, комерційного вироблення електроенергії, з метою продажу по «зеленому тарифу».

Одним із основних факторів, який визначає доцільність впровадження вітроенергетичного обладнання в певній місцевості, є рівень питомої потужності вітрового потоку (це потужність, віднесена до 1 м^2 площі, перпендикулярної напряму вітру), Вт/м^2:

$$N = \frac{1}{2\rho V^3}, \quad (1)$$

де ρ – густина набігаючого повітряного потоку, кг/м^3;

V – швидкість набігаючого повітряного потоку, м/с.

Самою важливою складовою, яка визначає потужність вітрової енергії, є швидкість вітру, на яку в першу чергу і орієнтуються при виборі та впровадженні вітроенергетичного обладнання.

Вітер на різних висотах в атмосфері Землі для кожної точки її поверхні характеризується швидкістю, яка є випадковою змінною в просторі й часі, що залежить від багатьох факторів: особливостей місцевості, сезону року, погодних умов. Відповідно всі процеси, прямо пов’язані з використанням поточного значення швидкості вітру, зокрема генерації електроенергії у ВЕУ. Процеси мають складний випадковий характер, їх характеристики мають статистичні розбіжності і невизначеність середніх очікуваних значень. Тому у деякому наближені можна вважати процес стаціонарний у всьому розглянутому часі, наприклад протягом року.

Україна має потужні ресурси вітрової енергії. За оцінками міжнародної програми INFORSE, в Україні можливо побудувати вітрові електричні станції загальною потужністю 24 ГВт.

В більшості регіонів України середньорічна швидкість вітру 4,5 м/с. Особливо високий енергетичний потенціал вітрового потоку в Карпатах та на узбережжях Чорного і Азовського морів, де середньорічна швидкість вітру на висоті 10 метрів становить 5 м/с і більше. В таких умовах використання ВЕУ економічно виправдано. Раціональним кроком при створенні вітростанції для повного автономного енергозабезпечення об'єкта є використання додаткових сонячних модулів для збільшення вироблення енергії в безвітряні місяці. Підбір комплектації вітрової електростанції вимагає попереднього аналізу вимог до енергокомплексу та ретельного вибору місця встановлення вітрогенератора.

При установці нових вітроагрегатів, в першу чергу необхідно враховувати добові графіки навантаження. Так як в нічний період навантаження на мережу менше, то роботу вітроустановок можна оптимізувати, встановивши акумуляторні батареї, які будуть віддавати акумульовану енергію в піковий період. Річний техніко-досяжний енергетичний потенціал енергії вітру в Україні є еквівалентним 28 млн т. у.п., його використання дозволяє заощадити біля 24 млрд м^3 природнього газу.

Екологічні переваги вітроенергетичних установок є безумовними – вітроенергетичні установки при вироблені електричної енергії не загрязняють ні повітря, ні воду, ні землю і не виробляють шкідливих відходів. Проведений аналіз довів доцільність побудови нових вітроелектростанцій на півдні України та в Карпатах. Розвиток екологічно чистої вітрової енергетики дозволить значно зменшити шкідливий вплив на довкілля.

Список літератури:

1. *Кудря. С .О.* Нетрадиційні та відновлювальні джерела енергії/ *С. О. Кудря* // НТУУ «КПІ». – 2012. –С. 55.

2. *Півняк Г.* Основи вітроенергетики: підручник/ *Г. Півняк, Ф. Шкрабель, Н. Нойбергер Д. Ципленко* // НГУ. – 2015. –С. 24.

УДК 621.313.2

АНАЛІЗ ШЛЯХІВ ПОКРАЩЕННЯ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ДВИГУНА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ 2П2К

***Д.О. ГРИНЬ*[1*], *В.П. ШАЙДА*[2]**

[1] *магістрант кафедри електричні машини, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2] *доцент кафедри електричні машини, канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[*]*email: grin-1994@mail.ru*

Двигун постійного струму знайшов широке застосування в різних сферах промисловості та сільського господарства. Починаючи від використання його в якості тягового приводу, що застосовується для рухомого складу залізниці, та закінчуючи приводами прокатних станів або підйомних механізмів [1].

Позитивні особливості двигуна:

– широкий діапазон регулювання швидкості обертання;

– високий пусковий момент та перевантажувальна здатність.

Негативні особливості:

– складність виготовлення і висока вартість;

– необхідність постійного технічного обслуговування в процесі експлуатації [1].

Одним із ведучих підприємств в Україні з виробництва двигунів постійного струму являється ПАТ «Електромашина», яке знаходиться в місті Харків. Щомісячний випуск цього підприємства складає 200 машин постійного струму. Левову частку цих двигунів складають двигуни, що призначені для допоміжного обладнання локомотивів, тобто для рухомого складу залізниці. Наявні двигуни, що виготовляються, були розраховані та спроектовані по інженерним методикам 80-х років XX сторіччя. Такі методики характеризуються присутністю значних припущень та мають суттєві вади, які компенсувалися шляхом введення додаткових коефіцієнтів запасу. Тому можна вважати, що в цих двигунах є достатній запас для удосконалення та покращення їх конструкції за допомогою сучасних систем моделювання та розрахунку електромагнітних систем.

Покращення характеристик та зменшення собівартості виробництва двигунів є найбільш перспективним і актуальним напрямком розвитку електромашинобудування.

Раніше при проектуванні електродвигунів інженери закладали великі запаси, наприклад матеріалу деяких ланок магнітного кола, що призводило до недовикористання матеріального потенціалу електромагнітної системи.

Сучасні тенденції навпаки спрямовані на збільшення використання матеріалів в електричних машинах, що має, перш за все, економічний сенс в умовах жорсткої конкуренції на ринку за найменшу собівартість виробництва. Зменшення собівартості надасть змогу вітчизняним підприємствам залишитися на ринку електромашинобудування.

Планується моделювання одного з двигунів постійного струму, що випускається ПАТ «Електромашина», за допомогою пакету Ansys RMxpert. Модуль Ansys RMxpert використовує стандартну аналітичну теорію і метод еквівалентного магнітного ланцюга для розрахунку робочих характеристик двигуна. Модуль Optimetrics дає змогу виконати параметричний, оптимізаційний та статичний аналіз, для покращення параметрів машини.

Польовий розрахунок та подальша оптимізація конструкції буде виконана в програмному пакеті Ansys Maxwell 16.2, з імпортованої моделі RMxpert, що дозволить виконати більш точний розрахунок, за допомогою методу кінцевих елементів, ніж це дозволяють зробити методики на основі закону Ома для магнітного кола. Побудова картини розподілення магнітної індукції в ланках магнітного кола, дасть змогу виявити місця, що мають недостатньо магнітне навантаження. Такі місця можна зменшити при умові, що ці зміни не вплинуть на показники та параметри самого двигуна постійного струму.

Для даного дослідження обрано двигун 2П2К, тому що на цей двигун припадає значна частка щомісячного випуску ПАТ «Електромашина».

Електродвигун 2П2К, призначений для приводу компресора тепловоза, представляє собою чотирьохполюсну електричну машину постійного струму змішаного збудження. Та має такі номінальні параметри: потужність 37 кВт; напруга 110 В; сила струму 400 А; частота обертання 1450 об/хв; ККД 86%.

Рис. 1 – Загальний вигляд двигуна 2П2К

Рис. 2 – Табличка з номінальними параметрами двигуна 2П2К

Список літератури:

1. *Гольдберг, О. Д.* Єлектромеханика/ *С. П. Хелемська* // «Академия». – 2007. – №6 – С. 286-287.

2. *Заблодський М.М.* САПР електромеханічних пристроїв: навчальний посібник / *М.М. Заблодський, В.Є. Плюгін, К. Бур*. – Алчевськ, Ладо, 2013. – Ч. 2. – 320 с.

УДК 621.313.17

ПОЛОЖЕНИЕ РОТОРА В ДВИГАТЕЛЕ С КАТЯЩИМСЯ РОТОРОМ В РЕЖИМЕ ХОЛОСТОГО ХОДА И В РЕЖИМЕ НАГРУЗКИ

***А.О. ДЕРЕВИЧ*[1*], *А.М. МАСЛЕННИКОВ*[2]**

[1] *магистрант кафедры электрических машин, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[2] *доцент кафедры электрических машин, канд. техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[*] *email: x-maslennikov@yandex.ua*

Электромеханическое преобразование энергии в двигателе с катящимся ротором (ДКР) происходит путем создания силы одностороннего магнитного притяжения (СОМП) и перемещением ротора при непосредственном механическом контакте с поверхностью статора. Ротор такого двигателя не имеет обмотки и расположен эксцентрично, а точка контакта движется с той же частотой, что магнитное поле статора [1]. В этом случае поворот вала двигателя осуществляется гораздо медленнее и зависит от разницы диаметров статора и ротора. Существование этого эффекта называется коэффициентом редукции [2]. Для точного позиционирования вала двигателя необходимо знать не только зависимости частот вращения вала двигателя от частоты питающей сети, но и положение точек равновесия ротора на окружности статора.

В режиме холостого хода положение точек равновесия ротора определяется дискретностью перемещения СОМП. В связи с тем, что СОМП гораздо больше массы ротора, то положение ротора предопределено количеством включенных и коммутируемых катушек статора.

В режиме нагрузки на ротор начинает действовать момент сопротивления, направленный встречно создаваемому моменту вращения двигателя. Момент вращения создается ротором под действием СОМП. К ротору также приложен и момент сопротивления, который можно разложить на проекции сил, направленные в противоположную сторону проекциям СОМП, то результирующий вектор СОМП в режиме холостого хода и в режиме нагрузки будет иметь различное пространственное положение. Поэтому в режиме нагрузки положение точек равновесия ротора не совпадает с их положением в режиме холостого хода.

Экспериментальное исследование режима холостого хода и режима номинальной нагрузки продемонстрировали равномерное перемещение ротора между точками равновесия. В режиме нагрузки ротор занимал положение на 12º меньшее, чем при холостом ходе.

Список літератури:

1. *Борзяк*, Ю.Г. Электродвигатели с катящимся ротором/ Ю.Г. Борзяк, М.А. Зайков, В.П. Наний // К.: Техніка. – 1982. – 120 с.

2. *Бертинов,* А.И. Электрические машины с катящимся ротором/ А.И. Бертинов, В.В. Варлей // М.: Энергия. – 1969. – 200 с.

УДК 62-83

СИНТЕЗ УПРАВЛЯЮЩИХ СТРУКТУР УПРУГОГО ДВУХМАССОВОГО ПОЗИЦИОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА СКОРОСТНОГО ЛИФТА

***М.А. ДЫННИК*[1*], *Л.В. АКИМОВ*[2]**

[1] *магистрант кафедры автоматизированные электромеханические системы, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[2] *профессор кафедры автоматизированные электромеханические системы, д-р техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[*] *email: 0IvIG@mail.ru*

Сложившиеся экономические условия требуют значительного повышения работоспособности и эффективности использования электроприводов (ЭП) во всех сферах его применения. На лифтах, в большинстве случав, используются нерегулируемые ЭП с этажностью от 20 до 40 остановок. Внедрение частотно-регулируемого ЭП позволит повысить экономию электроэнергии и повысить комфортабельность пользования лифтом.

Целью данной работы, является разработка и исследование управляющих структур частотно-регулируемого ЭП скоростного лифта для зданий повышенной этажности, количество этажей которых не менее 20, с учетом влияния упругости каната на характер переходных процессов.

Представленная на рис.1 схема имеет два канала: канал регулирования момента, в котором контур регулирования составляющей тока статора подчинен контуру регулирования скорости и канал регулирования потокосцепления ротора, в котором контур регулирования реактивной составляющей тока статора подчинен контуру регулирования потокосцепления. На схеме обозначено: ДП-датчик потокосцепления; ДТ-датчик тока; ДН-датчик напряжения; АД-асинхронный двигатель; ПЧ-преобразователь частоты; ДС-датчик скорости; П-РС-пропорциональный регулятор скорости; ПИ-РТ-пропорционально-интегральный регулятор тока; ЗИ-задатчик интенсивности. Для придания системе требуемых динамических качеств в работе синтезированы регуляторы как в канале регулирования (стабилизации) потока, так и в канале регулирования скорости.

Синтез управляющих структур ЭП выполнена с помощью, разработанной в пакете *Simulink* программы *MATLAB*. Моделирование выполнено для асинхронного ЭП мощностью 15 кВт, напряжением 380В и током 29.5 А.

Выбранный преобразователь частоты представляет собой автономный инвертор напряжения (АИН) и содержит емкость в звене постоянного тока (силовой фильтр). В АИН имеет место однозначная зависимость напряжения в звене постоянного тока от напряжения на нагрузке, и поэтому он является источником напряжения.

В качестве регулирования скорости был выбран П-РС, а в канале регулирования потока – ПИ-РП.

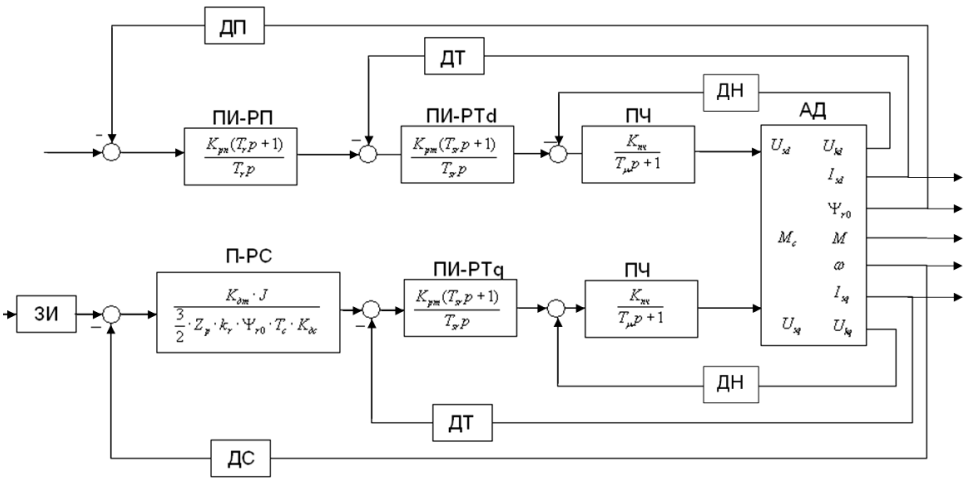


Рис. 1 – Структурная схема частотно-регулируемого ЭП

На рис.2 показан переходной процесс разгона частотно-регулируемого ЭП с набросом нагрузки во время разгона. При анализе данного графика можно сделать вывод, что при приложении нагрузки во время разгона координаты ЭП выходят на свои номинальные значения. Время разгона не зависит от изменения нагрузки, так как ЗИ регламентирует темп разгона с заданным ускорением.

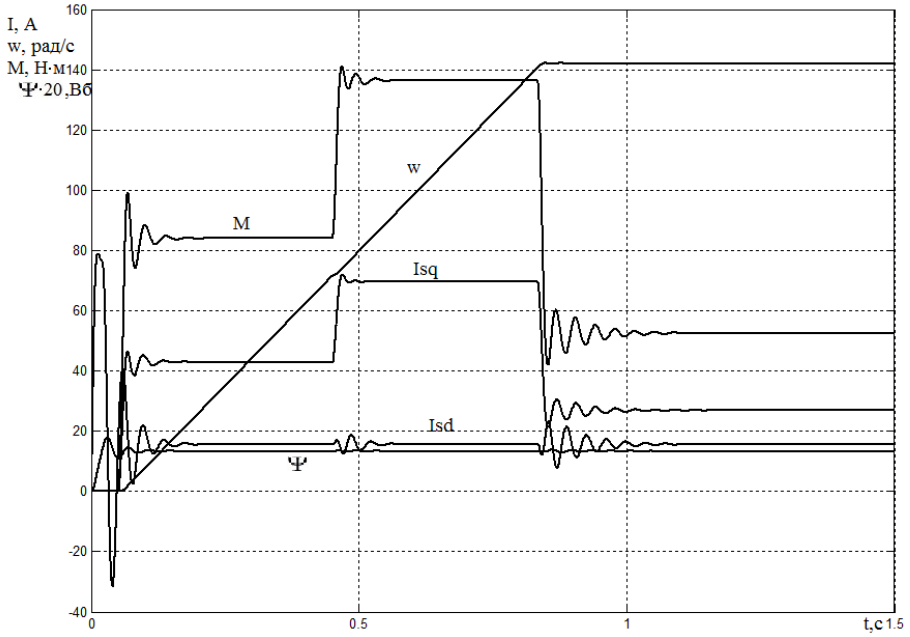


Рис. 2 – Разгон ЭП с набросом нагрузки во время разгона

Полученные результаты показывают эффективность разработанного ЭП. Его применение повышает диапазон регулирования скорости, точность и плавность пуско-тормозных режимов лифта и экономию электроэнергии.

Список литературы:

1. *Дранников В.Г., Звягин И.Е.* Автоматизированный электропривод подъемно-транспортных машин. – М.:Вш., 1973. -278 с.

2. *Акимов Л.В., Анищенко Н.В., Литвиненко Д.Г., Обруч И.В.* Исследование системы векторного управления частотно-регулируемого АД. – Х.: изд.учеб. НТУ«ХПИ», 2011.-60с.

УДК 621.313

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ РАСЧЕТЫ В ПРОГРАММНОЙ СРЕДЕ FEMM ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПАРАМЕТРОВ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Р.А. ЕЛАГИН[1], Д.А. ПЕДОРИЧ[1], В.И. МИЛЫХ[2*]

[1] магистрант кафедры электрических машин, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА
[2] зав. кафедрой электрических машин, д-р техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА
[*]email:mvikpi@kpi.kharkov.ua

Введение. С развитием компьютерной техники и численных методов расчета магнитных полей (МП) в систему исследования и проектирования электрических машин (ЭМ) все больше внедряются расчеты их электромагнитных параметров (ЭМП) на такой основе [1]. При этом обширная теория ЭМ с множеством формул, созданных для их отдельных их типов, сводятся к нескольким базовым выражениям. Остается квалифицированно задать исходные данные об ЭМ, «извлечь» ЭМП из результатов численного расчета МП и осознанно использовать полученные результаты.

При расчете двухмерных МП в активной части ЭМ и, в том числе, асинхронных электродвигателей (АД) [2], широко применяется программный пакет FEMM [3], основанный на методе конечных элементов. Этот программный пакет привлекателен относительной простотой, общедоступностью и эффективностью.

Основные затраты времени расчетчики несут при формировании графических и физических моделей ЭМ и преобразовании результатов расчетов в форму, пригодную для дальнейшего использования.

Целью работы является представление того, как часть этой проблемы можно преодолеть посредством автоматизации управления процессом расчета МП в среде FEMM и последующего извлечения электромагнитных параметров, трехфазного АД.

Материалы исследования. Возможности для решения указанной проблемы пользователям программы FEMM дает интегрированный в нее алгоритмический язык Lua [3]. И задача теперь заключается в написании комплекса управляющих программ – скриптов. Эта задача является весьма сложной, так как требует знаний в областях ЭМ, программирования и теории МП. Но ее решение оправдано и окупаемо, так как программа пишется один раз, а применяется бесчисленное число раз и любым числом пользователей.

Скрипты и файлы исходных данных о рассчитываемых объектах пишутся в простых текстовых редакторах, например, Блокнот. Основой скриптов для автоматизированных расчетов в среде FEMM являются команды и процедуры оперирования с геометрическими, токовыми, магнитными и полевыми параметрами рассчитываемых ЭМ или других устройств. Сложные геометрические формы ЭМ складываются из элементарных объектов: точка,

отрезок, дуга и метка блока, при этом разные элементы можно объединять в группы и оперировать одновременно с пронумерованной группой объектов.

Язык Lua позволяет создавать массивы, циклы, процедуры и функции, условные операторы, выполнять вычисления по математическим формулам, стандартным и авторским функциям, устанавливает тип данных.

Для обеспечения высокой эффективности численных расчетов МП и ЭМП АД с помощью программы FEMM в данной работе представляется скрипт Lua, который создан по аналогии со скриптами для турбогенератора [4, 5]. Скрипты позволяют многократно повысить производительность расчетчиков и при этом еще обеспечить возможность получения таких параметров и характеристик ЭМ, которые практически невозможно получить в «ручном» режиме работы с программой FEMM. Одним из требований к таким скриптам является их универсальность с точки зрения возможного варьирования геометрией и размерами проектируемых ЭМ при минимуме вводимой исходной информации в числовой форме и в виде строковых данных.

Предполагается, что расчетные геометрическая и физическая модели АД уже создана «вручную» или автоматизированным построением посредством скрипта Lua, аналогичного представленному для турбогенератора [4]. Созданный новый скрипт для АД обеспечивает программный ввод необходимых для расчета МП его параметров и управляет последующим численным расчетом этого поля в среде FEMM.

После расчета магнитного поля обеспечивается программное определение и вывод в текстовый файл целого ряда ЭМП АД, а именно: распределение магнитной индукции, магнитные потоки в заданных местах, магнитные потокосцепления и индуктивные параметры обмоток, силы, действующие на токонесущие и ферромагнитные элементы конструкции, электромагнитный момент, ЭДС в обмотке статора и их гармонический состав и т.д.

Выводы. Созданный скрипт показал высокую эффективность для обеспечения численных расчетов МП и ЭМП асинхронных двигателей и рекомендуется для распространения на другие типы ЭМ при соответствующей доработке и модификации.

Список литературы:

1. *Милых В.И.* Определение электромагнитных параметров электрических машин на основе численных расчетов магнитных полей / *В.И. Милых, Н.В. Полякова* // Електротехніка і електромеханіка. – 2006.– №2. – С.40-46.

2. *Meeker D.* Finite Element Method Magnetics. FEMM 4.2 32 bit 11 Oct 2010 Self-Installing Executable. / *D. Meeker* // Режим доступа: http://www.femm.info/wiki/OldVersions.

3. *Милых В.И.* Анализ магнитного поля асинхронного двигателя в различных режимах работы с использованием метода конечных элементов / *В.И. Милых, Е.А. Сидоренко, Л.В. Шилкова* // Вестник НТУ «ХПИ». – Х: НТУ «ХПИ». – 2007. – №24. – С.54-61.

4. *Милых В.И.* Автоматизированное формирование расчетных моделей турбогенераторов для программной среды FEMM / *В.И. Милых, Н.В. Полякова* // Електротехніка і електромеханіка. – 2015. – № 4. – С. 7-14.

5. *Милых В.И* Автоматизированные расчеты в программной среде FEMM динамики электромагнитных процессов турбогенераторов / *В.И. Милых, Н.В. Полякова* // Електротехніка і електромеханіка.– 2015.– № 6.– С.14-20.

УДК 62-529

ДОСЛІДЖЕННЯ МІКРОПРОЦЕСОРНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТРЬОХФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ДВИГУНА

І.О. ЗГОННИК [1*], ***М.О. ТИМЧЕНКО*** [2]

[1] *магістрант кафедри промислової та біомедичної електроніки, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*

[2] *доцент кафедри промислової та біомедичної електроніки, канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*

[*] *email: sgonalex@gmail.com*

В настоящее время многие достижения в области науки и техники обусловлены развитием электроники. Одним из важных направлений, в котором развивается технический прогресс, является разработка новых энергосберегающих систем управления и модернизация в этом аспекте существующих объектов промышленности для повышения электромагнитной совместимости потребителей. В настоящее время, в связи с постоянным удорожанием энергетических ресурсов, это особенно актуально.

В рамках дипломной работы магистра разработана энергосберегающая система управления трехфазным асинхронным двигателем на основе микроконтроллера.

Микропроцессорная система управления предназначена для управления по энергосберегающему закону частотой вращения трехфазного асинхронного двигателя транспортера. Система управления включает в себя микропроцессорный управляющий блок с вычисляемыми параметрами импульсов управления IGBT-транзисторов инвертора напряжения для управления асинхронным двигателем.

Система управления должна выполнять следующие функции: функционирование при заданных перегрузках; считывание информации с встроенных датчиков асинхронного двигателя; индикацию текущей частоты оборотов вала двигателя.

В соответствии с техническим заданием, разработана структурная и функциональные схемы микропроцессорной системы, включающие в себя блоки, необходимые для поддержания требуемых выходных параметров.

Блок ввода и отображения информации. Блок обработки и выдачи данных, отвечает за получение информации о задании скорости и сигнала обратной связи от датчика и формировании алгоритма управление. Блок цифро-аналогового преобразователя, для передачи цифрового сигнала от микропроцессора на блок аналоговых регуляторов. Блок защиты от сбоев.

Создана MATLAB-модель для сравнения эффективности скалярного или векторного способов управления асинхронным двигателем.

УДК 621.313.12

ПОРІВНЯННЯ АЕРОДИНАМІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК ПОТУЖНІСТЮ ДО 20 КВТ З ГЕНЕРАТОРАМИ З МАГНІТОЕЛЕКТРИЧНИМ ЗБУДЖЕННЯМ

***Є.О. ЗУБАНЬ*[1*], *В.В. ШЕВЧЕНКО*[2]**

[1] *магістрант кафедри електричних машин, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2] *професор кафедри електричних машин, канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[*] *email: don_zub@ukr.net*

Останні 40-50 років безперервно зростає інтерес до відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) і, насамперед, до вітроенергетики, яка є найбільш перспективним напрямком для України, [1]. В Україні вітроенергетика може стати економічно рентабельною за рахунок зниження питомих капітальних витрат на будівництво вітроенергетичних установок (ВЕУ) і правильного вибору комплектуючих елементів. Багато робіт присвячено цьому питанню, але немає конкретних рекомендацій щодо вибору електрогенератора для ВЕУ з урахуванням його потужності. Вибір конструкцій ВЕУ виконується за умовою підвищення ККД, зниження порогу мінімально допустимої швидкості вітру і, відповідно, розширення території можливого використання.

Основна перевага вітроенергетики - можливість створення генеруючих електроустановок в безпосередній близькості до споживача. Мала вітроенергетика не вимагає великих територій і локальні ВЕУ можуть бути встановлені скрізь, де середньорічна швидкість вітру не менше 4 - 5 м/с, [2]. В даний час вартість одного кіловата встановленої потужності ВЕУ становить близько 1100-1200 дол. Тому при створенні нових типів ВЕУ слід ставити завдання зниження вартості до 900-1000 дол/кВт, що може бути досягнуто правильним вибором генератора, [2].

ВЕУ перетворюють кінетичну енергію вітру в електричну за допомогою генератора при обертанні ротора. Лопаті ВЕУ використовуються подібно пропелеру літака для обертання центральної маточини, приєднаної через коробку передач до електричного генератору. Існують два основних типи сучасних ВЕУ (рис. 1): ВЕУ з горизонтальною віссю обертання, що мають дві або три лопаті, встановлені на вершині вежі; ВЕУ з вертикальною віссю обертання. У турбін з вертикальною віссю обертання (*H*-образні) провідний вал ротора розташований вертикально. Лопаті такої турбіни - довгі, зазвичай дугоподібні. У світі існує всього лише кілька виробників таких ВЕУ, найбільш відомий з них - компанія «*Flowind*». Завдяки вертикальному розташуванню ведучого вала ротора, *H*-подібної турбіни, на відміну від турбін з горизонтальною віссю обертання, «захоплюють» вітер, що дме в будь-якому напрямку, і для цього їм не потрібно міняти положення ротора при зміні

напрямку вітрових потоків. Автором ідеї створення турбіни з вертикальною віссю обертання є французький інженер Дарріус (Darieus), рис. 2.

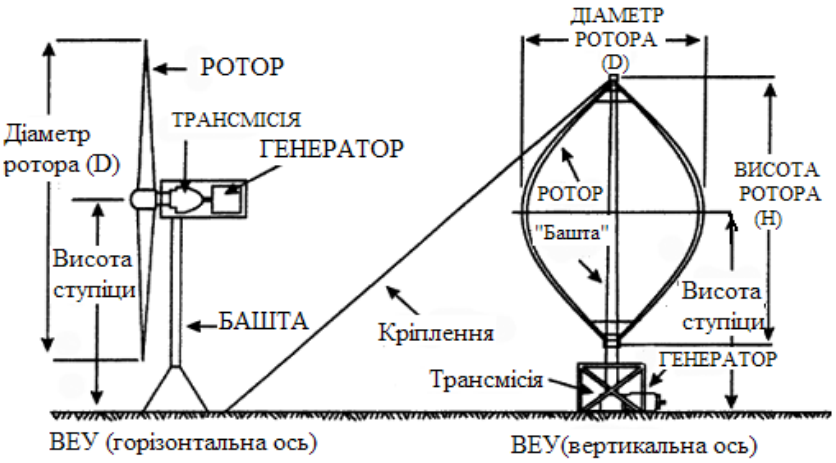


Рис. 1 – Основні компоненти ВЕУ з горизонтальною і з вертикальною осями

Рис. 2 – ВЕУ Дарріуса

Для індивідуальних споживачів потужність ВЕУ змінюється від 5 до 20 кВт. І, як показали дослідження, [2], найбільш рентабельне використання синхронних генераторів з постійними магнітами (СГПМ). Достоїнствами роторів з постійним магнітом є простота і технологічність. У них при стабілізації магніту у вільному стані форму кривої ЕДС близька до синусоїдальної. Недоліком роторів з монолітним циліндричним магнітом є низьке використання обсягу магніту внаслідокневеликої довжини полюса, а також те, що при великих частотах обертання на магніти треба запресовувати немагнітний бандаж.

Краще використання об’єму магніту у зіркоподібного ротора. Однак, унаслідок малої проникності магніту і наявності значних потоків розсіювання між полюсами, промагничування спинки магніту викликає певні труднощі. При перевантаженнях генератора поперечна реакція якоря викликає несиметричне перемагнічування країв полюсів, що спотворює форму поля в робочому зазорі і форму кривої ЕРС.

Висновки: Потужність СГПМ можна значно підвищити, якщо застосувати модульний принцип розташування на валу кілька магнітів з кігтеподібними полюсами. При виборі генератора для ВЕУ потужністю до (5 – 20) кВт використовують 2 типи компонування ротора: з радіальним і тангенціальним намагнічуванням постійних магнітів. Порівняльні розрахунки показали, [1], що перевагу варто віддати другому варіанту з традиційною пазовою структурою статора і масивних полюсів на роторі.

Список літератури:

1. *Шевченко В.В., Кныш С.Ю., Заныхайло Е.А.* Економічне порівняння вітроенергетичних установок з різними типами електричних генераторів змінного струму // Системи обробки інформації. – Харків: ХУПС. - 2011. - № 4 (94). - С. 94 – 98.

2. *Шевченко В.В., Наний В.В., Горюшкин Н.И.* Предложения по выбору типа электрического генератора для малых ВЭУ // Электрика (Москва). – 2015. - № 2. – С. 26-31.

УДК 621.355.2

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КИСЛОТНЫХ АККУМУЛЯТОРОВ

***А.С. ИВАХНЕНКО*[1], *Д.С. КРЫЛОВ*[2]**

[1] *магистрант кафедры промышленной и биомедицинской электроники, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[2] *доцент кафедры промышленной и биомедицинской электроники, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[*] *email:Gilgamesh256@gmail.com*

Примерно 60 % всех продаваемых в мире аккумуляторов относятся к свинцово-кислотным [1]. Сфера применения свинцовых аккумуляторов предполагает питание самого разного оборудования: электрокаров, подводных лодок, системы стационарного питания. Роль стационарных батарей состоит в обеспечении бесперебойного питания потребителей. Аккумуляторы созданы на базе нескольких технологий: свинцовые негерметизированные, свинцовые герметизированные с гелеобразным электролитом, свинцовые герметизированные с электролитом, абсорбированным сепаратором из микроволокна.

Аккумуляторные батареи (АБ) являются резервным источником [1] постоянного оперативного тока. В аварийных режимах АБ должны обеспечить работу оборудования в течение заданого времени необходимым уровнем напряжения. В качестве постоянно несущих нагрузку источников постоянного оперативного тока применяются выпрямительные устройства заменяемой в случае аварии кислотными аккумуляторами.

Свинцовые АБ можно условно разделить на две области использования: основной источник питания (ИП) и резервный ИП. В связи с этим различаются и возможные методы их заряда: для первого варианта применяются методы заряда при постоянном напряжении заряда и при постоянных значениях напряжения и тока заряда [2], а для второго - метод двухступенчатого заряда при постоянном напряжении заряда и метод компенсирующего заряда.

Целью данного доклада является определение оптимального алгоритма заряда кислотной аккумуляторной батареи используемых в устройствах резервного аварийного питания щитов постоянного тока (ЩПТ) электрических подстанций.

Список литературы:

1. *Taku Oshima, Masaharu Kajita, Akiyasu Okuno* "Development of Sodium-Sulfur Batteries" International Journal of Applied Ceramic Technology Volume 1, Pages 269- 276, 2004. doi:10.1111/j.1744-7402.2004.tb00179.

2. *Каменев Ю.Б.* Оценка перспективности свинцово-кислотных аккумуляторов. Сборник научн. Трудов по свинцовым аккумуляторам ЗАО «Электротяга», С.-Пб, Химиздат, 2005, с. 13-62

УДК 62-503.51

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ В СИСТЕМЕ КОРДИНАТ d, q И ЕЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ В ПРОСТРАНСТВЕ СОСТОЯНИЙ

***А.И. КАБЕНЮК*[1*], *Н.В. АНИЩЕНКО*[2]**

[1]*магистрант кафедры АЭМС, НТУ «ХПІ», Харьков, Украина*
[2]*професор кафедры АЭМС, канд. техн. наук, НТУ «ХПІ»,Харьков,Украина*
[*]*email: Kab777Alex@rambler.com*

Современный уровень развития силовой электроники и микропроцессорной техники позволяет создавать асинхронный электропривод с векторным управлением, который по своим регулировочным характеристикам превосходит электропривод с двигателем постоянного тока.

Модель АД в пространстве состояний дает возможность применять современные методы теории автоматического управления, позволяющие получать более надежные и функциональные системы.

Система уравнений (1) описывает АД с короткозамкнутым ротором в системе координат d-q, ориентированной по вектору потокосцепления ротора $\tilde{\Psi}_r$.

$$\begin{cases} U_{sd} = R_{sr} i_{sd} + \sigma L_s \dfrac{di_{sd}}{dt} - \dfrac{k_r}{T_r}\Psi_r - \omega_k \sigma L_s i_{sq}; \\ U_{sq} = R_{sr} i_{sq} + \sigma L_s \dfrac{di_{sd}}{dt} + \omega_k \sigma L_s i_{sd} + Z_p \omega k_r \Psi_r; \\ \dfrac{d\Psi_r}{dt} = \dfrac{L_m}{T_r} i_{sd} - \dfrac{1}{T_r}\Psi_r; \\ \omega_k = \dfrac{L_m i_{sq}}{T_r \Psi_r} + Z_p \omega; \\ J\dfrac{d\omega}{dt} = \dfrac{3}{2} Z_p k_r \Psi_r i_{sq} - M_c. \end{cases} \quad (1)$$

Полученная по этим уравнениям система управления имеет 2 канала d и q. Каналом d регулируется потокосцепление Ψ_r, а каналом q – скорость ротора. Если сделать систему стабилизации потока, которая будет управлять каналом d и поддерживать номинальный поток, то для построения системы управления каналом q система уравнений примет следующий вид:

$$\begin{cases} \dfrac{di_{sq}}{dt} = \dfrac{U_{sq}}{\sigma L_s} - i_{sq}\left(\dfrac{R_{sr}}{\sigma L_s} + \dfrac{k_r R_r^{'}}{L_m}\right) - \omega\left(\dfrac{Z_p k_r \Psi_r}{\sigma L_s} + \dfrac{Z_p \Psi_r}{L_m}\right); \\ \dfrac{d\omega}{dt} = \dfrac{3 Z_p k_r \Psi_r i_{sq}}{2J} - \dfrac{M_c}{J}. \end{cases} \quad (2)$$

Систему уравнений (2) можно записать в пространстве состояний уравнениями (3-6).

$$\dot{x} = Ax + B_1 u + B_2 v$$
$$y = Cx + D_1 u + D_2 v \tag{3}$$

$$x = \begin{bmatrix} \omega \\ i_{sq} \end{bmatrix}; \; u = \begin{bmatrix} U_{sq} \end{bmatrix}; \; v = \begin{bmatrix} M_c \end{bmatrix}; \tag{4}$$

$$A = \begin{bmatrix} 0 & \frac{3Z_p k_r \psi_r}{2J} \\ -\frac{Z_p \psi_r}{L_m} & -\frac{Z_p k_r \psi_r}{\sigma L_s} \quad -\frac{k_r R_r'}{L_m} - \frac{R_{sr}}{\sigma L_s} \end{bmatrix}; \; B_1 = \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{1}{\sigma L_s} \end{bmatrix}; \; B_2 = \begin{bmatrix} \frac{1}{J} \\ 0 \end{bmatrix}; \tag{5}$$

$$C = \begin{bmatrix} 1 & 0 \end{bmatrix}; \; D_1 = 0; \; D_2 = 0; \tag{6}$$

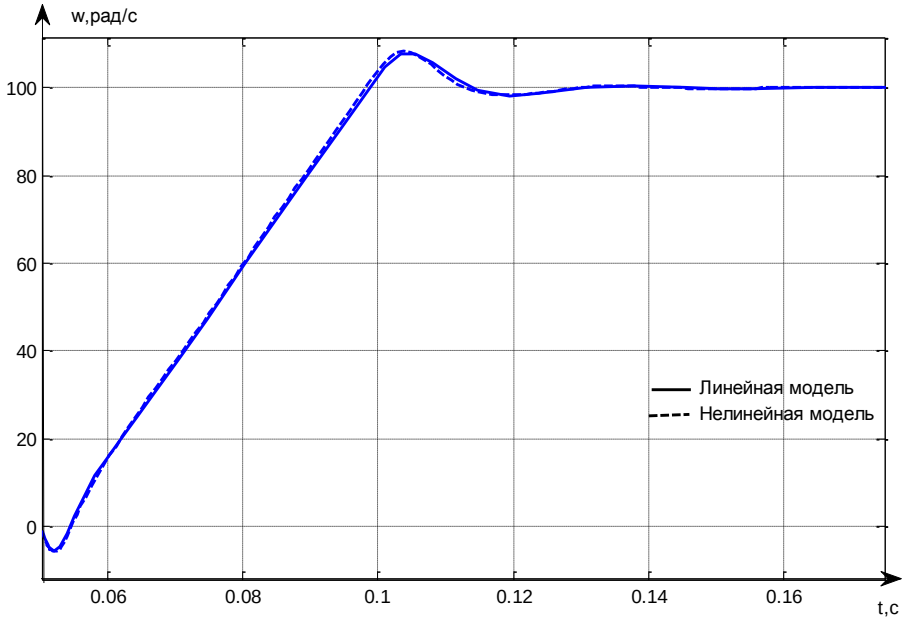


Рис. 1 – Переходной процесс

По уравнениям (3-6) была построена модель объекта. С помощью моделирования были получены графики переходного процесса скорости (рис. 1) исходной модели при номинальном потоке, а также полученной модели в пространстве состояний. Управление проводилось системой подчинённого регулирования при номинальном моменте нагрузки.

Данные уравнения можно использовать для проектирование системы управления канала q, при условии стабилизации Ψ_r системой управления каналом d.

Список литературы:

1. *Акимов Л. В.* Исследование системы векторного управления частотно-регулируемым асинхронным электроприводом/ *Л. В. Акимов, Н. В. Анищенко, Д. Г. Литвиненко, И. В. Обруч* // «Підручник» НТУ “ХПІ”,2011. – С. 60.

УДК 621.317.7.087.6

ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КАНАЛ СИСТЕМЫ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЬЕЗОБИОЭФФЕКТА В КЛЕТОЧНЫХ СТРУКТУРАХ

***Е.Р. КОРНЕЕВА*[1*], *Р.С. ТОМАШЕВСКИЙ*[2]**

[1] *магистрант кафедры «Промышленной и биомедецинской электроники», НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[2] *доцент кафедры «Промышленной и биомедецинской электроники», НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[*] *email: kat.korneeva2011@yandex.ru*

Обнаруженное в 2012 году группой харьковских ученых явление пьезобиоэффекта в перспективе позволяет существенно повысить эффективность диагностики целого ряда патологических процессов в биологических тканях, в том числе и онкологических заболеваний.

Кафедрой промышленной и биомедицинской электроники НТУ «ХПИ» была разработана и реализована система для исследования пьезобиоэффекта в клеточных структурах. Целью данной работы является определение технических характеристик разработанной системы. Структурная схема системы приведена на рис. 1.

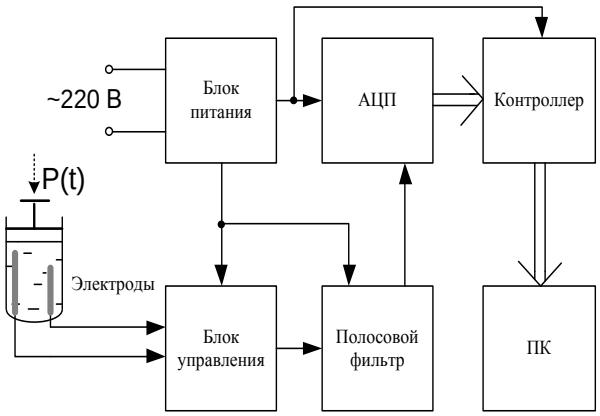


Рис. 1 – Структурная схема системы для исследования вызванных потенциалов

Особенностью разработанной системы является регистрация сигналов с малыми значениями напряжений и сложным гармоническим составом. По результатам исследования схемы было определено, что передаточная характеристика имеет линейный характер, определены значения нижней и верхней частот среза которые составили 0,27 Гц и 190 Гц соответственно. В результате проведенных исследований установлено, что разработанная система может быть использована для исследования пьезосбиоэффекта. На следующем этапе исследования планируется определение пьезоэлектричесих свойств некоторых биологических жидкостей.

Список литературы:

1. Изменения электрических параметров клеточных мембран биологических тканей при механических факторных влияниях / *В. В. Бойко, П. Н. Замятин, В. И. Жуков, П. Ф. Щапов, В. П. Невзоров* // Харківська хірургічна школа. – 2012. – № 5. – С. 9-12.

УДК 621.625.032

АНАЛИЗ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕГО ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО СТЕНДА НА БАЗЕ АСИНХРОННОЙ МАШИНЫ ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

***А.О. КОРОТКОВ*[1*], *Г.И. МЕЛЬНИКОВ*[2]**

[1] *аспирант кафедры «Электрические станции» НТУ «ХПИ» Харьков, УКРАИНА*
[2] *доцент кафедры «Электрические станции» канд. техн. наук. НТУ «ХПИ» Харьков, УКРАИНА*
[*] *email:Aleksandr88_88@bk.ru*

Современные стенды для испытаний двигателей внутреннего сгорания на базе асинхронной машины и инверторов напряжения должен удовлетворять требованиям регламента испытаний, управляемости и энергосбережения. Стенд должен обеспечивать два режима работы: холодную и горячую обкатку. В режиме холодной обкатки коленчатый вал двигателя внутреннего сгорания раскручивают с помощью машины постоянного тока, это нужно для притирки всех движущихся деталей двигателя. В режиме горячей обкатки, подключённая к коленчатому валу асинхронная машина, работает как генератор переменного тока, создающий тормозной момент на валу двигателя внутреннего сгорания. При этом на шинах асинхронной машины, возникает переменное напряжение, которое необходимо преобразовать с помощью инверторов напряжения для дальнейшей передачи в сеть предприятия и повторного использования.

В докладе рассмотрены преимущества и недостатки испытательного стенда на базе асинхронной машины и инверторов напряжения. А также, в пакете MATLAB была создана и промоделирована модель испытательного стенда. Эксперименты, проведенные над моделью, показали, что диапазон частот вращения двигателя внутреннего сгорания, может составлять от 2000 до 5000 об/мин. В ходе моделирования были получены результаты по передаче электроэнергии в сеть предприятия и оценка потерь, возникающих при работе данного стенда. Электрические потери при работе данного стенда составили окало 6%, а механические потери до 10% от приложенной мощности. Таким образом, КПД данной установки составляет окало 84%

Для сравнения эффективности применения различных способов построение испытательных стендов необходимо провести дельнейшее исследование и проанализировать технические характеристики различных стендов.

Список литературы:

1. *Райков И.Я.,* Испытания двигателей внутреннего сгорания */. И.Я. Райков.* // Москва «Высшая школа» 1975 г. С 3-11

2. *Хватов С.В*., Асинхронно-вентильные нагружающие устройства. / *С.В. Хватов, В.Г. Титов.* // Москва. «Энергоатомиздат», 1986 г. -144с

3. *Герман-Галкин С.Г.*, Компьютерное моделирование полупроводниковых систем Matlab 6.0 / *С.Г. Герман Галкин* // Санкт-Петербург «Люмена» 2006 г С 100-150

УДК 621.313

ЧИСЛЕННЫЙ РАСЧЕТ МАГНИТНОГО ПОЛЯ В ЛИНЕЙНОМ ИМПУЛЬСНОМ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕ С ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ КОНСТРУКЦИЕЙ

***О.П. КОШЕВОЙ*[1*], *В.И. МИЛЫХ*[2]**

[1] *магистрант кафедры электрических машин, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[2] *зав. кафедрой электрических машин, д-р техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[*] *email:koshevoyoleg4@gmail.com*

Введение. Линейный импульсный электродвигатель (ЛИЭД) является рабочим органом импульсного электромеханического преобразователя, предназначенного для возбуждения в земной коре сейсмических колебаний при поиске полезных ископаемых. Этот ЛИЭД является короткоходовым и имеет цилиндрическую конструкцию, которая показана на рис.1. Принцип действия ЛИЭД основан на существовании и взаимодействии магнитных полей, что являются основой расчета его электромагнитных и силовых параметров [1, 2].

Целью данной работы является анализ магнитного поля (МП) в ЛИЭД.

Сложность решения этой задачи вызвана очень сильным насыщением магнитопровода ЛИЭД, а также плохо прогнозируемой организацией МП при различных взаимных положениях якоря и реактора в процессе работы. Поэтому анализ МП в ЛИЭД обеспечиваем на основе применения численно-полевого расчета по программе FEMM, для которого упомянутые сложности не проблематичны. Расчетам подвергалась конструкция с такими параметрами: диаметры сердечников внутренний реактора – 288 мм; наружный якоря – 512 мм; зазор – 2; аксиальная длина сердечников – 533 мм; размеры пазов – 55х23 мм^2; ширина зубцов – 29 мм. Данный ЛИЭД рассчитан на импульс силы с максимумом в 1000 кН. Соответственно выявлено [2], что для этого необходимая МДС F_{En}, приходящаяся на паз, должна достигать порядка 100 кА. После расчета МП по известной программе FEMM с указанной МДС F_{En} в таком положении, что зуб реактора находиться напротив паза якоря, как изображено на рис.2 (относительное смещение ζ=0), была определена магнитная индукция в зубцах 2,85..2,97 Тл, в спинках сердечников – 1,9..2,7 Тл и в зазоре – 3,5 Тл. Общее распределение МП в ЛИЭД характеризует рис.3 – это соответствует взаимному положению якоря и реактора, как на рис.2. Характер распределения и величина магнитной индукции в зазоре ЛИЭД существенно зависят от взаимного расположения реактора и якоря. Еще было определено, что МП за пределами сердечников ЛИЭД имеет достаточно большую величину – до 0,5 Тл в отдельных местах на их поверхности.

Особенностью рассмотренного ЛИЭД, определяющей характер и величину МП, его зависимости от взаимного расположения индуктора и реактора, а также от МДС обмоток, является очень сильное насыщение ферромагнитных сердечников. Это можно оценить по рассчитанным магнитным характеристикам, которые представлены на рис. 4. Коэффициент насыщения магнитной системы ЛИЭД меняется в пределах примерно от 3 до 12 в зависимости от положения реактора ζ. Кроме расчетов МП в базовой конструкции (рис. 1), была сделана оценка эффективности сильно насыщенного

ферромагнитного магнитопровода сравнением расчетных данных моделей ЛИЭД с ферромагнитными сердечниками и без них. Выявилось, что среднее значение магнитной индукции в зазоре при отсутствии сердечников на полюсном делении τ_p составляет всего лишь 0,75 Тл, что существенно меньше показанного на рис.3. Это, соответственно, приведет к уменьшению основных магнитных параметров ЛИЭД в 2,2…2,4 раза.

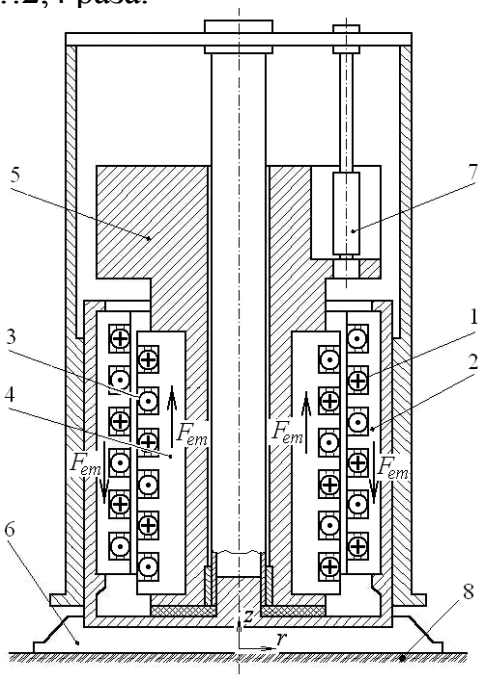


Рис.1 – Устройство линейного электродвигателя:
1 – обмотка якоря; 2 – сердечник якоря; 3 –обмотка реактора; 4 – сердечник реактора; 5 –инертная масса; 6 – опорная плита-конус; 7 – амортизатор; 8 – грунт

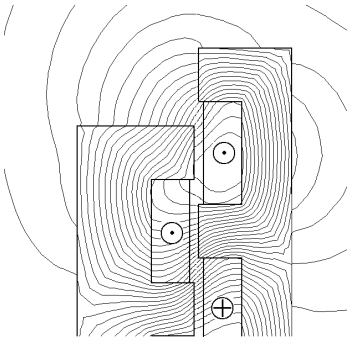


Рис.2 – Фрагмент области расчета с картиной магнитного поля

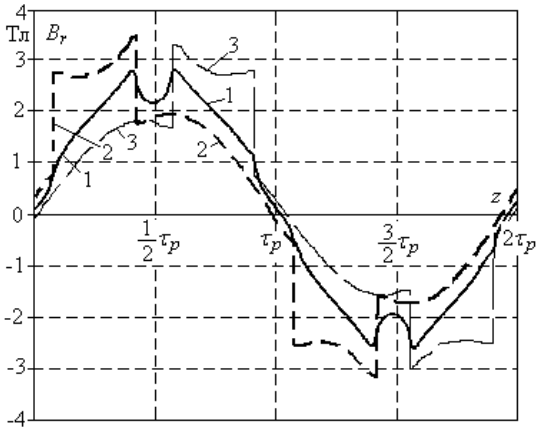


Рис. 3 – Распределение магнитной индукции на средней линии: 1 – зазора, 2 - зубцов реактора и 3 – зубцов якоря на двух полюсных делений

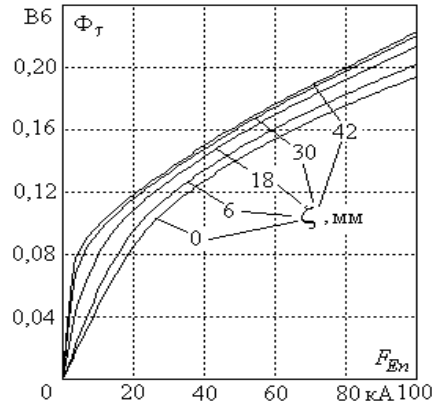


Рис. 4 – Зависимости магнитного потока в зазоре на полюсном делении от МДС F_{En} при разных положениях

Список литературы:

1. *Милых В.И.* Анализ магнитного поля в линейном электродвигателе для источников сейсмических колебаний / *В.И. Милых, С.В. Ткаченко* // Електротехніка і електромеханіка. – Х: НТУ «ХПІ». – 2009. – №2. – С.43-47.

2. *Милых В.И.* Силовые взаимодействия в линейном электродвигателе для источников сейсмических колебаний / *В.И. Милых, С.В. Ткаченко* // Електротехніка і електромеханіка. – Х: НТУ «ХПІ». – 2008. – №6. – С.36-39.

УДК 674-415

МИКРОКОНТРОЛЛЕРНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДВУХКООРДИНАТНЫМ ПРИВОДОМ

***Л.И. КОЧЕРГА*[1*]*, О.В. ЕРЕСЬКО*[2]

[1] *магистрант кафедры промышленной и биомедицинской электроники, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[2] *канд. техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[*] *email:kochergaleonid141111@gmail.com*

Важнейшим резервом роста производительности труда в любой сфере промышленности является снижение трудоемкости механической обработки деталей на станках то есть, на основе применение станков с числовым программным управлением (ЧПУ).

Станки с ЧПУ должны обеспечивать высокие точность и скорость отработки перемещений, заданных управляющей программой, по этому их конструкция должна, как правило, иметь несколько осей движения рабочей головки и обеспечивать совмещение различных видов обработки.

В связи с развитием микропроцессорной техники применяют преобразователи для приводов подачи и главного движения с полным микропроцессорным управлением - цифровые приводы представляют собой электродвигатели, работающие на постоянном или переменном токе с системой отслеживания движения.

В качестве привода используют двигатели, представляющие собой преобразователи синхронные или асинхронные машины. Привод движения подач характеризуется минимально возможными зазорами, малым временем разгона и торможения, небольшими силами трения, уменьшенным нагревом элементов привода, большим диапазоном регулирования.

Управление технологическими циклами практически повсеместно осуществляется с помощью программируемых логических контроллеров, основными задачами которых является позиционирование рабочего инструмента, получения команд высшего уровня (ПК).

Целью данной бакалаврской работы заключалась в разработке системы управления двухкоординатным устройством с помощью микроконтроллера а так же отладка и тестирование как самого станка так и программ.

Список литературы:

1. *Евстифеев А.В.* Микроконтроллеры AVR семейств Tiny и Mega фирмы ATMEL, 5-е изд., стер. — М.: Издательский дом «Додэка-XXI»,2008. — 560 с.

2. *Кацман М. М.* Электрические машины приборных устройств и средств автоматизации: Моск. энерг. ин-т, 2006. – 368 с.

3. *Харченко А.О.* Станки с ЧПУ и оборудование гибких производственных систем: Учебное пособие для студентов вузов. – К.: ИД «Профессионал», 2004. – 304 с.

УДК 621.314

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК Z-ИНВЕРТОРОВ

Н.Н. КРАМАРЕНКО[1*], Г.Г. ЖЕМЕРОВ[2]

[1] магистрант кафедры промышленной и биомедицинской электроники, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА

[2] профессор кафедры промышленной и биомедицинской электроники, д-р техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА

[*]email: nik007.93@yandex.ru

Z-инверторы стали широко распространены в электротехнике и вызвали глубокий интерес исследователей в последние годы, так как они преодолевают ограничения традиционных инверторов [1].

Отличительной особенностью z-инверторов является то, что они могут повысить входное постоянное напряжение без использования повышающего dc-dc преобразователя, следовательно, преодолевается ограничение выходного напряжения традиционных инверторов напряжения.

Z-инвертор был впервые предложен профессором F. Z. Peng в 2002 г. Традиционная схема представлена на рис.1.

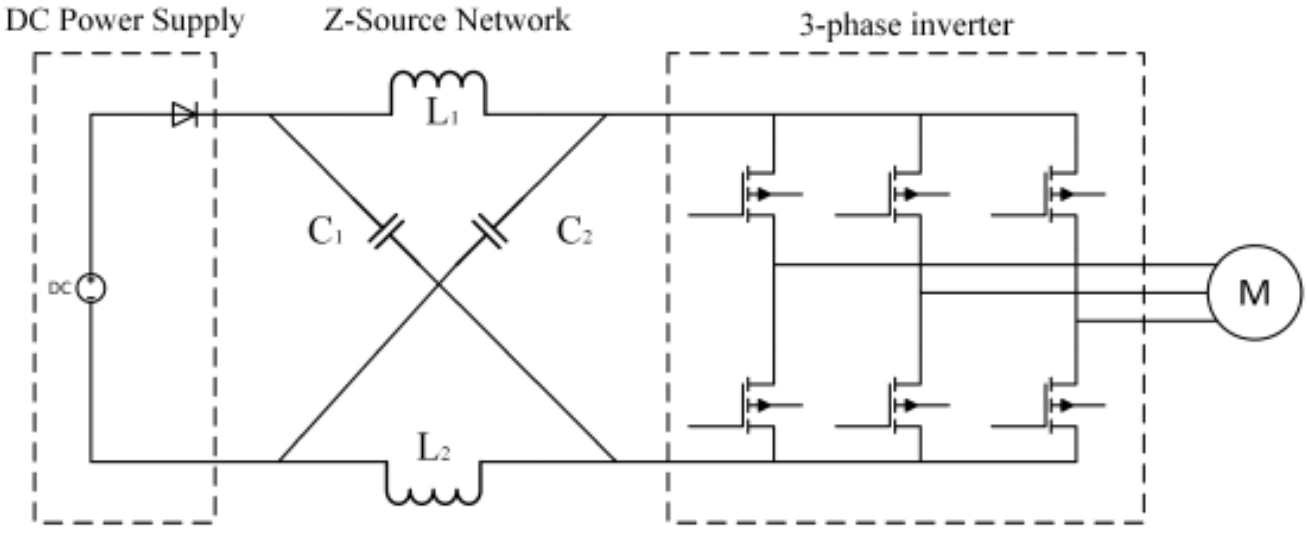


Рис. 1 – Традиционная схема Z-инвертора

В рамках дипломной работы магистра, в пакете Matlab была разработана математическая модель Z-инвертора с векторной системой управления. Она представлена на рис.2.

Модель состоит из 4-х основных блоков, которые включают в себя Z-фильтр, трехфазный автономный инвертор на IGBT транзисторах (блок Universal Bridge), векторную систему управления и виртуальный асинхронный двигатель в нагрузке[2].

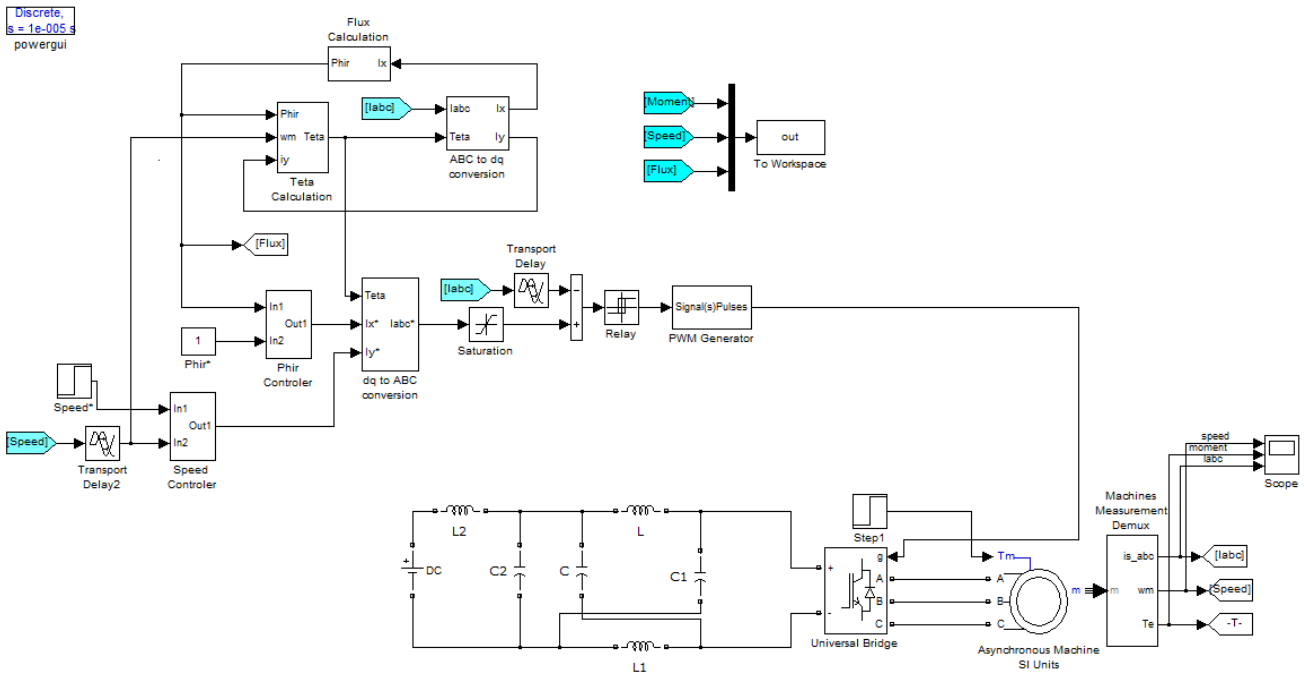


Рис. 2 – Виртуальная частотно-токовая асинхронная система с векторным управлением и Z-фильтром.

В результате проведенных исследований, было обнаружено, что Z-инвертор обладает всеми достоинствами, характерными для инвертора напряжения и инвертора напряжения с повышающим DC/DC преобразователем в звене постоянного тока. При этом решается одна из основных проблем– выход из строя инвертора при кратковременном сквозном включении ключей одной стойки[3].

Базируясь на техническом задании, разработана структурная и функциональные схемы Z-инвертора, включающие в себя блоки, необходимые для поддержания требуемых выходных параметров, создана MATLAB-модель с векторной системой управления для исследования необходимых характеристик.

Список литературы:

1. *S. Thangaprakash, A. Krishnan.* A New Switching Scheme for Z-source Inverter to Minimize Ripples in the Z-source Elements. // International Journal of Automation and Computing, 2012. – С.200.

2. *С.Г.Герман-Галкин*. Matlab & Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК // СПб.:КОРОНА-Век. – 2008. – С.312.

3. *А.С.Хлебников, П.А.Бачурин*. Сравнение двойного Z-инвертора с классическим инвертором для системы электроснабжения самолета. // Техн. Електродинаміка. – 2012. – №2 – С.61.

УДК 621.313.333.2

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ГЕОМЕТРИЧНИХ РОЗМІРІВ ПАЗОВОЇ ЗОНИ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА НА ЙОГО ККД

***Я.Р. КУЛІШ*[1*], *В.П. ШАЙДА*[2]**

[1] *магістрант кафедри електричних машин, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2] *доцент кафедри електричних машин, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[*] *email: yana_kuliw@mail.ru*

Проблема енергозбереження є актуальною для всіх країн світу, включаючи і Україну. Практично в кожній країні розроблені державні програми з енергозбереження. Одним з масових споживачів електроенергії є асинхронний електропривод. За різними даними його процентна частка в масі інших електроприводів становить близько 60 %. На цей час значна частка наукових розробок в електромеханіці направлена на створення енергоефективного асинхронного двигуна (АД) [1]. Тому завдання підвищення ККД АД з метою покращення його енергоефективності є актуальним.

В роботі вирішувалась задача – розрахувати АД загальнопромислового призначення та виконати його оптимізацію з метою підвищення ККД.

Об’єктом розробки є АД з короткозамкненим ротором на такі номінальні дані: потужність 0,37 кВт; лінійна напруга 380 В; синхронна частота обертання 1000 об/хв. Спочатку двигун було спроектовано по стандартній, інженерній методиці. Далі було виконано моделювання спроектованого двигуна у програмі ANSYS/MAXWELL в модулі RMxprt, відповідно методиці наведеній у [2]. Розрахункову модель показано на рисунку 1. Параметри змодельованого двигуна наведено у таблиці 1, та позначені як базовий АД.

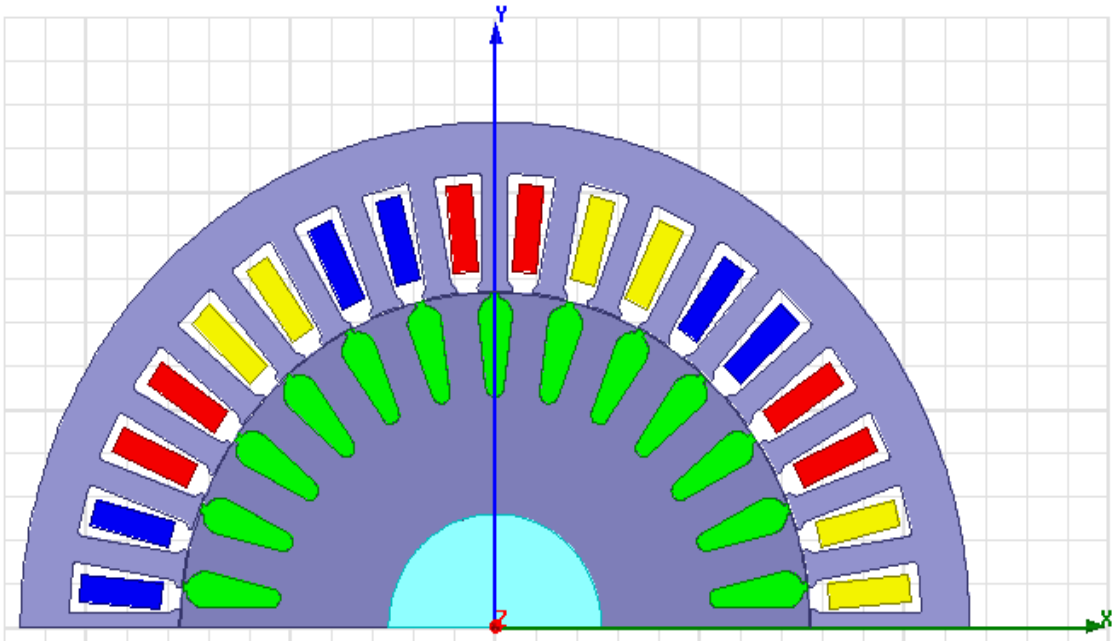


Рис. 1 – Розрахункову модель асинхронного двигуна у програмі ANSYS/MAXWELL.

В різних дослідницьких роботах вибиралася відмінні параметри варіювання, тому нами досліджувався вплив геометричних розмірів пазів статора та ротора на ККД АД. Було обрано діапазони варіювання розмірів паза статора та ротора для розрахованого двигуна. В якості критерію оптимізації було прийнято максимум ККД. Оцінка впливу геометричних розмірів виконувалося в модулі Optimetrics тієї ж програми. З набору методів оптимізації, які представлені у програмі, було обрано метод оптимізації Sequential Nonlinear Programming. Параметри оптимального двигуна наведено у таблиці 1, а залежність $\eta = f(P_{in})$ на рисунку 2.

Таблиця 1 – Параметри базового та оптимального АД

Параметри АД	n_N, об/хв	I_s, А	η, %	$\cos\varphi_N$, в.о.	k_{I1}	k_{M1}	k_{Mm}	s_N	s_{cr}
Базовий АД	884	1,18	69,5	0,679	3,21	2,54	2,56	0,116	0,84
Оптимальний АД	902	1,19	71,6	0,654	3,66	3,23	3,24	0,098	0,98

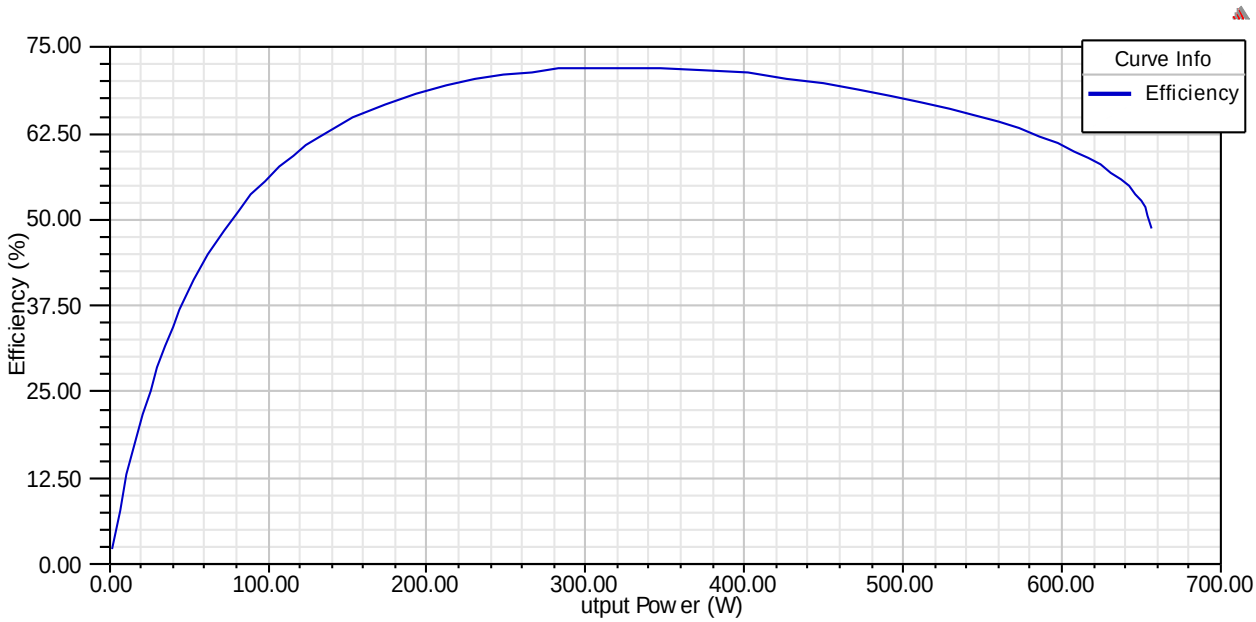


Рис. 2 – Залежність $\eta = f(P_{in})$ оптимального АД

Як бачимо, з таблиці 1, ККД АД вдалося підвищити в 1,03 рази (на 2,1 %), це не багато, але в масштабі цілою країни можна очікувати значну економія електроенергії. Але не все так добре, при цьому погіршився коефіцієнт потужності АД, тому потрібно проведення подальших досліджень.

Список літератури:

1. *Муравлева О.О.* Энергоэффективные асинхронные двигатели для регулируемого электропривода // Известия ТПУ . – 2005. Т. 308. – №7. – С. 135 – 139.

2. *Заблодський М.М.* САПР електромеханічних пристроїв: навчальний посібник / *М.М. Заблодський, В.Є. Плюгін, К. Бур*. – Алчевськ, Ладо, 2013. – Ч. 2. – 320 с.

УДК 62-83-52

СИНТЕЗ НАБЛЮДАЮЩИХ УСТРОЙСТВ С УЧЕТОМ ПОТЕРЬ ЭНЕРГИИ В ЭЛЕМЕНТАХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ

А.В. ЛЕКАРЕВИЧ [1*]***, В.О. КОТЛЯРОВ*** [2]

[1] *магистрант кафедры АЭМС, НТУ «ХПИ», Харков, УКРАИНА*
[2] *старший преподаватель, НТУ «ХПИ», Харков, УКРАИНА*
[*] *email: anastasiyalekarevich@mail.ru*

Потери энергии в электроприводах (ЭП) бывают значительными, характеризующимися весьма низкими значениями КПД, в том числе не превышающими 50%. Эти потери разнообразны, различаются по месту возникновения (по подсистеме ЭП); по режимам работы ЭП, в которых наблюдаются; по физическим механизмам возникновения (внешнее трение, внутреннее трение, ударная нагрузка и т.п.).

При проектировании ЭП влияние потерь учитывается с разными целями – для обеспечения энергосбережения средствами ЭП, для обеспечения требуемых показателей качества управления рабочим органом, на которые оказывают влияние потери, для обеспечения надежности работы и заданных массогабаритных показателей ЭП.

Влияние потерь на качество управления проявляется в характере динамических режимов и возникновении вызванных ими дополнительных динамических и статических ошибок управления. Это влияние возникает вследствие недостаточного учета потерь при проектировании, в частности, при выборе модели объекта управления и при синтезе законов управления и наблюдателей на базе этой модели.

Различные виды потерь влияют на качество управления не одинаково и должны по-разному учитываться при проектировании. Для выбора способов учета потерь их необходимо проанализировать, выявить закономерности их влияния на качество управления, что позволит затем при проектировании верно определять степень этого влияния в каждом конкретном случае.

Особое значение учет потерь имеет тогда, когда выбор способа их учета существенно влияет на результаты структурного и параметрического синтеза системы управления в целом или ее отдельных частей. Именно так дело обстоит в случае проектирования наблюдающих устройств (НУ).

НУ применяются в системах управления в тех случаях, когда некоторые переменные состояния системы, по которым требуется замкнуть обратные связи, недоступны для прямого измерения. Вопросы учета некоторых видов потерь в НУ уже исследовались ранее в ряде работ, например [1]. Для электромеханических систем с отрицательным вязким трением хорошо изучены

способы учета в наблюдателях внешнего трения в нагрузке ЭП − использовались различные методы синтеза НС; разработаны типы наблюдателей, которые целесообразно применять в составе таких систем; появилась компьютерная база данных по характеристикам трения, используемым при синтезе НУ.

В меньшей степени изучено влияние на точность наблюдения внутреннего трения в механических передачах ЭП – редукторах, передачах винт-гайка, ременных, зубчатых и передачах других видов. Сложность учета такого трения обусловлена нелинейностью и нестационарностью его характеристик, сложностью их идентификации и другими причинами. Точно учесть такое трение, как и внешнее трение, в НУ невозможно. В разных ЭП, при разных сочетаниях их параметров, эта неточность будет проявляться по-разному. Поэтому требуется методика проектирования наблюдателей, основанная на систематизации видов и степени влияния таких потерь на точность наблюдения и, как следствие, на качество управления.

Таким образом, целью проведенных исследований было исследование влияния внутреннего вязкого трения в кинематических упругих связях и других видов потерь в ЭП на работу наблюдателей, и поиск средств уменьшения этого влияния в случаях, когда оно значительно.

В ходе исследований рассматривалась двухмассовая электромеханическая система с обобщенными параметрами. Свойства такого объекта четвертого или пятого порядка определяются рядом параметров, причем, существенно неопределенным всегда является параметр β_{12}, характеризующий зависимость сил внутреннего трения от деформации упругого соединения. Выполнено сравнение разных типов наблюдателей, учитывающих внутреннее вязкое трение, и их способов построения, оценено влияние точности параметрической идентификации на качество наблюдения и изучено влияние на процессы в системах с наблюдателями неучтенных при их синтезе нелинейностей, сигнальных возмущений, запаздываний сигналов и др.

Выполненные исследования позволят рационально выбирать при проектировании способы представления потерь энергии в наблюдателях при работе ЭП в разных режимах и обеспечить тем самым заданные показатели качества управления ЭП.

Список литературы:

1. *Котляров В.О., Осичев А.В.* «О результатах решения задач стабилизации систем с отрицательным вязким трением посредством применения наблюдающих устройств»;

2. *Котляров В.О.* «О наблюдаемости двухмассовой электромеханической системы»// Проблемы автоматизированного электропривода. Теория и практика: [Труды конференции]. - Харьков: Основа, 1997;

3. *Клепиков В.Б., Котляров В.О., Осичев А.В.* «О влиянии наблюдающих устройств на устойчивость замкнутой электромеханической системы с отрицательным вязким трением»// Проблемы автоматизированного электропривода. Теория и практика: Вестник ХГПУ. Специальный выпуск. - Харьков: ХГПУ, 1998.

УДК 621.313

ЕЛЕКТРОМАГНІТНИЙ АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ СКОРОЧЕННЯ ОБМОТКИ СТАТОРА ТУРБОГЕНЕРАТОРА

***П.І. МАТВЄЄНКО*[1*], *В.І. МІЛИХ*[2]**

[1] *магістрант кафедри електричних машин, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2] *зав. кафедри електричних машин, д-р техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[*] *email:c3c3c3c3@mail.ru*

Вступ. В електричних машинах (ЕМ) змінного струму ефективним засобом поліпшення форми координатної функції МРС і часової функції ЕРС обмотки статора є її розподілення і скорочення. Оцінка якості різних схем обмоток проводиться на основі гармонічного аналізу зазначених функцій, побудованого на ряді серйозних припущень, в тому числі, на використанні ступінчастої функції розподілу МРС в повітряному проміжку. Однак традиційний спосіб гармонійного аналізу в ЕМ не дає відповідних числових результатів – це перевірено на основі чисельно-польових розрахунків обертових магнітних полів (МП) [1]. Останнє дозволяє оцінити і інші супутні явища, які впливають на якість роботи ЕМ і змінюються зі зміною схеми обмотки. Це особливо важливо для таких відповідних ЕМ, як потужні турбогенератори (ТГ), і стає актуальним у зв'язку зі спробами відмовитись від скорочення трифазної обмотки статора з приводу полегшення технології та електробезпеки.

Мета роботи – оцінка ефективності скорочення обмотки статора ТГ на основі чисельно-польових розрахунків обертових магнітних полів. Це проводиться за допомогою часових функцій ЕРС обмотки статора, змінної складової магнітного поля (ЗСМП) на поверхні обертового ротора і пульсацій електромагнітного моменту (ЕММ).

Об'єкт дослідження – трифазний двохполюсний ТГ потужністю 340 МВт, варіанти електромагнітної системи якого показано на рис. 1 та рис. 2. Розрахункові моделі відрізняються обмоткою статора: на рис. 1 вона має відносне скорочення $\beta_s = 0{,}8$, на рис. 2 виконана діаметральною, тобто $\beta_s = 1$.

Електромагнітні процеси в машині розглядались в режимі номінального навантаження. За допомогою програми FEMM і алгоритму на мові Lua [2] магнітне поле було прораховано при його повному оберті в 360 точках. За допомогою отриманих результатів ми перейшли до величини фазної ЕРС [3] та побудували і проаналізували її часові функції, з врахуванням та без гармонік кратним трьом та переконались, що графік ЕРС має ближчу до синусоїди форму для варіанта ТГ з $\beta_s = 0{,}8$.

Також результати чисельно-польового розрахунку дозволили визначити ЗСМП по поверхні «великого зуба» ротора, та проаналізувати величину магнітної індукції в точках на поверхні ротора, який обертається. При відсутності скорочення обмотки статора ЗСМП досягає суттєво великих значень, ніж при скороченні з $\beta_s = 0{,}8$.

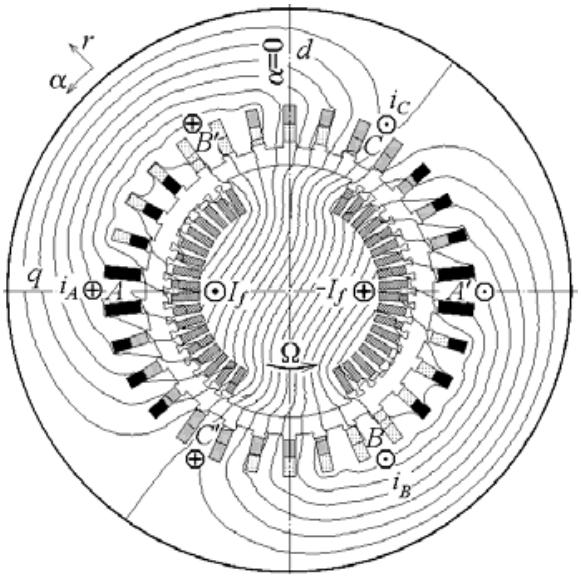


Рис. 1 – Розрахункова модель турбогенератора при $\beta_s = 0{,}8$

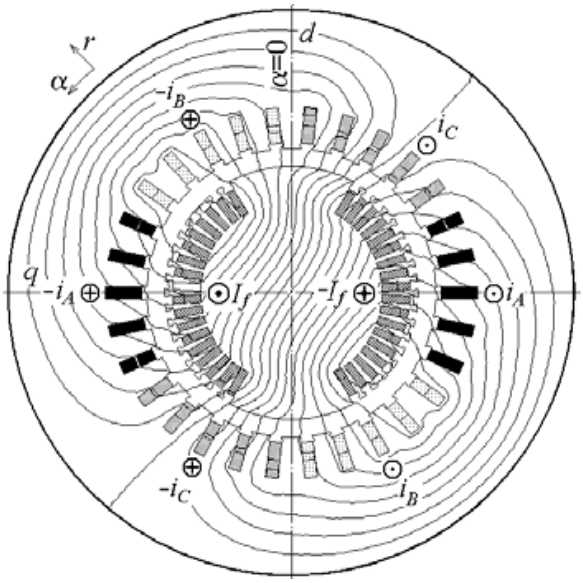


Рис. 2 – Розрахункова модель турбогенератора при $\beta_s = 1$

В результаті розрахунку також були отримані середні значення електромагнітного моменту ЕММ [3], а також побудована його змінна складова. Без скорочення обмотки статора потужність ТГ більше на 6,7%, що може бути позитивним явищем, але вона обтяжена пульсаціями ЕММ.

Після розрахунків двох варіантів був прорахований третій варіант без скорочення обмотки статора, але з виходом на номінальні параметри, що можна більш докладно побачити в статті [5].

Висновки. При переході від нормально скороченої обмотки статора до діаметральної обмотки істотно погіршується форма і гармонійний склад ЕРС обмотки статора ТГ, збільшується змінна складова магнітної індукції на поверхності ротора, який обертається, а також підвищуються пульсації електромагнітного моменту. У разі збереження номінальних вихідних даних ТГ струм збудження трохи підвищився, що було неочікуваним явищем.

Список літератури:

1. *Милых В.И.* Гармонический анализ электромагнитных величин трехфазной обмотки статора турбогенератора на основе классических и численно-полевых методов / *В.И. Милых, Н.В. Полякова* // Технічна електродинаміка. - 2013. – №3. – С. 40-49.

2. *Милых В.И* Автоматизированные расчеты в программной среде FEMM динамики электромагнитных процессов турбогенераторов / *В.И. Милых, Н.В. Полякова* // Електротехніка і електромеханіка.– 2015.– № 6.– С.14-20.

3. *Милых В.И.* Определение электромагнитных параметров электрических машин на основе численных расчетов магнитных полей / *В.И. Милых, Н.В. Полякова* // Електротехніка і електромеханіка. – 2006.– №2. – С.40-46.

4. *Милых В.И.* Сравнительный анализ переменного магнитного поля на поверхности ротора турбогенераторов с разным числом зубцов статора в режиме нагрузки / *В.И. Милых, Н.В. Полякова* // Технічна електродинаміка. – 2014. –№2. –С.29-36.

5. *Милых В.И.* Численно-полевая оценка эффективности укорочения обмотки статора турбогенератора / *В.И. Милых, Н.В. Полякова* // Електротехніка і електромеханіка. – 2014. – № 4. – С.20-24.

УДК 621.311.6

ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ

***А.В.МАШУРА*[1*], *А.В. ЕРЕСЬКО*[2]**

[1] *магистрант кафедры «Промышленная и биомедицинская электроника», НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[2] *доцент кафедры «Промышленная и биомедицинская электроника», канд. техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

**email: artemmashura94@gmail.com*

В настоящее время происходит интенсивное внедрение силовой полупроводниковой техники в устройствах передачи электроэнергии, в высоковольтных частотно-регулируемых электроприводах и т.п..

Лидеры рынка электротехнического оборудования для этих целей используют многоуровневые инверторы, преобразователи частоты, инверторы с ШИМ, регуляторы переменного напряжения. В перечисленных выше устройствах используют в качестве ключей транзисторы IGBT, двухоперационные тиристоры IGCT, тиристоры.

Как правило, силовые ключи требуют драйвера, при этом сигналы управления в высоковольтных силовых преобразователях передаются с помощью оптических каналов. Однако эти драйвера требуют источник питания, который обязательно должен обеспечивать гальваническую развязку, как для системы управления, так и от заземленного корпуса преобразователя. Причем при питающем напряжений – 6кВ требуется испытательное напряжений 16кВ, а для 10кВ – 26кВ. Поэтому развязывающий трансформатор источника питания должен обеспечивать гальваническую развязку, например проводом с высоковольтной изоляцией.

Одним из вариантов исполнения источника питания может выступать обратноходовой преобразователь с мульти-выходами. К его преимуществам относят хорошую эффективность, обеспечение гальванической развязки, простоту выходного выпрямителя (всего лишь одного диода и фильтрового конденсатора) и дешевизну. Преобразователь с передачей энергии на обратном ходу можно назвать одной из самых популярных топологий импульсных источников питания.

Список літератури:

1. Switchmode power supply handbook / *Keith H. Billings*.

2. Mostet/IGBT drivers theory and applications / *Abhijit D.Pathak*

3. *Руденко В.С., Сенько В.И., Чиженко И.Н*. Основы преобразовательной техники. – М.: Высшая школа, 1980. – 424 с.

УДК 621.314

СРАВНЕНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ МЕТРОПОЛИТЕНА

***В.П. МЕДИНЦЕВ*[1], *Г.Г. ЖЕМЕРОВ*[2]**

[1] *магистрант кафедры промышленной и биомедицинской электроники, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[2] *профессор кафедры промышленной и биомедицинской электроники , д-р техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[*] *email:slavik_hhh99@mail.ru*

В крупных городах метрополитен, как правило, является основным транспортным средством, осуществляющие более 50% перевозок [1]. В традиционной системе электроснабжения (СЭ) метрополитена (МП) источником электрической энергии, от которого запитываются вагоны метро, представляют собой подстанции, состоящие из трансформатора $10/0.7$ kV, диодного шестипульсного выпрямителя.

Напряжение контактных сетей поддерживается на уровне 800 V. При торможении кинетическая энергия поезда выделяется в виде тепловой энергии в резисторах, тормозных колодках. Как показали исследования СЭ МП обладает большим резервом энергосбережения позволяющий уменьшить потребление электропотерь в несколько раз [2] [3] [4]. Подробный анализ различных усовершенствованных СЭ МП с использованием активных выпрямителей (АВ) и накопителей энергии (НЭ) выполненных в [2] [3] [4] с использованием Matlab моделей. В указанных работах рассмотрено несколько вариантов сочетаний параметров моделей.

Целью настоящей статьи является проверка работы модели и сравнение результатов моделирования при нескольких других вариантах сочетания параметров. Что должно подтвердить или опровергнуть ранние полученные результаты.

Список литературы:

1. www.metro.kharkov.ua

2. *Жемеров Г.Г., Ильина Н.А., Тугай Д.В.* Уменьшение потерь энергии в системах электроснабжения подвижного состава метрополитена при использовании энергоемких накопителей электроэнергии // Техническая электродинамика.”Силовая электроника и энергоэффективность ” – 2014. – №5 – С.137 – 138.

3. *Жемеров Г.Г., Ильина Н.А., Тугай Д.В., Холод О.И.* Системы электроснабжения метрополитена с современными полупроводниковыми преобразователями и накопителями энергии // Электротехника и Электромеханика. – 2013. – №1 – С. 41 – 49.

4. *Жемеров Г.Г., Холод О.И.* Пути модернизации систем электроснабжения метрополитена // Техническая электродинамика. Тематический выпуск “Силовая электроника и энергоэффективность”. – 2012. – №1 – С. 27 – 35.

УДК 621.314.6

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК В МОЩНОМ НЕУПРАВЛЯЕМОМ ДИОДНОМ ВЫПРЯМИТЕЛЕ С С-ФИЛЬТРОМ.

В.С. МОЛОДУШНЫЙ [1*] ***, Г.Г. ЖЕМЕРОВ*** [2]

[1] *магистрант кафедры промышленной и биомедицинской электроники, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА,*

[2] *професор кафедры промышленной и биомедицинской электроники, д-р техн. наук., НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[*] *email: modnuikos@mail.ru*

Современный этап развития силовой электроники характеризуется широким применением многоуровневых инверторов средней и большой мощности в электроприводах с асинхронными и синхронными машинами.[1].

Многоуровневый инвертор выполнен как правило по 12-ти или 24-х пульсной схеме что позволяет существенно улучшить электромагнитную совместимость нагрузки с питающей сетью за счёт подавления высших гармоник тока. [2]

Наиболее эффективным способом отбора энергии питающей сети является многопульсный неуправляемый диодный выпрямитель, выполненный путём соответствующего соединения вентильных обмоток преобразовательного трансформатора.

Хотя неуправляемые выпрямители широко применялись и применяются в преобразователях малой и средней мощности, электромагнитные характеристики мощных выпрямителей существенно отличаются от характеристик преобразователей малых и средних мощностей, из-за отличия характера нагрузки и параметров питающей сети.

В данной статье будут рассматриваться некоторые особенности работы элементов схемы силового шестипульсного неуправляемого выпрямителя, вывод характеристик в прерывистых и непрерывных режимах работы данной схемы с выходными показателями, разработана Matlab модель в которой рассмотрены различные режимы работы, а также зависимость характеристик от параметров самой схемы.

Список літератури:

1.*Mohan N., Undeland T.M., Robbins W.P.* Power Electronics. Converters, Application and Desing. John Willy and Sons, INC, N.Y. -1995. – 802p.

2. *Жемеров Г.Г., Ильина Н.А., Ильина О.В., Ковальчук О.И., Сокол Е.И.* КПД системы электроснабжения постоянного напряжения и трехфазной симметричной системы синусоидальных напряжений // Технічна електродинаміка. Тем. Вип. “Проблеми сучасної електроніки”. –Ч.2.−2010.−С. 107-118.

УДК 616.1

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОЙ ПЕРЕДАЧИ КАРДИОСИГНАЛА

К.Н. ПАПИРНЫЙ[1*]***, М.А. ШИШКИН***[2]

[1] *магистрант кафедры «Промышленная и биомедицинская электроника», НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[2] *доцент кафедры «Промышленная и биомедицинская электроника», канд. техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[*]*email: vampir110593@mail.ru*

На современном этапе развития средств коммуникации и расширения возможностей передачи данных актуальной является задача усовершенствования методов дистанционной передачи кардиосигнала, к которой также относится передача по каналам мобильной связи, через всемирную сеть, а в некоторых отдаленных регионах по существующим линиям телефонной связи, что позволяет использовать наиболее распространенные в данном регионе сети связи, которые покрывают значительную территорию всей нашей страны.

Востребованность системы дистанционной передачи кардиосигнала кроме того обуславливается и недостатком квалифицированных специалистов кардиологов в регионах страны, для проведения анализа полученных данных пациента, также учащением сердечно-сосудистых заболеваний и необходимостью увеличения скорости и качества передачи ЭКГ. Хотя на рынке присутствует широкий спектр контроллеров, позволяющих решать вышеописанную задачу, комплект плат Arduino наиболее полно позволяет проводить исследования на начальном этапе.

Таким образом, целью данной работы является разработка системы дистанционной передачи с использованием платы Arduino и модуля GSM связи, что позволит передавать данные ЭКГ на мобильные устройства или компьютеры, находящиеся в специализированных медицинских консультационных центрах.

Обзор существующих программно-аппаратных комплексов показал, что на рынке присутствуют такие устройства как:

1) Транстелефонный цифровой 12-канальный ЭКГ комплекс «Телекард», предназначен для съема и передачи ЭКГ по стандартным телефонным линиям, мобильным каналам связи, каналам радиосвязи любого диапазона. Преимуществами данного комплекса являются: а) возможность хранения и поиска электрокардиограмм и сведений о пациентах в файловой базе данных; б) возможность пересылки записанного файла ЭКГ по электронной почте или по локальной сети; в) оповещения пользователя о плохом контакте электродов; г) широкий выбор моделей подключаемых радиотелефонов и мобильных телефонов стандарта GSM-900, GSM-1800;

2) ***Мобильный ЭКГ «Москит»,*** предназначен для индивидуального применения пациентами и врачами. Преимуществами данного устройства является его компактный размер и невысокая цена, необходимое программное обеспечение и техническая поддержка производителя – бесплатно, карманный размер и вес менее 200г.

3) Мобильный беспроводной электрокардиограф "Кардиан-ПМ", предназначен для оперативной диагностики и проведение обследований в кардиологических стационарах; обследования спортсменов во время тренировок. Преимуществами данного аппарата является использование беспроводной передачи данных Bluetooth позволяет избавиться от громоздких кабелей, наличие карманного персонального компьютера для отображения ЭКГ на сенсорном ЖКИ дисплее, а также компактные размеры.

Все выше рассмотренные приборы имеют ряд недостатков таких как:

1) Критерий синфазности и синхронности не выполняется для всей электрокардиограммы, а характерен только для некоторых групп отведений.

2) ***Уровень шума и фона на регистрируемой электрокардиограмме затрудняют анализ некоторых зубцов, и может наблюдаться некоторое смещение ST-сегмента.***

3) ***Человеческий фактор и*** малая длительность записанных фрагментов.

В результате проделанной работы была определена актуальность и востребованность системы дистанционной передачи кардиосигнала. Также было проведен обзор рынка существующих программно-аппаратных комплексов показал множество преимуществ рассмотренных аппаратов, к которым относится простота использования портативных кардиографов, большой срок службы и высокая надежность, огромный опыт эксплуатации в клинической практике и широкое распространение трансляции ЭКГ по телефону, и существенно повышается степень выявляемости заболеваний сердечно-сосудистой системы. Также были рассмотрен ряд недостатков приведенной аппаратуры, с учётом которых и проводится разработка и исследование системы дистанционной передачи кардиосигнала на базе плат Arduino, для усовершенствования проводимых методик приёма и передачи ЭКГ на расстояние.

Список литературы:

1. *Рябыкина Г.В., Соболев А.В., Сахнова Т.А., Блинова Е.В., Смирнова Я.С., Щедрина Е.В., Кожемякина Е.Ш.*. «Дистанционная передача ЭКГ и системы централизованного анализа и архивирования ЭКГ» / Под редакцией академика Е.И.Чазова// М.: ФГБУ «РКНПК» Минздравсоцразвития России, 2012. – 40 с.

2. *Крамаренко А.В., Павлович Р.В.* «Сравнительный анализ методов передачи ЭКГ по телефонным линиям связи» // *http://tredex-company.com/ru/sravnitelnyj-analiz-metodov-peredachi-ekg-po-telefonnym-liniyam-svyazi*

3. *Крамаренко А.В., Крамаренко Ю.А.* «Свёрточно-корреляционный алгоритм выделения QRS комплекса» // http://tredex-company.com/ru/svertochno-korrelyatsionnyj-algoritm-vydeleniya-qrs-kompleksa

УДК 621.313

ПРИМЕНЕНИЕ НАКОПИТЕЛЕЙ ЭНЕРГИИ ДЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ

А.В. ПОЛОВИНКО [1], ***В.Ф. БОЛЮХ*** [2]

[1] *магистрант кафедры ЭС, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[2] *профессор кафедры ОЭ, д-р техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[*] *email: pav291293@rambler.ru*

В электроэнергетике существует потребность в использовании устройств, способных накапливать, хранить и выдавать энергию в периоды, соответственно пониженного и повышенного потребления энергии. Существует целый ряд накопителей энергии, используемых для различных целей. Рассмотрим основные типы накопителей энергии, которые могут быть установлены на электростанциях.

1. **Механические накопители**, которые обеспечивают запасания и хранения кинетической и потенциальной энергии. Среди них выделяют:

1.1. ***Гравитационные накопители***, обеспечивающие поднятие груза на заданную высоту с последующим опусканием. Гравитационные накопители бывают твёрдотельными и жидкостными.

1.2. ***Кинетические накопители***, обеспечивающие накопление энергии в виде кинетической энергии. Это - *колебательные (резонансные) накопители* с возвратно-поступательным движением, *гироскопические накопители*, в которых запасается кинетическая энергия вращающегося маховика, выполненного из твердого или эластичного материала.

1.3. ***Механические накопители*** с использованием сил упругости, к которым относятся пружинные, запасающие энергию сжатия пружины, и газовые, накапливающие энергию сжатого газа.

2. **Тепловые накопители энергии**, обеспечивающие аккумулирование тепловой энергии. Среди них выделяют:

2.1. ***Теплоемкостные накопители***, в котроых накопление энергии происходит за счёт нагрева, а отдача – за счёт охлаждения.

2.2. ***Накопители энергии со сменой агрегатного состояния вещества***.

2.3. ***Термохимические накопители***, обеспечивающие накопление энергии за счёт термохимических реакций при смене фазового состояния вещества.

3. **Электрические накопители энергии**, обеспечивающие накопление энергии магнитного или электрического поля. Среди них выделяют емкостные (конденсаторы) и индуктивные (ионисторы, сверхпроводящие индуктивные накопители) накопители.

4. **Химические накопители энергии**, обеспечивающие накопление энергии за счёт химических реакций. Среди них выделяют «топливные» и «бестопливные».

Рассмотрим применение теплового накопителя для повышения эффективности ТЭЦ при работе в периоды пониженного и повышенного потребления энергии. На рис. 1 представлена схема ТЭЦ. ТЭЦ содержит: паровую турбину 1, нагретый (острый) пар 2, паровой котел 3, электрический

генератор 4, сетевой трансформатор 5, трансформатор собственных нужд 6, отработанный пар 7, конденсатор 8, циркуляционный теплоноситель – вода 9, градирня 10 и бассейн-охладитель 11, насос 12, теплообменник 13 дополнительного контура охлаждения с газообразным хладагентом 14, резервуар хладагента 15, компрессор 16 с приводным электродвигателем 17, емкость высокого давления со сжатым газом 18, запорный вентиль 19, дроссельный вентиль 20, электрический пускатель 21, теплообменник 22, параллельный контур 23 циркуляционной воды с запорным вентилем 24.

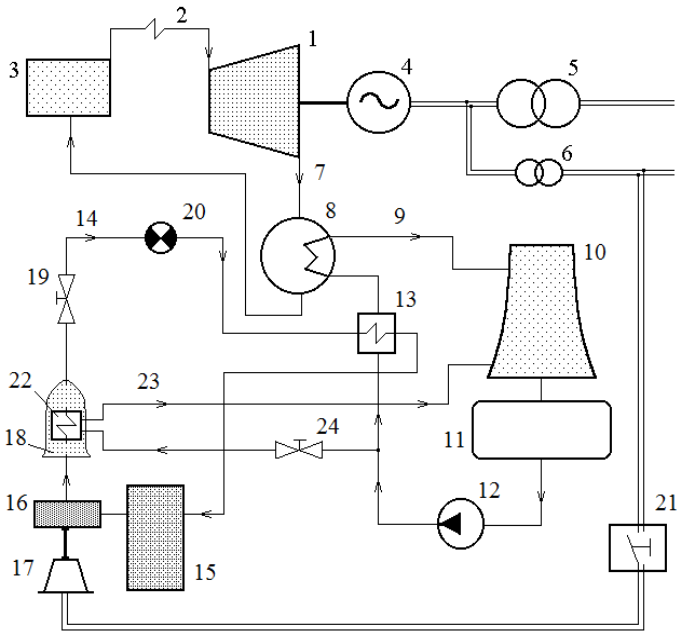


Рис. 1 – Схема ТЭЦ

В период снижения электрической нагрузки энергосистемы (в ночное время) часть электроэнергии подается на собственные нужды ТЕЦ, а именно запускается в действие приводной двигатель 17 компрессора 16. При этом осуществляется закачка компрессором 16 газообразного хладагента из резервуара 15 для хранения газа в емкость высокого давления 18 со значительным повышением давления (например, до 150 атм) и относительно невысоким повышением температуры. Охлаждение сжатого газа осуществляется в теплообменнике 22, через который циркулирует вода 23 параллельного контура, поступающая на градирню 10. В период пика нагрузки энергосистемы снижают потребление энергии собственных нужд ТЭЦ. Для этого пускателем 21 размыкают электрическую сеть, останавливая двигатель 17 и компрессор 16. При этом прекращается циркуляция воды 23 параллельного контура и осуществляется выход газа 14 высокого давления емкости 18. Проходя через дроссельный вентиль 20, где происходит его адиабатическое расширение, давление понижается до атмосферного, а температура становится пониженной (до 0° С и ниже). Проходя через теплообменник 13, газ 14 с пониженной температурой дополнительно охлаждает циркуляционную воду 9. За счет понижения температуры отработанного пара 7 происходит повышение мощности турбины 1, увеличивается электрическая мощность генератора 4, тем самым компенсируя пик электрической нагрузки энергосистемы.

УДК 616-072

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПТИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ПОТОКА

***О.В. ПРИЙМИЧ*[1*], *В.В. КУЛИЧЕНКО*[2]**

[1] *магистрант кафедры промышленной и биомедицинской электроники, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[2] *доцент кафедры промышленной и биомедицинской электроники, канд. техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

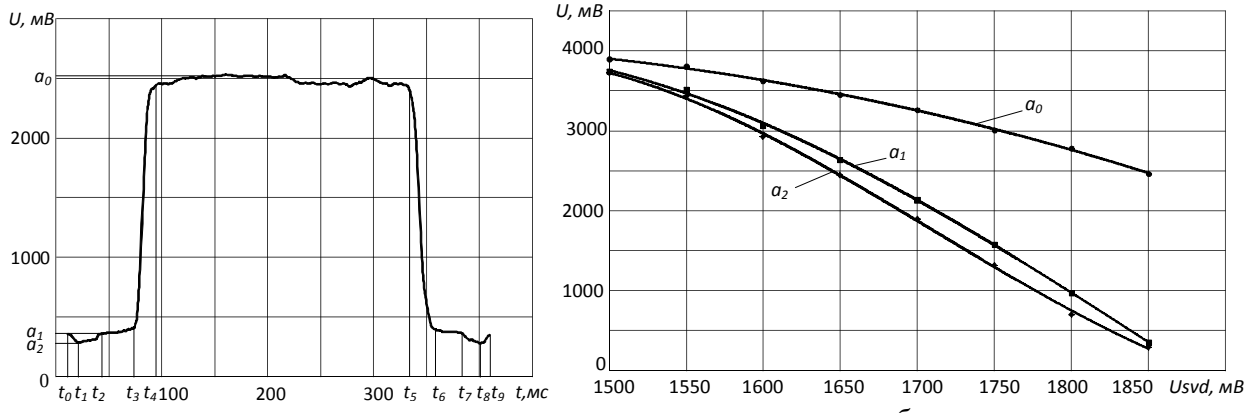
[*]*email: priymich.olga@mail.ru*

Спирометрия это метод диагностики органов дыхания и выявления заболеваний таких как бронхиальная астма, хроническая обструктивная болезнь легких, а также для оценки состояния аппарата дыхания. В портативной спирометрической аппаратуре наиболее часто используются тахометрический метод и применяются датчики турбинного типа. Такой датчик имеет передаточную характеристику в рабочем диапазоне близкую к линейной, довольно низкое пневматическое сопротивление, низкие массогабаритные и стоимостные показатели. Турбинный датчик представляет собой полый цилиндр, который изготовлен из прозрачного органического стекла, внутри которого расположены крыльчатки и вращающаяся пластина. Воздушный поток, который поступает в турбину датчика, получает вращательное движение благодаря крыльчаток, расположенных под определенным углом. Движение воздуха внутри турбины вызывает вращение пластины, которая закреплена на подвижной оси, со скоростью пропорциональной скорости воздушного потока.

Преобразование потока воздуха в последовательность электрических импульсов производится путем модуляции электромагнитного излучения инфракрасного диапазона, который поступает от излучателя к приемнику с помощью вращающейся пластины турбинного датчика. Сформированная последовательность имеет информативный параметр длительность периода вращения ротора, значение которого изменяется в зависимости от величины расхода. Амплитудные параметры импульса зависят от состояния турбинного датчика, которые могут изменяться при непосредственном проведении теста, что в свою очередь может привести к полному искажению импульса и потери диагностическо-важной информации. Для моделирования подобных ситуаций и рассмотрения способов их устранения предложена математическая модель оптического преобразователя потока.

Один период импульса представляет собой диаграмму напряжения (см. рис. 1, *а*) пропорциональную изменению излучения за половину оборота ротора турбинного преобразователя. На такой диаграмме можно выделить девять временных участков t_1-t_9 и три амплитудных a_0, a_1 и a_2. Значение временных участков t_1-t_9 зависит от частоты вращения ротора, то есть расхода воздуха, проходящего через турбину, при этом соотношение между участками остается постоянным. Приняв длительность одного периода $T = t_9 - t_0$, для каждого из

временных участков рассчитываем значения из экспериментальных данных: $t_1 = 0{,}023 \cdot T$; $t_2 = 0{,}07 \cdot T$; $t_3 = 0{,}139 \cdot T$; $t_4 = 0{,}176 \cdot T$; $t_5 = 0{,}813 \cdot T$; $t_6 = 0{,}863 \cdot T$; $t_7 = 0{,}931 \cdot T$; $t_8 = 0{,}975 \cdot T$; $t_9 = 1T$.



а *б*

Рис.1 – Параметры импульсной последовательности: *а* – временные; *б* – амплитудные

Значение амплитуды a_0, a_1, a_2 зависит от величины напряжения прикладываемого к инфракрасному излучателю и в общем случае описывается выражением:

$$A(k,x) = a_{k,0} \cdot x^3 + a_{k,1} \cdot x^2 + a_{k,2} \cdot x + a_{k,3}, \qquad (1)$$

где k – номер искомой амплитуды; x – величина напряжения на излучателе; a – матрица коэффициентов: $a = \begin{bmatrix} -0{,}61\times10^{-6} & -0{,}00260 & 9{,}731 & -2803 \\ 1{,}762\times10^{-5} & -0{,}0995546 & 174{,}98 & -94169 \\ 5{,}026\times10^{-5} & -0{,}25784 & 429{,}32 & -229744 \end{bmatrix}$.

Конечное математическое выражение описывающее формирование электрического импульса будет иметь вид:

$$F(t) = \begin{cases} \dfrac{A(2,\,x) - A(1,\,x)}{t_1 - t_0} \cdot t + A\,(1,\,x) & if\ \ 0 \le t < t_1 \\ \dfrac{A(1,x) - A(2,x)}{t_2 - t_1} \cdot (t - t_1) + A\,(2,\,x) & if\ \ t_1 \le t < t_2 \\ A(1,x) & if\ \ t_2 \le t < t_3 \\ \dfrac{A(0,x) - A(1,\,x)}{t_4 - t_3} \cdot (t - t_3) + A\,(1,x) & if\ \ t_3 \le t < t_4 \\ A(0,x) & if\ \ t_4 \le t < t_5 \\ \dfrac{A(1,x) - A(0,\,x)}{t_5 - t_4} \cdot (t - t_5) + A\,(0,x) & if\ t_5 \le t < t_6 \\ A(1,x) & if\ t_6 \le t < t_7 \\ \dfrac{A\,(2,\,x) - A(1,\,x)}{t_7 - t_6} \cdot (t - t_7) + A\,(1,x) & if\ t_7 \le t < t_8 \\ \dfrac{A(1,\,x) - A(2,\,x)}{t_8 - t_7} \cdot (t - t_8) + A\,(2,x) & if\ t_8 \le t < t_9 \end{cases} \qquad (2)$$

Предложенная математическая модель с большой вероятностью описывает формирование импульсной последовательности на выходе оптического преобразователя потока в зависимости от величины расхода и напряжения на излучателе, что подтверждено экспериментально.

УДК 621.313.333.2

ОПТИМИЗАЦИЯ ТРЕХФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ

***С.А. РЕВУЖЕНКО*[1*], *Л.В. ШИЛКОВА*[2]**

[1] *студентка кафедры электрических машин, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[2] *старший преподаватель, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[*] *email:sveta.revuzhenko@gmail.com*

Введение. Трехфазные асинхронные двигатели (ТАД) – машины массового производства и применения. ТАД являются самыми распространенными электрическими машинами в электроприводе промышленных установок.

Целью данной работы была оптимизация асинхронного двигателя за счет изменения длины и диаметра статора, а также изменения размеров паза ротора с целью повышения КПД. Поэтому актуальной задачей является проведение однокритериальной оптимизации ТАД за счет подбора наилучшего соотношения размеров сердечника статора, в первом случае, и паза ротора, во втором случае, с помощью программного обеспечения ANSYS Maxwell.

Первым этапом исследования был расчет ТАД с номинальной мощностью 4кВТ и частотой вращения поля статора 1500 об/мин классическим методом магнитной цепи. Следующим этапом был расчет базовой машины в программе ANSYS Maxwell на основании геометрических размеров ТАД, полученных при расчете методом магнитной цепи. В результате расчета был получен КПД равный 88,12%. Далее было проведено два варианта оптимизации ТАД.

В первом случае, в программе ANSYS Maxwell длину и диаметр сердечника статора приняли неизвестными, указав минимально и максимально возможную величину этих параметров. Был осуществлен расчет возможных размеров 126 вариантов, при оптимальном варианте максимальное значение КПД составило 89,15%. Во втором случае, варьируемыми величинами были меньший и больший диаметр паза ротора, расстояние между центрами окружностей с этими диаметрами. Был проведен расчет 153 вариантов. В результате этого расчета максимальное значение КПД составило 89,19%.

Заключительным этапом было исследование переходного процесса двигателя с полученным оптимальным КПД и базового двигателя в программном пакете ANSYS Simplorer для проверки пусковых характеристик и исследования двигателя в динамическом режиме рабаты.

В ходе проведенных исследований было выяснено, что изменением размеров сердечника статора можно увеличить КПД на 1.03%, а увеличением размеров паза ротора АД можно добиться увеличения КПД на 1.07%.

Список литературы:

1. Проектування трифазних асинхронних двигунів з короткозамкненою обмоткою ротора: навч. посібник / *В.І. Мілих*. – Харків: НТУ «ХПІ», 2009. – 96 с.

УДК 621.313

ЧИСЛЕННО-ПОЛЕВОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПАРАМЕТРОВ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

***Р.В. РЕВЯКИН*[1], *В.И. МИЛЫХ*[2*]**

[1] *магистрант кафедры электрических машин, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[2] *зав. кафедры электрических машин, д-р техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[*] *email:mvikpi@kpi.kharkov.ua*

Введение. Основные процессы в электрических машинах (ЭМ) осуществляются через магнитное поле (МП), поэтому непосредственное использование его расчетов является наиболее перспективным путем развития системы изучения и проектирования этих машин. С развитием компьютерной техники и численных методов расчета МП в систему исследования и проектирования ЭМ все больше внедряются расчеты их электромагнитных параметров (ЭМП) на такой основе [1]. При расчете двухмерных МП в активной части ЭМ и, в том числе, асинхронных электродвигателей (АД) [2], широко применяется программный пакет FEMM [3], основанный на методе конечных элементов. Этот пакет привлекателен относительной простотой, общедоступностью и эффективностью.

Целью этой работы является представление теоретических основ определения ряда важных ЭМП АД на основе расчета МП в среде FEMM.

Материалы исследования. Магнитное поле в поперечном сечении ЭМ описывается дифференциальным уравнением

$$\mathrm{rot}\left[\left(\nu\cdot\mathrm{rot}\left(\vec{k}\,A_z\right)\right]\right. = \vec{k}\cdot J_z, \qquad (1)$$

где A_z, J_z – z-составляющие векторного магнитного потенциала (ВМП) и плотности тока; ν – удельное магнитное сопротивление (УМС); $\vec{k}$ – орт.

После расчета МП получается распределение ВМП в прямоугольной $A_z(x,y)$ или полярной $A_z(r,\varphi)$ системах координат. На этой основе можно определить целый ряд следующих ЭМП АД [1].

Магнитная индукция вычисляется на основе общего выражения $\vec{B} = \mathrm{rot}\,\vec{A}$, и тогда составляющие и модуль магнитной индукции в указанных системах:

$$B_x = \frac{\partial A_z}{\partial y};\ B_y = -\frac{\partial A_z}{\partial x};\ B_r = \frac{\partial A_z}{r\,\partial\varphi};\ B_\varphi = -\frac{\partial A_z}{\partial r};\ B = \sqrt{B_r^2 + B_\varphi^2} = \sqrt{B_x^2 + B_y^2},$$

а через них – составляющие и модуль напряженности магнитного поля (НМП):

$$H_x = \nu\cdot B_x;\ H_y = \nu\cdot B_y;\ H_r = \nu\cdot B_r;\ H_\varphi = \nu\cdot B_\varphi;\ H = \nu\cdot B,$$

а затем и падение магнитного напряжения на любом отрезке линии l_k:

$$U_{mag} = \int_{l_k} \vec{H}\cdot d\vec{l},$$

где вектор НМП $\vec{H}$ формируется по его координатным составляющим.

Магнитный поток через поверхность, ограниченную контуром l, на

основе общего выражения $\Phi = \int_l \vec{A} \cdot \vec{dl}$ при двухмерной структуре МП:

$$\Phi = (A_{z1} - A_{z2}) \cdot l_a ,$$

где A_{z1}, A_{z2} – значения ВМП в точках 1 и 2 в плоскости расчета, через которые проходят боковые стороны контура; l_a – активная длина ЭМ.

Магнитное потокосцепление (МПС) катушки, имеющей N витков и потоки Φ_k отдельных витков, в общем случае определяется по формуле:

$$\Psi = \sum_{k=1}^{N} \Phi_k .$$

В частном случае для катушки, стороны которой имеют сечения S_1 и S_2:

$$\Psi = N \cdot l_a \cdot \left(\frac{1}{S_1} \int_{S_1} A_z \cdot dS - \frac{1}{S_2} \int_{S_2} A_z \cdot dS \right).$$

Электродинамические усилия, действующие в магнитном поле на токонесущие элементы с плотностью тока $\vec{J}$, определяются базовой формулой:

$$\vec{F} = l_a \int_S \left[\vec{J} \times \vec{B} \right] \, dS .$$

Электромагнитный момент вращения, действующий на ротор:

$$M_{em} = \frac{l_a}{\mu_0 \cdot (r_s - r_r)} \int_{S_\delta} r \cdot B_r \cdot B_\varphi \cdot dS ,$$

где r_s, r_r - радиусы кольцевой зоны, ограничивающей площадью зазора S_δ со сторон статора и ротора; μ_0 - магнитная постоянная.

Для получения реального характера ЭДС проводятся расчеты МП в ряде позиций k вращающегося ротора и изменяющихся токов обмоток с временными интервалами·Δt. Получаемая дискретная временная функция МПС $\Psi_k(t_k)$, $t_k = k \cdot \Delta t$; k=0,1,2,..., раскладывается по известным правилам в гармонический ряд:

$$\Psi = \sum_{\nu=1,3,5\ldots} \Psi_{m,\nu} \cdot \cos(\nu \cdot \omega \cdot t + \gamma_\nu) ,$$

что позволяет на основании закона электромагнитной индукции перейти к временной функции ЭДС с выявлением ее гармонического состава:

$$e = -\frac{d\Psi}{dt} = \sum_{\nu=1,3,5\ldots} \nu \cdot \omega \cdot \Psi_{m,\nu} \cdot \sin(\nu \cdot \omega \cdot t + \gamma_\nu) .$$

И еще можно выявить целый ряд ЭМП АД, по аналогии с изложенным в [1].

Список литературы:

1. *Милых В.И.* Определение электромагнитных параметров электрических машин на основе численных расчетов магнитных полей / *В.И. Милых, Н.В. Полякова* // Електротехніка і електромеханіка. – 2006.– №2. – С.40-46.

2. *Meeker D.* Finite Element Method Magnetics. FEMM 4.2 32 bit 11 Oct 2010 Self-Installing Executable. / *D. Meeker* // Режим доступа: http://www.femm.info/wiki/OldVersions.

3. *Милых В.И.* Анализ магнитного поля асинхронного двигателя в различных режимах работы с использованием метода конечных элементов / *В.И. Милых, Е.А. Сидоренко, Л.В. Шилкова* // Вестник НТУ «ХПИ». – Х: НТУ «ХПИ». – 2007. – №24. – С.54-61.

УДК 539.124.18.08

МОНІТОРИНГ РАДІАЦІЙНОЇ ОБРОБКИ

К.В. РЕТІВОВ[1*], К.Л. НОЗДРАЧОВА[2], Д.В. ТІТОВ[3]

[1]магістрант кафедри ПМНК, НТУ «ХПІ»,Харків,УКРАЇНА,
[2]доцент кафедри ПМНК, канд. техн. наук,НТУ «ХПІ»,Харків,УКРАЇНА,
[3]студент кафедри ПМНК ,НТУ «ХПІ»,Харків,УКРАЇНА.
** email: dobrik93_93@mail.ru*

У моніторинг радіаційної обробки на входить спостереження за процесом стерилізації медичних виробів. За сучасними уявленнями, атом речовини складається з позитивного зарядженого ядра і негативно зарядженої електронної оболонки. У нормальному, що не іонізованому стані атом нейтральний, тобто заряд ядра в точності дорівнює заряду, що оточують його електронів. Очевидно в ядрі існують сили, значно переважаючі сили електричного збудження. Ці сили називають ядерними. Діють вони на дуже короткій відстані, тільки при тісному зближенні протонів або нейтронів.

У даній роботі розглядаються колориметричний і хімічний методи радіаційної дозиметрії на лінійних прискорювачах електронів до 10 МеВ [1].

На лінійних прискорювачах електронів, з потужністю випромінювання до 10 МеВ при наявності конвеєра, проводиться радіаційна обробка медичних виробів (стерильність) [2], таких як: вата, таблетки, серветки, бинти, і т.п. Стерилізація необхідна для випуску у використання перев'язувальних засобів, застосування яких передбачає контакт з ранової поверхнею. У виробництві медичних виробів застосовуються фільтрування, термічний, хімічний і радіаційний методи стерилізації. Для фінішної стерильності перев'язувальних засобів в упаковці рекомендований радіаційний метод, при якому застосовується як електронне, так і гальмівне рентгенівське випромінювання з використанням радіаційно-технологічних прискорювачів електронів промислового застосування.

Радіаційна дозиметрія проводиться для визначення необхідної дози обробки об'єкта, яка залежить від матеріалу об'єкта, чистоти виробництва медичних виробів та інших факторів [3].

Після визначення необхідної радіаційної дози, ціла партія медичної продукції проїжджає на конвеєрі, де опромінюється пучком електронів. Розподіл дози залежить від різних факторів: швидкості конвеєра, енергії, середнього струму, від ширини сканування, і від частоти посилок імпульсів. Для контролю стерилізації використовується 8 алюмінієвих пластин, які розташовані за підвісами з оброблюваної продукцією.

Після закінчення обробки, продукція повертається замовнику, приватним підприємцям, лікарням, аптекам та іншим.

Це вказує, що радіаційна стерильність медичної продукції ефективна, екологічно безпечна і технологічна (стерильність повністю готова і запаковане для подальшого використання).

Таким чином, розглянута важлива задача стерильності медичних препаратів за допомогою прискорювача електронів [4].

Коротко зупинимося на основних результатах роботи [5]:

1. Приведено опис лінійного прискорювача електронів. Його схема та принцип дії.
2. Було приведено два типа дозиметрів, які використовувались на лінійному прискорювачі електронів (див.рис.1).
3. Було розглянуто порівняння цих двох типів.
4. Ознайомлення з методом "Радіаційна тінь", його впровадження у виробництво. А також опис самої установки пластинчастого монітора.

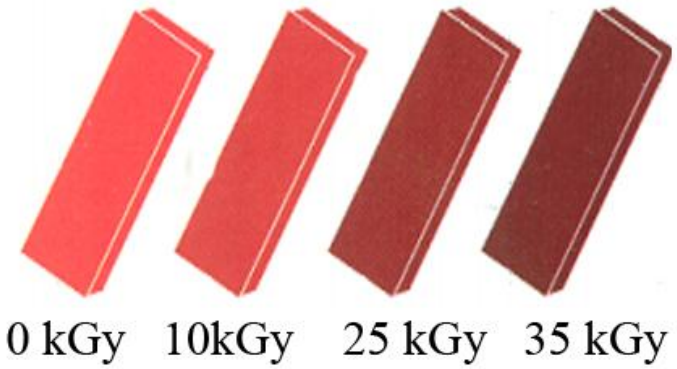


Рис.1 – Дозиметри HarwellRedPerspex 4034

Список літератури :

1. *Вишняков ,В А* Линейные ускорители электронов / Харьков: ННЦ ХФТИ. - 1971. – 5-17 с.

2. *Уваров В Л* Разработка метода «Радиационной тени» для мониторинга режима стерилизации продукции пучком электронов. – Харьков, «Вопросы атомной науки и техники», - 2010. - №2, стр.150-153

3. *Борискин Б В,* Развитие радиационных технологий и испытаний в НИК«Ускоритель» ННЦ ХФТИ / *Ванжа С А , Верещака В Н и др.* // «Вопросы атомной науки и техники», - 2008. -, №5(50), с.150-154.

4. *Поленов Б В* Дозиметрические приборы для населения / Энергоатомиздат ,Москва, - 1991.- , 5-11с.

5. *Рябухин Ю С* Ускоренные пучки и их применение / *Шальнов А.В.* // Атомиздат, Москва,- 1980. – 141с.

УДК 681.511.4

СИНТЕЗ НЕЙРОРЕГУЛЯТОРА ДЛЯ ИСХОДНО НЕУСТОЙЧИВОЙ ДВУХМАССОВОЙ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

***Г.С. САВУСТЬЯН*[1*], *И.В. ОБРУЧ*[2]**

[1] *магистрант кафедры «Автоматизированные электромеханические системы», НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[2] *старший преподаватель кафедры «Автоматизированные электромеханические системы», НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[*] *savystyan@mail.ru*

Существующие методы синтеза систем автоматического управления электроприводами (ЭП) позволяют создавать системы с достаточно высокими показателями качества регулирования, но их практическая реализация сопряжена с рядом технических трудностей. К ним, например, относится – необходимость измерения трудноизмеряемых координат ЭП таких как, например, упругий момент, невозможность в отдельных случаях реализовать на практике синтезированные параметры регуляторов. Вследствие этого, возникает задача замены применяемых линейных регуляторов их нелинейными аналогами, которые при меньшем числе сигналов измеряемых координат ЭП обеспечивали бы требуемое входное управляющее воздействие для объекта регулирования. Кроме этого, в электромеханических системах (ЭМС) с отрицательным вязким трением (ОВТ) могут возникать фрикционные автоколебания (АКФ) [1], которые приводят ухудшению качества переходных процессов. В данной статье рассмотрено применение нейрорегулятора (НР), построенного на базе прямонаправленной трехслойной нейронной сети (НС) с сигмоидальными активационными функциями нейронов скрытого слоя, для управления исходно неустойчивой двухмассовой ЭМС с ОВТ, структурно-алгоритмическая схема такой системы в обобщённых параметрах (ОП) приведена на рис. 1.

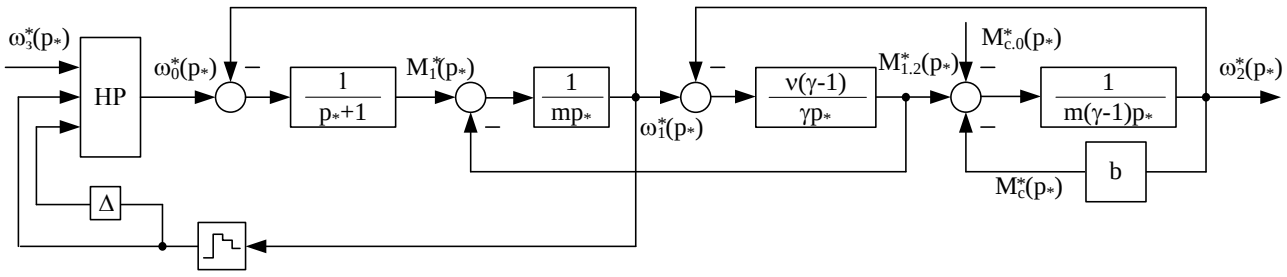


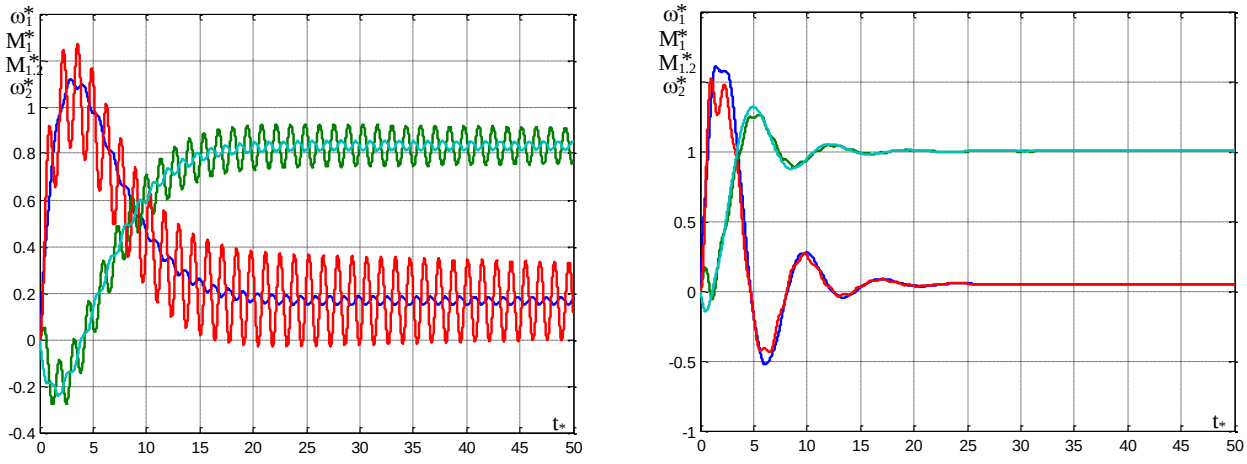
Рис. 1 – Структурно-алгоритмическая схема двухмассовой ЭМС с ОВТ в ОП

Целью данной работы является демонстрация применения НР для решения задачи обеспечения устойчивости двухмассовой ЭМС с ОВТ. Для демонстрации работы НР была выбрана 2-хмассовая ЭМС в ОП: m=0.5, b=0.7, ν=5, γ=10, $M_{c.0}$=0.75.

Рассмотрим основные аспекты синтеза НС, и принцип построения НР для

управления ЭМС с ОВТ (рис. 1) [2]. В простейшем случае НС представляет собой упорядоченную по слоям совокупность элементов, называемых нейронами. На вход НР поступает сигнал задания и сигналы обратных связей. Каждый из нейронов входного слоя связан с нейронами скрытого слоя. Сигнал, проходя через нейрон скрытого или выходного слоя, умножается на весовые коэффициенты с добавлением сигнала сдвига. Таким образом, формируется выходной сигнал нейрона, который нелинейно преобразуется с помощью активационной функции. Задача синтеза нейронной сети заключается в определении весовых коэффициентов и сигналов сдвига нейронов скрытого и выходного слоев. Для решения этой задачи использовался метод генетических алгоритмов. На первом этапе синтеза с помощью компьютера определяется достаточно большое число сочетаний синтезируемых параметров, для каждого из сочетаний методом компьютерного моделирования рассчитываются динамические режимы ЭМС с ОВТ. Варианты, обеспечивающие лучшие динамические показатели, отбираются в качестве «родителей». Далее с помощью генетических операций – кроссовера, мутации и инверсии получаем «потомков» – новые варианты сочетаний параметров нейронной сети. После проверки динамических процессов снова отбираются лучшие, процесс повторяется до тех пор, пока не появятся варианты, обеспечивающие требуемое качество переходных процессов.

На рис. 2 *а* представлены переходные процессы в разомкнутой ЭМС с ОВТ, при этом разомкнутая ЭМС работает в режиме АКФ. На рис. 2 *б* показан переходный процесс системы с синтезированным НР. Из рис. 2 *б* видно, что применение НР обеспечивает устранение АКФ, при этом, синтез НР автоматизирован, и не требует большого количества времени.



а *б*

Рис. 2 – Переходные процессы в 2-хмассовой ЭМС с ОВТ: *а* – без НР; *б* – с НР

Список литературы:

1. *Клепиков В. Б.* О «фрикционных» автоколебаниях в электроприводах // Электричество. – М., 1986. – № 4, С. 59 – 62.

2. *Клепиков В. Б.* Нейронные сети и генетические алгоритмы в управлении электромеханическими системами / *В.Б. Клепиков, С.А. Сергеев* // Тр. Рос. электротехнич. конф. – М., – 1999.

УДК 621.33

СИЛОВОЙ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ С СУПЕРКОНДЕНСАТОРНОЙ БАТАРЕЕЙ

***Е.В. САКУН*[1*], *В.Б. КЛЕПИКОВ*[2]**

[1] *магістрант кафедри АЭМС, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2] *профессор кафедри АЭМС, докт. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[*] *email: eugene.sakun@gmail.com*

По мнению мировых экспертов в автомобилестроении альтернативы электромобилю нет. Основными причинами этого являются ограниченность мирового запаса нефти и влияние выхлопных газов на экологическую обстановку.

7 июля 2015 г. В НТУ «ХПИ» прошла презентация первого в Украине электромобиля с суперконденсаторной батареей, созданного на кафедре «Автоматизированные электромеханические системы» коллективом преподавателей, аспирантов и студентов.

Использование суперконденсаторов обеспечивает возможность рекуперации электрической энергии при торможении с возможностью ее дальнейшего использования. Таким образом увеличивается дальность пробега без подзаряда, являющаяся слабым местом современного электромобиля.

Целью данной работы является разработка силового полупроводникового преобразователя для электропривода электромобиля с суперконденсаторной батареей [1, 2], силовая схема которого приведена на рис. 1.

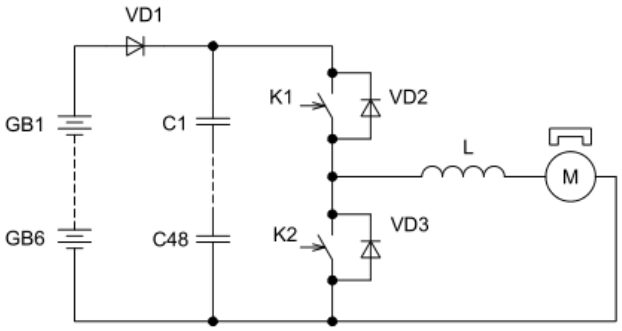


Рис. 1 – Силовая схема ЭП электромобиля

В качестве источника электрической энергии используются шесть последовательно соединенных свинцово-кислотных аккумуляторных батарей GB1 – GB6. Суперконденсаторы C1 – C48 предназначены для накопления энергии во время рекуперативного торможения и отдачи этой энергии в двигательном режиме. Диод VD1 предназначен для защиты аккумуляторных батарей от больших зарядных токов в режиме рекуперативного торможения.

Силовой преобразователь состоит из силовых полупроводниковых ключей К1-К2 и диодов VD2-VD3, собранных по полумостовой схеме. Для обеспечения

возможности рекуперативного торможения в цепь якоря двигателя последовательно включена добавочная индуктивность L.

В качестве силовых ключей были выбраны транзисторы MOSFET, обладающие меньшей стоимостью по сравнению с транзисторами IGBT на такую же мощность. Было принято решение использовать параллельное включение транзисторов для обеспечения протекания тока двигателя, достигающего 500 А.

Было проведено компьютерное моделирование работы преобразователя с регулятором тока в пакете MATLAB/Simulink и Power System Toolbox. На рис. 2 приведен переходный процесс тока двигателя при переходе из двигательного режима в режим рекуперативного торможения.

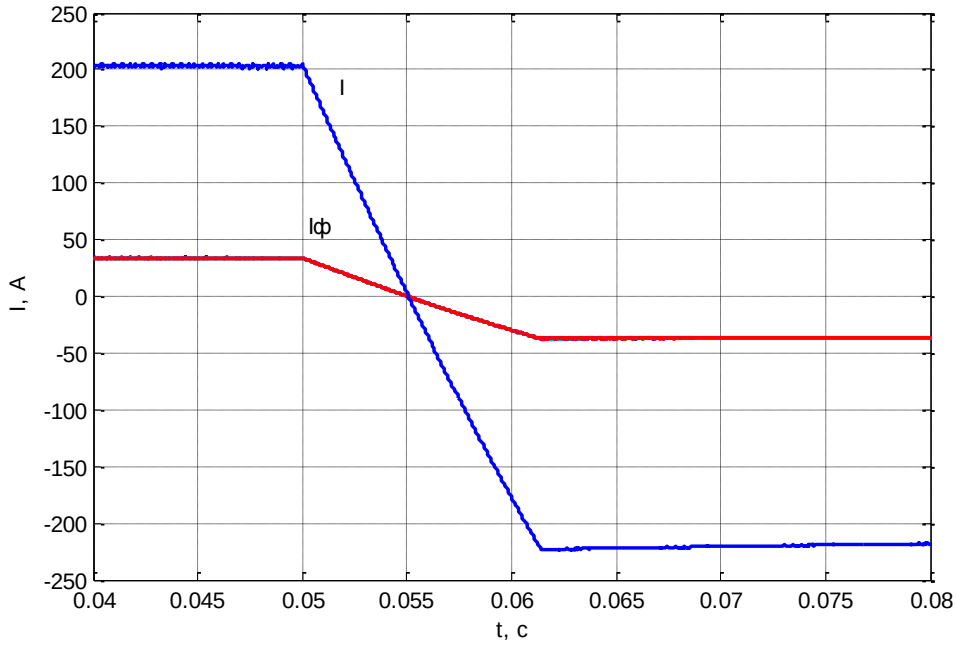


Рис. 2 – Переходный процесс тока двигателя (I – ток двигателя, Iф – ток одного канала преобразователя)

Микропроцессорная система управления преобразователем была реализована на микроконтроллере STM32. Программное обеспечение было разработано на языке С.

Преобразователь успешно прошел испытания и был использован в электроприводе электромобиля с суперконденсаторной батареей во время презентации.

Список литературы:

1. *Клепиков В.Б.* О подготовке специалистов-электромехаников для электромобилестроения / *В.Б. Клепиков* // Електротехнічні та комп'ютерні системи. - 2011. - № 3.

2. *Клепиков В.Б.* Рекуперативные режимы электропривода электромобиля с суперконденсаторами / *В.Б. Клепиков, А.С. Гончар* // Електромеханічні і енергозберігаючі системи – 2012 - № 3.

УДК 616-072

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНЕРЦИОННЫХ СВОЙСТВ ТУРБИННОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ПОТОКА МЕДИЦИНСКОГО СПИРОМЕТРА

М.Ю. СЕМЕНЧЕНКО [1], ***В.В. КУЛИЧЕНКО*** [2]

[1] *магистрант кафедры «Промышленная и биомедицинская электроника», НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[2] *доцент кафедры «Промышленная и биомедицинская электроника», канд. техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[*] *email: ms.tabakerka93@gmail.com*

Турбинные преобразователи потока являются одними из наиболее распространенных датчиков, применяемых в портативных спирометрах. Измеряемый таким образом расход пропорционален частоте вращения лопастей турбины и может быть рассчитан современными средствами микроконтроллерной техники. Однако, одним из существенных недостатков турбинного преобразователя является выраженная инерционность вращения лопастей на этапах страгивания и остановки. На этих этапах происходит искажение рассчитанного значения расхода, что ведет к снижению достоверности получаемых результатов.

Целью проводимого исследования являлось определение отклонения расхода, получаемого на основании данных с турбинного преобразователя потока, от истинного значения.

Для определения истинного значения расхода в лаборатории биомедицинской электроники НТУ «ХПИ» разработан стенд для исследования расходомеров на основе метода переменного перепада давления, схема которого изображена на рис. 1.

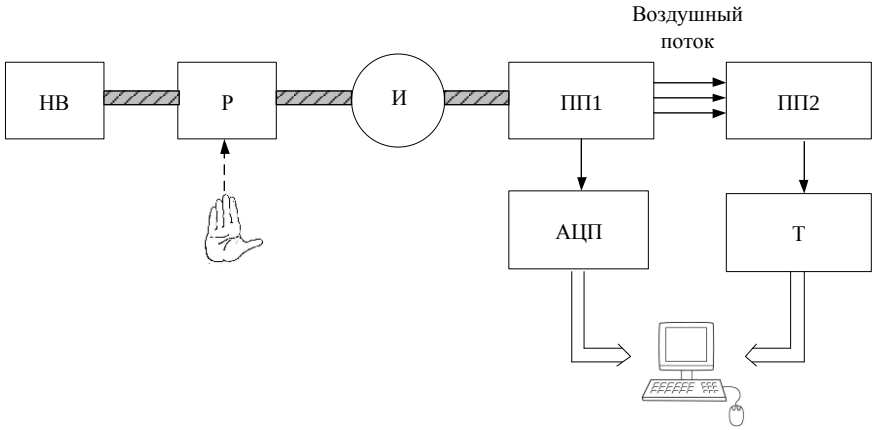


Рис. 1 – Схема стенда для проведения опытов

Для проведения исследований используются следующие устройства: нагнетатель воздуха (НВ), предназначенный для обеспечения поступления

воздуха; регулятор (Р) скорости потока, предназначенный для корректировки скорости воздушного потока, подаваемого на вход первичного преобразователя; измеритель (И) объемной скорости потока, реализованный на ротаметре; первичный преобразователь 1 (ПП1), в качестве которого используется трубка Флейша; первичный преобразователь 2 (ПП2), в качестве которого используется турбинный расходомер; аналогово-цифровой преобразователь (АЦП), который преобразует полученные результаты в цифровой код, который далее поступает в вычислительный блок; таймер (Т), обеспечивающий преобразование вращениЯ ПП2 в длительность импульсов.

Суть работы со стендом заключается в одновременном измерении перепада давления ΔP_i на ПП1 и регистрации периодов следования импульсов от ПП2, через которые проходит один и тот же поток газа. При расчете полученного значения расхода от ПП1 используется выражение (1):

$$Q_i = \alpha \cdot S \sqrt{2 \cdot \frac{\Delta P_i}{\rho}} \tag{1}$$

где Q_i – расход, α– коэффициент расхода, S – площадь отверстия сужающего устройства, ρ – плотность потока воздуха.

Для определения значения расхода для ПП2 используется выражение (2):

$$Q_i = \left(\frac{k}{T_i} + c \right) \cdot \left(1 + \tau_{CP} \cdot \frac{T_i - T_{i-1}}{T_i} \right), \tag{2}$$

где k, c и $\tau_{СР}$ – коэффициенты, полученные экспериментальным путём.

В результате проведенных исследований был получен график зависимости расхода воздуха Q (л/с) от времени t (с), представленный на рис.2.

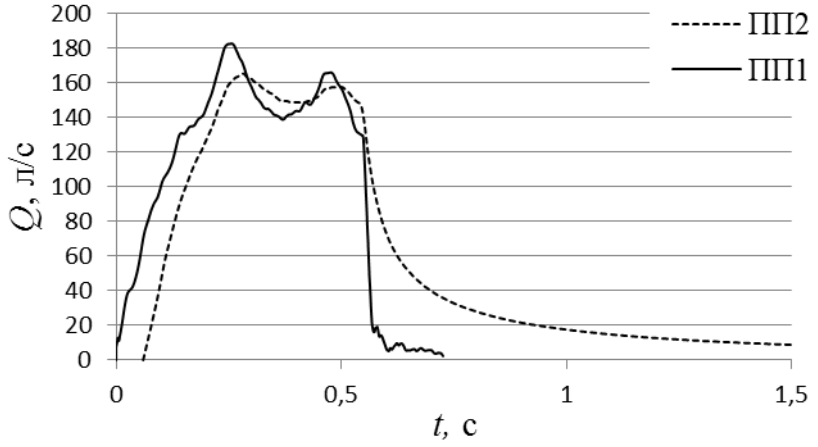


Рис. 2 – Зависимость расхода воздуха Q (л/с) от времени t (с)

Из данного графика можно сделать вывод о наличии инерционности у турбинного преобразователя, что искажает рассчитанные значения расхода воздуха и приводит к возникновению погрешности вычислений. Необходимо введение компенсации значения расхода воздуха на этапе разгона и отсечения – на этапе свободного вращения турбинного преобразователя.

УДК 621.313

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ТУРБОГЕНЕРАТОРОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОЗМОЖНОСТИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИЛИ НЕОБХОДИМОСТИ ЗАМЕНЫ

***С.В. СОБОЛЕВ*[1*], *В.В. ШЕВЧЕНКО*[2]**

[1] *магистрант кафедры электрических машин, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[2] *профессор кафедры электрических машин, канд. техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[*] *email: andrej.sobolev.1992@mail.ru*

Уровень турбогенераторостроения определяет в целом уровень развития электроэнергетики любой страны и, в определенной степени, ее энергетическую независимость. Поэтому оценка перспектив дальнейшего использования ТГ, установление объемов работ по модернизации при практически полной невозможности полной замены, становится первоочередной [1].

При проведении оценки технического состояния электрооборудования, в частности, турбогенераторов (ТГ), рассматриваются основные, наиболее уязвимые узлы, которые ранжируют по параметрам конструкции, по монтажу обмоток и сердечников статора и ротора, по основным показателям работы. При оценке используют результаты визуальных осмотров и испытаний, собирают статистические данные о состоянии различных элементов и режимных параметрах, которые могут повлиять на надежность работы и определить необходимость проведения ремонта (восстановления) или необходимости замены новыми.

При проектировании новых ТГ, как для внешнего, так и для внутреннего рынков, необходимо соответствовать мировым стандартам, что позволит поддержать их конкурентоспособность. Также следует учитывать, какие ТГ потребуются в ближайшее время для модернизации или полного обновления оборудования ТЭС, АЭС, ГЭС, знать общемировую тенденцию развития электроэнергетики и какие будут нужны типы ТГ и какие требования будут к ним предъявляться, [1,2]:

- нужно ли проводить работы по созданию ТГ предельной мощности (1000–1500 МВт и более) или следует все экономические возможности направить на техническое совершенствование ТГ среднего диапазона мощности (200–300 МВт);
- знать диапазон электромагнитных нагрузок и массогабаритные показатели, соответствующие мировым стандартам;
- в новых конструкциях необходима максимальная эксплуатационная надежность, высокая прочность элементов конструкции, допустимые температурные показатели за счет внедрения современных систем охлаждения.

Развитие отечественного турбогенераторостроения имеет свои особенности, которые определяются тем, что уже сегодня на многих ТЭС количество ТГ,

отработавших свой эксплуатационный срок, приближается к 90 % (официальная версия), [2]. Например, из 10 блоков Змиевской ТЭС шесть были введены в эксплуатацию в 1961-1969 годы и их срок эксплуатации превышает 40 лет. Три – в середине 80-х годов. И только один ТГ был заменен в 2009 г. Поэтому актуально установление критериев оценки состояния ТГ по их параметрам для определения возможности дальнейшего использования при завершении срока эксплуатации и после проведения работ по модернизации с учетом реального учета темпов нарастания количества стареющего оборудования.

При проведении модернизации, полных или частичных ремонтов следует обеспечить следующие требования: **1)** увеличение сроков службы и межремонтных периодов, снижение расходов на обслуживание и ремонты, обеспечение надежности и долговечности узлов и деталей. Вопрос снижения расходов на обслуживание и ремонты может решаться путем повышения мощности ТГ в единичном исполнении до 1200-1500 МВт; **2)** повышать коэффициенты готовности и маневренности, запасы мощности и эксплуатационной надежности. Последнее особенно трудно обеспечить с учетом мировой тенденции отказа от повышенных запасов механической прочности (из-за требований снижения массогабаритных показателей) и от *service-factor*-а, [2]; **3)** учитывать требование обеспечения безаварийной работы ТГ в нестационарных режимах (например, в режиме потребления реактивной мощности, т.е. в режимах недовозбуждения); **4)** применять средства технической диагностики состояния наиболее напряженных узлов и элементов в режимах *on-line*, а также при плановых и аварийных ремонтах, [3]. Большая рабочая длина «вала» турбоагрегата: турбина – ТГ – возбудитель - вращающийся выпрямитель (у ТВВ-1000-4У3 эта длина достигает 75 м), - требует установки комплекса измерительной аппаратуры, позволяющего определять амплитуды и фазы вибраций не только подшипников, но и роторов в различных сечениях, и позволяющего производить гармонический анализ этих колебаний. Для ТГ меньшей мощности, с более «коротким» валом, проблема усугубляется снижением уровня демпфирования из-за отсутствия демпферных обмоток, функции которых принимают на себя вихревые токи, замыкающиеся по массивным участкам стали ротора. Они в недостаточной степени ограничивают вибрацию и компенсацию механических воздействий на ротор ТГ; **5)** использовать современные системы охлаждения - при проведении модернизации ТГ мощностью 200-300 МВт (некоторые фирмы указывают и более высокую мощность, [3])

Вывод: В условиях, когда полная замена стареющего электрооборудования практически невозможна, основной вопрос - повышение срока эксплуатации.

Список литературы:

1. *Шевченко В.В.* Перспективная оценка совершенствования энергетической системы Украины // Электрика. - Москва: Изд-во: ООО Наука и технологии. – 2012. - № 9. - С. 10–15.

2. *Шевченко В.В.* Основные задачи, проблемы и направления развития отечественного турбогенераторостроения // Енергетика та електрифікація. - 2012. – № 10. – С. 33-39.

3. *Шевченко В.В., Минко А.Н.* Развитие систем охлаждения и оптимизация конструкций турбогенераторов: монография. – Харьков: Изд. Иванченко, 2013. – 242 с.

УДК 621.333

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЯГОВОГО ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА В ПАКЕТЕ ANSYS/MAXWELL

***Я.А. СЯБРУК*[1*], *В.П. ШАЙДА*[2]**

[1] *магистрант кафедры электрических машин, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[2] *доцент кафедры электрических машин, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[*] *email: isyabruk00@gmail.com*

Несмотря на то, что основным направлением развития тягового привода подвижного состава железнодорожного транспорта является переход от привода на основе коллекторных тяговых двигателей (ТД) к приводу с бесколлекторными двигателями, значительная часть выпускаемого тягового подвижного состава продолжает оснащаться приводом с коллекторными ТД [1]. При модернизации этих локомотивов ставится задача повышения их тяговых свойств, что возможно осуществить за счет модернизации ТД.

В работе [1] в качестве модернизируемого был выбран ТД постоянного тока ЭД133 (производитель – ГП завод «Электротяжмаш», г. Харьков). Там же были выбраны пути модернизации, однако на первом этапе было решено выполнить моделирование существующего двигателя в пакете Ansys Maxwell, т.к. этот пакет позволяет получить картину распределения магнитного поля в двигателе и проводить оптимизационные расчеты.

Основные исходные данные проектируемого двигателя: номинальная мощность 414 кВт; номинальное напряжение 506 В; номинальная частота вращения 600 об/мин; число полюсов – 4.

Расчет параметров и характеристик ТД был выполнен в программе инженерного проектирования RMxprt, входящей в пакет Ansys Maxwell. Заданные геометрические размеры электродвигателя соответствуют размерам прототипа представленным на рис. 1.

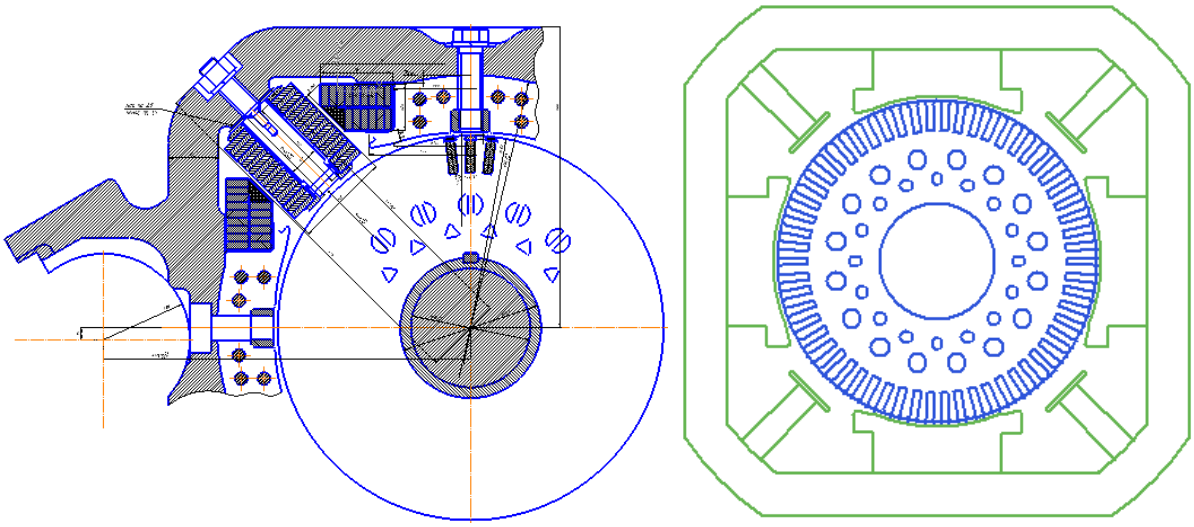


Рис. 1 – Чертеж квадранта электродвигателя ЭД133 и его модели в Ansys RMxprt

При составлении модели были учтены нелинейные свойства материалов пакета якоря (сталь 2212), полюсов и станины (сталь Ст3). Кроме того, для электротехнической стали была задана зависимость удельных потерь от величины магнитной индукции при частоте 50 Гц с определением коэффициентов Штейнмеца.

Обмотка якоря – простая петлевая с полными уравнительными соединениями. Двигатель имеет внешнюю принудительную вентиляцию, поэтому потери на вентиляцию в проекте RMxprt не учитывались. Механические потери при номинальной частоте вращения составляют 3 кВт.

Основные результаты расчета, в сравнении с данными базового ТД, представленными ГП «Электротяжмаш», приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Результаты расчета ТД ЭД133 в RMxprt

Наименование параметра	Базовый ТД	Расчет в RMxprt
Ток, А	890	862
КПД, %	92	93,65
Момент на валу, Н·м	6592	6590,5
Сопротивление обмотки якоря при 20 °С, Ом	0,0112	0,00968
Сопротивление обмотки возбуждения при 20 °С, Ом	0,00675	0,00585
Сопротивление обмотки добавочного полюса при 20 °С, Ом	0,00641	0,00612

Как видно из табл. 1, результаты расчета и эксперимента имеют удовлетворительную сходимость, что позволяет сделать вывод о систематическом применении пакета Ansys Maxwell в поверочных расчетах и анализе характеристик тяговых электродвигателей. Таким образом, можно проверять влияние модификаций в ТД на его выходные данные без изготовления дорогостоящих натурных образцов и проведения экспериментальных исследований.

После завершения инженерного расчета в RMxprt открывется возможность экспортировать рассчитанных проект в Maxwell 2D/3D автоматически с генерированием расчетных моделей, возбуждения, свойств примененных материалов.

Задачей дальнейших исследований является выполнение полевых расчетов в магнитостатической (magnitostatic) и переходной (transient) постановках. А также оптимизация ТД ЭД133 с целью повышения технико-экономических показателей во встроенном в Ansys Maxwell модуле Optimetrics.

Список литературы:

1. *Шайда, В.П.* Пути модернизации тягового двигателя постоянного тока ЭД133 для привода колесных пар тепловозов [Текст] / *Шайда В.П., Рябов Е.С., Сябрук Я.А.* // Международная научная конференция MicroCAD : Секція №9 – Електромеханічне та електричне перетворення енергії – НТУ "ХПИ", 2015. – С. 122.

УДК 621.317.2

ДОСЛІДЖЕННЯ І ОПТИМІЗАЦІЯ ПРОГРАМНО-АПАРАТНИХ ЗАСОБІВ МОНІТОРУВАННЯ ВМІСТУ SPO2 В КРОВІ

М.О. ТАРАН [1], ***М.А. ШИШКІН*** [2]

[1] *магістрант кафедри Таран. М. О., НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2] *доцент кафедри Шишкін М. А., канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
email: trnmasha@rambler.ru

Метод пульсоксиметрии представляет собой определение уровня содержания кислорода в гемоглобине артериальной крови. Содержание кислорода в артериальной крови (Ра02) является одним из главных факторов, от которого зависит метаболизм организма человека, то есть, набор химических реакций, влияющих на поддержание жизни. При дефиците кислорода в артериальной крови жизнедеятельность организма ухудшается, а если его достаточно, человек чувствует себя хорошо.

Целью работы является исследование и оптимизация программно-аппаратных способов мониторинга содержания SPO2 в крови.

Актуальность работы обусловлена необходимостью с достаточной скоростью и точностью выполнения непрерывных измерений SPO2 в условиях разнообразных внешних помех.

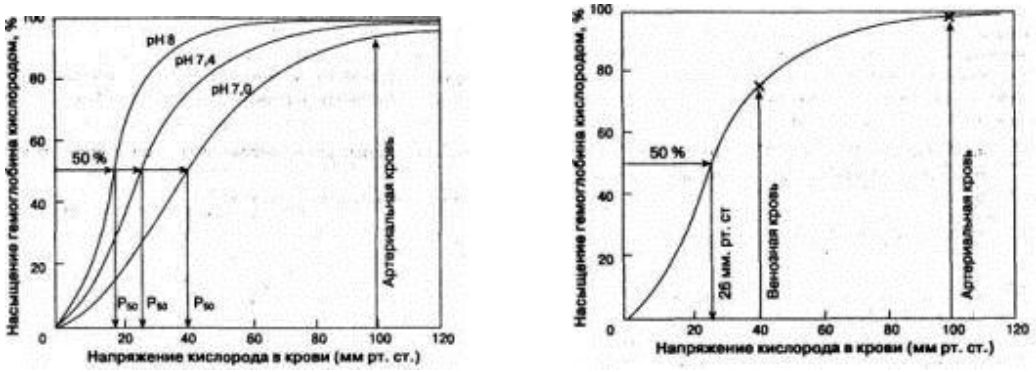
Задачей работы является определение оптимального баланса между аппаратной и программной частями комплекса, исследование, анализ и моделирование программно-аппаратных способов оптимизации мониторинга содержания SPO2 в крови.

Современные пульсоксиметры определяют процентное содержание молекул гемоглобина, к которым присоединены молекулы кислорода, в некотором объеме крови и измеряется при помощи двух источников света с разной длиной волны и фотодатчика, который улавливает световые волны, проходящие через ткани или отраженные от них. Таким образом, существует две разновидности пульсоксиметрии:

- Трансмиссионная — методика, основанная на анализе светового потока, пропускаемого через ткани организма.
- Отраженная — методика измерения уровня кислорода в крови, основанная на анализе отраженного от тканей светового потока.

Нормальная кривая диссоциации оксигемоглобина представлена на рис. 1.а. Исходная точка, когда РаО2 гемоглобин не содержит кислорода и SaO2 также равняется нулю. По мере повышения Ра02 гемоглобин начинает быстро насыщаться кислородом, превращаясь в оксигемоглобин: небольшого увеличения напряжения кислорода оказывается достаточно для существенного прироста содержания НЬО2. При 40 мм рт. ст. содержание НЬО2 достигает уже 75 %. Затем наклон кривой становится все более и более пологим. На этом участке кривой гемоглобин уже менее охотно присоединяет к себе кислород, и

для насыщения оставшихся 25 % НЬ требуется поднять Ра02 с 40 до 150 мм рт. ст. Нормальное положение кривой диссоциации оксигемоглобина как раз и соответствует оптимальной готовности гемоглобина к реализации обеих задач. Но при определенных условиях баланс между стремлением гемоглобина присоединить кислород и готовностью его отдать нарушается. Графически это выражается сдвигом кривой диссоциации вправо или влево (рис. 1.б).



а *б*

Рис. 1 – Диссоциация оксигемоглобина: *а* – кривая диссоциации оксигемоглобина; *б* – сдвиг кривой диссоциации оксигемоглобина

Обзор зарубежных исследований показал, что пульсоксиметры являются источником более чем половины всех тревожных звуковых сигналов, раздающихся в стандартно оборудованных отделениях интенсивной терапии. При этом в 95 % случаев причиной активации аларма пульсоксиметра служит не реальная опасность, а артефакты (показания монитора, которые обусловлены не истинными значениями параметров, а действием посторонних факторов) или неправильная настройка аларм-системы. Приблизительно в 60 % случаев персонал отключает ее, не пытаясь разобраться в том, почему произошло срабатывание.

Анализ показал, что наиболее часто встречаются погрешности, описанные ниже: 1) связанные с освещением, 2) вызванные наводками постороннего электромагнитного излучения, 3) порожденные низкой амплитудой ФПГ, 4) вызванные движением больного.

Вывод: Анализ современного состояния проблемы измерения сигналов при проведении пульсоксиметрии показал, что несмотря на широкое распространение данного метода, имеет место значительное количество артефактов, связанных с воздействием различных помех. Таким образом требуется более углубленное исследование и оптимизация программно-аппаратных способов мониторинга SPO2.

Список литературы:

1. *Шурыгин И. А.* Мониторинг дыхания: пульсоксиметрия, капнография, оксиметрия.// СПб.: "Невский Диалект"; М.: "Издательство БИНОМ", 2000.- 301 с.: ил. Рецензент проф. В. С. Щелкунов

УДК 621.314

МОДЕЛИРОВАНЕ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА

А.А. ЧУПРИН [1]***, Д.С. КРЫЛОВ*** [2]

[1] *магистрант кафедры «Промышленная и биомедицинская электроника» , НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[2] *руководитель работы доцент кафедры «Промышленная и биомедицинская электроника», канд. техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[*] *email: homezp94@gmail.com*

На многих промышленных предприятиях имеется сравнительно крупный парк мощных асинхронных двигателей, служащих для выполнения целого ряда технологических процессов. В основе регулирования оборотов мощного асинхронного двигателя лежит частотный метод, заключающийся в преобразовании переменного тока в постоянный ток, а затем преобразовании его в переменный ток заданной частоты, требуемой для необходимой скорости вращения двигателя. В большинстве случаев это реализуется схемой автономного инвертора напряжения с широтно-импульсной модуляцией. Поэтому несомненно важной является задача по моделированию работы асинхронного электропривода на базе автономного инвертора напряжения с широтно-импульсной модуляцией для исследования его характеристик и влияния параметров самого двигателя на работу схемы. Один из методов реализации такой задачи, является моделирование в программе Matlab Simulink с пакетом SimPowerSystems, поскольку работа с ним представляется сравнительно простой и наглядной, а характеристики построенных моделей приближены к характеристикам реальных физических стендов.

Целью настоящей статьи является проверка работы модели и сравнение результатов моделирования при различных вариантах сочетания параметров.

Список литературы:

1. *Гончаров Ю.П.* Перетворювальна техніка: підручник. Ч.2 / *Ю.П. Гончаров, О.В. Будьонний, В.Г. Морозов, М.В. Панасенко, В.Я. Ромашко, В.С. Руденко.* – Харків: Фоліо, 2000. – 360с.

2. *Герман-Галкин С.Г.* Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в Matlab 6.0. / *С.Г. Герман-Галкин*. – СПБ.: Корона, 2001. – 320с.

3. Методические указания по выполнению лабораторной работы «Моделирование автономного инвертора напряжения» по дисциплине «Методы расчета и моделирования преобразователей» для студентов направления 05.08.02 «Электронные устройства и системы», специализирующихся в силовой электронике. *Жемеров Г.Г. Крылов Д.С. Холод О.И.* Харків: – НТУ “ХПІ”, 2014

4. *Дьяконов В.* Matlab. Анализ, идентификация и моделирование систем: специальный справочник. / *В. Дьяконов, В. Круглов.* – СПБ.: Питер. 2002. – 448с.

5. *Черных И.В.* Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystems и Simulink – ДМК Пресс 2008. – 290с.

УДК 621.313.12

ВЫБОР АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ ДЛЯ ВЕНТИЛЯТОРА ТЕПЛОВОЗА С ОБЕСПЕЧЕНИЕМ ЕГО УСТОЙЧИВОЙ РАБОТЫ

***О.О. ХАНИН*[1*], *В.В. ШЕВЧЕНКО*[2]**

[1] *магистрант кафедры электрических машин, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[2] *профессор кафедры электрических машин, канд. техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[*] *email: qwezzzy@ukr.net*

Применение регулируемого электропривода позволяет получать новые качества систем и объектов и обеспечивает энергосбережение в этих системах. Для вентиляторных установок, где нет значительных перегрузок и регулирование частоты вращения приводного двигателя осуществляется в небольших пределах, обычно используют АД, позволяющие обеспечить необходимое давление и производительность, [1]. Режим регулирования выбирается в зависимости от поставленной задачи:

1) для получения высоких энергетических показателей АД: cosφ, КПД, перегрузочной способности, – необходимо одновременно с частотой изменять и величину подводимого напряжения, закон изменения которого зависит от характера момента нагрузки M_c;

2) для обеспечения постоянного момента нагрузки вентилятора напряжение должно изменяться по закону U_1/f_1^2=const.

На тепловозах используются центробежные вентиляторы среднего давления, позволяющие, в отличие от осевых, упростить размещение воздухопроводов на локомотиве. Воздух на охлаждения тягового агрегата берется снаружи тепловоза через фильтры. Для уменьшения динамических нагрузок на лопатки, ступицу вентилятора соединяют с валом через упругую муфту, передающую крутящий момент на колесо вентилятора.

Двигатели вентиляторов тепловозов работают в особых условиях, определяемых частотой вращения привода тягового синхронного генератора переменного тока, что, в свою очередь, зависит от скорости движения железнодорожного состава. Поэтому характеристики переменного напряжения тягового генератора изменяются в широком диапазоне: по частоте - от 25 до 100 Гц, по величине питающего напряжения - от 102 В до 590 В.

Управление частотой вращения АД - весьма эффективный способ снижения энергозатрат при работе вентиляторов, которые работают с переменной частотою вращения приводов. При этом экономия энергии пропорциональна кубу относительного значения снижения частоты вращения по сравнению с номинальным, [2]. Поэтому, при использовании систем регулирования, решение задачи управления возможно с одновременным решением вопроса энергосбережения. Однако, согласно требованиям обеспечения надежности работы тепловоза, не желательна установка

дополнительных многоэлементных систем, [1,3].

На практике рабочая точка вентилятора – это т. 1, (рис.1), она определяет область устойчивой работы. Т. 3 соответствует характеристике сети при снижении давления, развиваемого вентилятором (при снижении частоты вращения приводного двигателя). Т. 2 соответствует характеристике сети при увеличении давления (при увеличении частоты вращения АД).

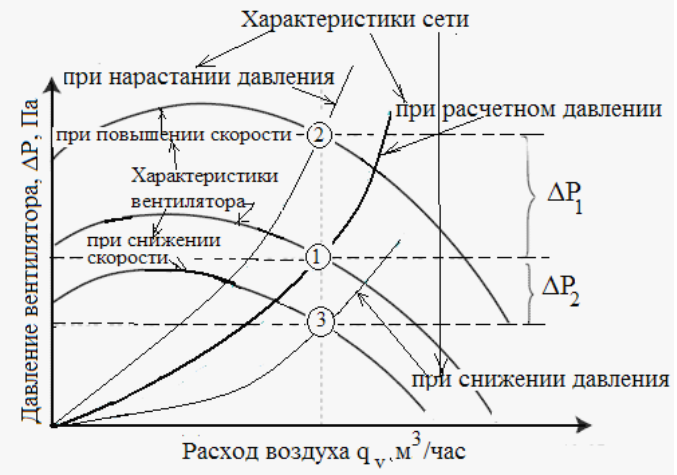


Рис. 1 – Зависимость давления, развиваемого вентилятором, от расхода воздуха, пропускаемого через сечение охладителя. ΔP_1 и ΔP_2 - разница в давлении при различных скоростях вращения приводного АД

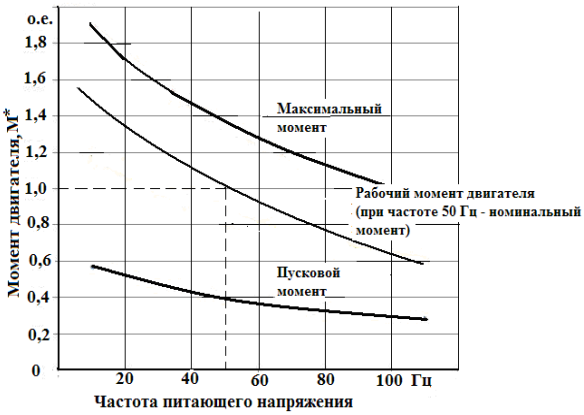


Рис. 2 – Изменения величин максимальных, номинальных и пусковых моментов

Выше зоны устойчивой работы (т. 1, рис.1) аэродинамические условия ухудшаются, т.е. динамическое давление должно располагаться ниже стабильной зоны, чтобы вентилятор обеспечивал необходимую производительность. Максимальный момент АД можно регулировать, изменяя по величине напряжение, подводимое к статору. Момент двигателя изменяется пропорционально напряжению. При проведении исследований нами были выполнены расчеты механических характеристик АД при изменении частоты питающего напряжения. На рис. 2 представлены характеристики изменений пускового, максимального и номинального моментов АД в зависимости от значений частоты питающего напряжения.

Вывод. Наиболее устойчивая зона работы АД находится в области низких частот напряжения питания двигателя от тягового генератора тепловоза. Дополнительный контроль за работой двигателя необходимо вести в области частот напряжения, близких к 100 Гц.

Список литературы:

1. *Лезнов Б.С.* Энергосбережение и регулируемый привод в насосных и воздуходувных установках. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 415 с.

2. *Носков В.А.* Исследование характеристик асинхронной электрической машины / *В. А. Носков, Л. А. Пантелеева* // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2011. – № 4. – С. 13-15.

УДК 621.314.6

СРАВНЕНИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ОТБОРА ЭНЕРГИИ В ВЕТРОЭНЕРГЕТИКЕ

И.Н. ХРАМОВ [1] **, *Г.Г. ЖЕМЕРОВ*** [2]

[1] *магистрант кафедры промышленная и биомедицинская электроника, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА,*

[2] *профессор, д.т.н., НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

e-mail: ilya-allnet@mail.ru

В последние годы в системах отбора энергии от ветровых электростанций превалируют преобразователи, которые включаются в цепь ротора машины двойного питания и активные выпрямители по схеме back to back. В настоящее время широкое применение в системах электроснабжения нашли модульные многоуровневые преобразователи, отличающиеся от других преобразователей целым рядом положительных свойств, таких как: высокий КПД, удешевление производства за счет применения однотипных модулей, близкие к синусоиде токи преобразователя, возможность комутации транзисторов при нулевых напряжениях или нулевых токах, что позволяет повысить частоту ШИМ. Главным недостатком модульных многоуровневых преобразователей является сложная система управления, с множеством регуляторов [1].

Целью данной работы является сравнение различных преобразовательных систем, для отбора энергии в ветроэнергетике. Так как именно преобразовательные системы являются важнейшим элементом передачи энергии от места выработки к потребителям.

Конструктивно ветроэнергетическая система состоит из ветрогенератора, который вырабатывает энергию, активного выпрямителя предназначенного для поддержания напряжения на конденсаторе постоянным, конденсатора и активного выпрямителя, работающего в инверторном режиме, который обеспечивает поток энергии от источника к потребителю [2].

В работе будет проведен сравнительный анализ активного выпрямителя и модульного многоуровневого преобразователя, с целью выявления недостатков этих преобразователей.

Список литературы:

1. *Makoto Hagiwara, Hirofumi Akagi*, “Control and Experiment of Pulsewidth-Modulated Modular Multilevel Converters,” *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 24, no. 7, pp. 1737-1746, July 2009.

2. *S. Heier,* Grid integration of wind energy conversion systems/translated by Rachel Waddington. John Wiley, 1998. ISBN 0-47-197143x

УДК 543.27

СЕНСОРИ ГАЗОСИГНАЛІЗАТОРІВ ЧАДНОГО ГАЗУ

М.С. ЯКОВЛЮК [1*]***, М.М. СІРЕНК О***[2]

[1]*магістрант кафедри ПМНК, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2] *професор кафедри ПМНК , канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, Україна*
**email:marina080519938@mail.ru*

Сучасним газоаналізаторам властива гарна виборча здатність відносно аналізованого компонента (чадного газу CO). Для цього використовуються різні фізичні явища, назви яких вживаються у найменуванні сенсорів. Так як органи чуття людини не дозволяють виявити появу чадного газу, то для цього використовуються аналітичні сенсори CO наступних типів: напівпровідникові, оптичні (в т.ч. біометричні), термокондуктометричні і електрохімічні [1, 2].

В основу роботи оптичного детектора покладена властивість селективного поглинання чадним газом певної частини інфрачервоного випромінювання пропорційно його об'ємній концентрації у повітрі житлової або робочої зони. У біометричному детекторі CO інфрачервоне світло проходить через мембрану з синтетичного гемоглобіну і у присутності CO рівень цього випромінювання знижується і формується сигнал тривоги. Недоліком таких детекторів CO є схильність до формування помилкових тривог в процесі експлуатації внаслідок акумулювання CO та деяких інших домішок, що містяться в атмосфері.

Робота термокондуктометричних газоаналізаторів заснована на залежності теплопровідності газової суміші від концентрації CO, що входить до її складу. Для цього застосовуються датчики з терморезисторами, які підігріваються електричним струмом. При обдуванні цих елементів аналізованою газовою сумішшю вони охолоджуються по різному, тому що теплопровідність різних газів значно відрізняється. Вимірюючи температуру нагрівального елементу за допомогою датчиків температури, можна визначати концентрацію CO у повітрі.

Найширше застосування на сьогодні мають електрохімічні газоаналізатори CO з датчиками на основі твердого електроліту. Фізичний принцип дії таких датчиків заснований на законі Нернста. Дані сенсори мають важливі переваги при локальних вимірюваннях, а саме вони не схильні до впливу вібрації або зміни температури; мають невеликі розміри і малу вагу; мають широкий діапазон вимірювань і високу чутливість, яка дозволяє вимірювати незначні концентрації CO, які можуть бути небезпечні при тривалому впливі на людину.

Список літератури:

1. *Порєв В.А.* Аналітичні екологічні прилади та системи / *В.А. Порєв, О.А., Дашковський, Я.Л. Миндюк*, Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, – 2009 – 267с.

2. *Левшина Е.С.* Электрические измерения физических величин. Измерительные преобразователи. Учебное пособие для вузов. 1983.- 320 с.

УДК 621.355.9

СИСТЕМА ВЫРАВНИВАНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ НА ЭЛЕМЕНТАХ АККУМУЛЯТОРНОЙ БАТАРЕИ

***А.С ЯСЬКО*[1], *А.В. ЕРЕСЬКО*[2]**

[1]*магистрант кафедры «Промышленная и биомедицинская электроника», НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[2]*доцент кафедры «Промышленная и биомедицинская электроника», канд. техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

**email: lefarf.fan94@gmail.com*

Неравномерность потребления электрической энергии в течении суток есть одна из основных проблем электроэнергетики. В течении суток есть максимумы и минимумы потребления, в результате чего присутствует избыток электроэнергии и недостаток во время пикового потребления.

Одним из способов устранения неравномерности потребления электрической энергии является наличие батарейной системы накопления энергии. В процессе эксплуатации аккумуляторной батареи её элементы могут разряжаться и заражаться с различной скоростью. Это связано с тем, что аккумуляторы одного производителя, одного типа и одной производственной партии имеют немного различные характеристики, такие как внутренне сопротивление, ток саморазряда и много других. Эти параметры также зависят от времени службы и температуры. Для рационального использования ресурса каждого аккумулятора необходимо наличие системы контроля и балансировки напряжения.

Данная система должна отслеживать уровень заряда каждого элемента аккумуляторной батареи, предотвращать выход за допустимые значения и выравнивать значение напряжения на элементах между собой. Чтобы иметь возможность узнать уровень напряжения, каждый аккумулятор на короткое время подключается к обмотке через ключевой элемент. С одной стороны, накопительный элемент подключен к источнику напряжения по топологии обратноходового преобразователя, а с другой стороны иметься обмотка, напряжение на которое соответствует напряжению на аккумуляторе, во время разомкнутого состояния ключа, которые находится между ними. Текущее значение напряжения аккумулятора фиксируется на измерительной обмотке. Для получения данных о состоянии заряда всех элементов аккумуляторной батареи система поочередно произведем измерения каждой из них.

Список литературы:

1. *Замаруев В.В., Ересько А.В., Стысло Б.А., Турманидзе А.И.* Система контроля и управления уровнем напряжения элементов аккумуляторной батареи // НТУ «ХПИ» – 2015.

СЕКЦІЯ 10. СУЧАСНІ ІНФОРМАЦІЙНІ ТА ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕНЕРГЕТИЦІ

УДК 621.314

ОСОБЕННОСТИ СТАРЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ КОНДЕНСАТОРНОГО ТИПА ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ВВОДОВ В ТЕЧЕНИЕ ДЛИТЕЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

***О.С. БРАЖНИК*[1], *Г.Н. СЕРДЮКОВА* [2], *А.А. ЗАГАЙНОВА* [3*]**

[1] *магистрант кафедры ПЭЭ, НТУ «ХПИ», Харьков, Украина*
[2] *доцент кафедры ПЭЭ, канд. техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, Украина*
[3] *ассистент кафедры ПЭЭ, НТУ «ХПИ», Харьков, Украина*
[*] *email: serdukova. galina@gmail.com*

Построение адекватных моделей старения изоляции конденсаторного типа высоковольтных вводов невозможно без учета характерных особенностей зависимостей показателей качества изоляции от времени эксплуатации. Вопросы, связанные с исследованием зависимостей показателей качества изоляции конденсаторного типа высоковольтных вводов от времени эксплуатации, не нашли широкого освещения в литературе.

Данная статья посвящена анализу результатов исследований особенностей дрейфа показателей качества изоляциивысоковольтных вводов на длительных интервалах эксплуатации.

При исследовании процессов старения изоляции на длительных интервалах эксплуатации (30 лет и более) важно оценить, является ли скорость старения постоянной на всем исследуемом промежутке или же она изменяется. Это связано с тем, что необходимо прогнозировать остаточный ресурс изоляции, а для этого необходимо получить математическую модель, которая бы характеризовала изменение значений характеристик изоляции в зависимости от длительности эксплуатации и от других факторов. Если скорость старения изоляции неизменна, то для прогнозирования можно использовать линейную модель. Если же скорость старения изменяется на длительном промежутке эксплуатации, то линейная модель не приемлема, и необходимо использовать более сложный вид зависимости.

Выполнить подобного рода оценку возможно путем проверки общей линейной гипотезы [1].Для анализа отклонений от линейности использовались результаты периодических испытаний высоковольтных вводов, находящиеся в эксплуатации в Украине. Для повышения достоверности результатов испытаний была выполнена двухэтапная процедура тестовой фильтрации. После чего на основании предложенного в [2] критерия максимума корреляционного отношения были сформированы массивы однородных показателей качества, в которых изменение значений показателей происходило с одинаковой интенсивностью.

Выполнена проверка отклонения от линейности показателей качества изоляции конденсаторного типа высоковольтных вводов (тангенс угла диэлектрических потерьtgδ, ёмкость С, сопротивление).

В табл. 1 приведены результаты дисперсионного анализа для проверки на отклонение от линейности для сформированных массивов показателей качества изоляции высоковольтных вводов.

Таблица 1 – Результаты оценки отклонения от линейности временных рядов показателей качества изоляции высоковольтных вводов

Название показателя	F–статистика		Суммы дисперсионного разложения		Выполнение	Общее выполнение
	$F_{рас}$	$F_{крит}$	$Q_{откл}$	$Q_{лин. регр.}$		
$tg\delta_{10}$(M1)	2.73	5.023	0.06835	0.15967	выполняется	выполн.
$tg\delta_{10}$(M2)	4.12	5.023	1.06706	2.8535	выполняется	
C_{10}(M1)	1.15	5.023	32937.6	106229.9	выполняется	–
C_{10}(M2)	8.37	5.023	120421.4	278180.3	не выполн.	
$tg\delta_{3}$(M1)	1.88	5.023	0.12296	0.33748	выполняется	не выполн.
$tg\delta_{3}$(M2)	6.72	5.023	0.81064	0.91468	не выполн.	
$tg\delta_{3}$(M3)	12.32	5.0239	3.40482	10.9335	не выполн.	

Как видно из табл. 1, не для всех массивов однородных данных гипотеза о линейности была отвергнута. Полученные результаты позволяют сделать важный вывод: на наблюдаемых интервалах эксплуатации (а это более 30 лет) скоростьдрейфа значений показателей меняется. В связи с этим, одной из важнейших задач следующего этапа исследований является количественная оценка влияния условий эксплуатации на скорость старения изоляции. При этом полученные результаты накладывают ряд существенных ограничений на выбор модели факторного анализат.к. из-за отклонения от линейности зависимостей показателей качества от времени эксплуатации использование регрессионного и ковариационного анализа является недопустимым.

Выявленные отклонения от линейности значительно усложняют как модели для оценки степени старения изоляции, так и модели для прогноза остаточного ресурса. Поэтому одним изнаправлением дальнейшей работы является исследование возможностей линеаризации данных зависимостей.

Список литературы:

1. *Джонсон Н.,* Статистика и планирование эксперимента в технике инауке / *Н. Джонсон, Ф. Лион,* М.: Мир, 1981. – 520 с.

2.. *Загайнова А.А.* Формирование статистически однородных временных рядов показателей качества изоляции конденсаторного типа высоковольтных вводов. / *А.А. Загайнова* // Проблеми енергоресурсозбереження в електротехнічних системах. Наука, Освіта і практика. Кременчук.– 2015. –№1.

УДК 620.92

ИССЛЕДОВАНИЕ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ ГЕНЕРИРУЮЩЕГО УЗЛА В СОСТАВЕ ВЕТРОВОЙ И СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ.

***А.А. БУТКО*[1*]*, С.Ф. АРТЮХ*[2]

[1] *магистрант кафедри «Электрические станции», НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[2]*професор кафедри «Электрические станции», доктор. техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[*]*email: mr-alex.butko@yandex.ua*

Современный мир характеризуется возрастанием роли возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Во многих странах развитие ВИЭ занимает приоритетное место. В связи с этим на данный момент очень остро стоят вопросы по устранению причин, которые ограничивают использование возобновляемых источников энергии. К таким причинам относится нестабильность в работе ВИЭ: например, отсутствие солнечной энергии и ветра предопределяет периодичность энергоснабжения, а неравномерная скорость ветра и интенсивность солнечного излучения приводит к нестабильности энергетических характеристик. Поэтому для решения надежного и эффективного электроснабжения актуальны исследования электрообеспечения на основе возобновляемых источников энергии для автономных режимов их работы и работы с присоединением к электрическим сетям с потреблением и выдачей электроэнергии в сеть, а также использование гибридных станций.

Целями данной научно-исследовательской работы являются исследование возможных режимов работы комплексного генерирующего узла, который состоит из разнотипных электрических станций на базе возобновляемых источников энергии (например, солнечных батарей и ветроустановок), как в автономном режиме, так и с присоединением к электрическим сетям с потреблением и выдачей электроэнергии, и анализ предложенных в мире научных решений в данном направлении.

В ходе проведения исследования будет выполнено сравнение режимов генерирующего узла на базе возобновляемых источников энергии, который будет работать автономно (без присоединения) и с присоединением к электрической сети.

Список литературы:

1. Caralis G. and Zervos A., Prospects of wind and pumped storage systems' integration in Greek islands, *EWEC 2006, European WindEnergy Conference*, Athens, Greece, 27 Febr.–2 March 2006.

2. Celik A.N., 2002, "Optimisation and Techno-Economic Analysis of Autonomous Photovoltaic–Wind Hybrid Energy Systems in Comparison to Single Photovoltaic and Wind Systems", Energy Conversion and Management, 43 (2002) 2453–2468.

УДК 631.516

ОБГРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

***В.Є. ВОРОНА*[1*], *В.Я. БУНЬКО*[2]**

[1]*магістрант кафедри енергетики і автоматики, ВП НУБіП України «БАТІ», Бережани, УКРАЇНА*

[2]*доцент кафедри енергетики і автоматики, канд. техн. наук, ВП НУБіП України «БАТІ», Бережани, УКРАЇНА*

[*]*VBunko@gmail.com*

Електрична енергія виступає в процесах купівлі-продажу як товар, що відрізняється особливими споживчими властивостями:

- збігом у часі процесів виробництва та споживання;
- транспортування та споживання;
- залежністю характеристик якості електричної енергії від процесів її споживання;
- небезпекою при виробництві, транспортуванні та споживанні;
- неможливістю зберігання та повернення неякісної електричної енергії.

Електропостачання характеризується надійністю та якістю. Якість електропостачання тісно пов'язана з властивостями самих електроприймачів, які чинять вплив на якість та надійність роботи системи електропостачання.

Якість електроенергії характеризується різними порушеннями і спотвореннями форми напруги живлення, комутаційні перенапруги, що викликаються комутацією ділянок електричної мережі, провали і відхилення напруги під час роботи пристроїв автоматичного включення резерву і перемикання споживачів на інші джерела живлення. Самі електроприймачі можуть вносити спотворення в електричну мережу. Такими властивостями володіють електроприймачі з різко змінним і нелінійним характером навантаження, а саме:будь-які перетворювачі,промислові споживачі, електричний транспорт і т.д.

Причина неякісної електроенергії в мережі в 95% випадків – саме споживачі: їх установки споживаючи електрику, спотворюють параметри струму, який потрапляє до інших споживачів. Показники якості, передбачені зазначеним вище ГОСТом, можуть безперервно змінюватися в електричній мережі, оскільки залежать не тільки від дій постачальників електроенергії, диспетчерів, які керують режимами роботи генерації та об'єктів мережі електричного господарства, технічного стану ліній електропередачі та трансформаторних підстанцій, але і від дій самих споживачів – від навантаження, яке створюють останні, а також від справності їх електрообладнання [1].

Якість електричної енергії має істотний вплив на надійність і економічність роботи електрообладнання. Погіршення ЯЕ може призвести до збитків: вихід з ладу електротехнічного обладнання, порушення роботи

пристроїв автоматики, телемеханіки, зв'язку, електронної техніки, збільшення втрат електроенергії, нерегламентованих змінами технологічного процесу, зниження якості продукції, що виробляється, продуктивності праці та інше.

Для забезпечення безперебійної роботи системи електропостачання необхідна оцінка параметрів мережі. Відомий факт, що сучасне зарубіжне промислове обладнання не адаптовано до електромереж України, в результаті чого через коливання і провали напруг відбуваються регулярні аварійні зупинки виробництва, відключення систем контролю і управління. Кожне підприємство має за рік більше 20-40 провалів напруг [2].

Контролювати якість електроенергії можливо лише із застосуванням спеціальних приладів, які забезпечують вимірювання і розрахунок всіх параметрів, необхідних для визначення та аналізу якості електроенергії відповідно до умови ГОСТ 13109-97 [3].

Головною метою роботи являється обґрунтування та аналіз показників якості електричної енергії в розподільчих пристроях 0,4кВ, які впливають на роботу, режими та функціонування електроустаткування в системі електрозабезпечення.

Відповідно до номенклатури підприємств, які мають на своєму балансі розподільчі пристрої 10 та 0,4 кВ,необхідним є дослідження елементів монтажу кріплення контактів електроустаткування, вимірювання напруги на затискачах елементів розподільчого пристрою та визначення частоти в мережі. Саме фізично застаріле обладнання розподільчих пристроїв створюють аварійні та ненормальні режими роботи, які в свою чергу призводять до спотворення синусоїдальної кривої напруги, і як наслідок до відхилення напруги у споживачів.

Отримані результати дозволяють судити, що підвищення напруги впливає на експлуатаційні параметри освітлювальних приймачів електричної енергії. Збільшення напруги призводить до скорочення терміну служби ламп і збільшенню споживаної потужності. Крім того, підвищення напруги на затискачах електродвигунів призводить до збільшення споживаної ними активної та реактивної потужності, в середньому на кожний відсоток підвищення напруги споживана реактивна потужність збільшується на 3-6 % за рахунок збільшення втрат холостого ходу.

Список літератури:

1.*Бунько В. Я.*Обгрунтування впливу вищих гармонік на елементи систем електропостачання та якість електричної енергії / *В. Я. Бунько.*// К.: ВЦ НУБіП України. – 2014. №194, ч.1 – С.120-125.

2. *Церазов А. Л.* Исследование влияний несиметрии и несинусоидальности напряжения на работу асинхронних двигателей / *А. Л. Церазов, Н.И. Якименко.*// М.: Госэнергоиздат. 1963. – 120 с.

3. *ГОСТ 13109-97.* Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Введ.01.01.1999. Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации; М.: Изд-во стандартов. 1998. – 31 с.

УДК 621.315

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ ВЕЛИЧИНИ ПОТУЖНОСТІ, ЩО ПЕРЕДАЄТЬСЯ ПОВІТРЯНИМИ ЛІНІЯМИ З ВРАХУВАННЯМ ТЕМПЕРАТУРИ ПРОВОДІВ

***О.С. ГОЛОВКО*[1*], *В.В. ЧЕРКАШИНА*[2]**

[1] *магістрант кафедри передачі електричної енергії, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2]*доцент кафедри передачі електричної енергії, канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[*]*email: golovkobalak@gmail.com*

Одним з показників, що характеризують процес транспортування електроенергії, є пропускна здатність повітряних ліній (ПЛ), яка визначається величиною потужності, що передається. Одним з основних параметрів ПЛ, що впливають на величину потужності є активний опір проводу, який обумовлює нагрів проводів і залежить від їх матеріалу й перетину. Активний опір приймається, як правило, "постійної" величиною, що не коректно платформі Smart Grid, яка на сьогодні є основою розвитку електричних мереж [1].

Як показує практика експлуатації ПЛ, складність визначення активного опору ПЛ полягає в тому, що температура проводів, залежна від струмового навантаження та інтенсивності охолодження, може помітно перевищувати температуру довкілля, тому контроль температури проводів в реальному часі є одним із завдань оптимального процесу транспортуванняелектроенергії.

Посилаючись на наукові обґрунтування, приведені в [2], але при цьому використовуючи "змінне" значення активного опору, тобто враховуючи температуру проводів залежно від параметрів довкілля, формула для розрахунку величини потужності, що передається по ПЛ матиме вигляд:

$$P_{передав}=\frac{U_{ном}^2}{R_{\left(t_{пр}{}^0\right)}}\cdot\frac{\sqrt{\left(\cos\varphi+\frac{X}{R_{\left(t_{пр}{}^0\right)}}\sin\varphi\right)^2+\left[\left(\frac{U_1}{U_2}\right)^2-1\right]\cdot\left[1+\left(\frac{X}{R_{\left(t_{пр}{}^0\right)}}\right)^2\right]}-\left(\cos\varphi+\frac{X}{R_{\left(t_{пр}{}^0\right)}}\sin\varphi\right)}{1+\left(\frac{X}{R\left(t_{пр}{}^0\right)}\right)^2},\quad(1)$$

де $R_{\left(t_{пр}{}^0\right)}$– активний опір проводів з врахуванням температури проводів залежно від параметрів довкілля, який визначається за формулою:

$$R=R_{20}\left(1+\alpha\left(t_{пр}^0-20\right)\right),\quad(2)$$

де α– температурний коефіцієнт питомого опору, Ом / град (для сталеалюмінієвих проводів α = 0,00403) [3]; t– температура проводів, ^{0}C, що визначається як:

$$t_{пр}^{0} = t_{ос}^{0} + t^{0}(I), \quad (3)$$

де*t*– температура нагріву проводів від проходження по ньому струму.

У відповідності з [1, 3] й формулами (2 – 4) проведено дослідження зміни величини потужності, що передається ПЛ 110 кВ при незмінному струмовому навантаженні з врахуванням температури проводів в залежності параметрів від довкілля.

Таблиця 1 – Результати визначення величини потужності, що передається ПЛ 110 кВ з врахуванням температури проводів в залежності параметрів від довкілля

$t_{\text{довкілля}}{}^{0}$C	-40	-30	-20	-10	0	10	20	30	40
R, Ом/км	0,105	0,111	0,117	0,123	0,129	0,136	0,142	0,149	0,155
$t_{\text{проводу}}{}^{0}$C	-12,51	-0,27	12,12	24,68	37,42	50,37	63,54	76,97	90,69
P, МВт	106,28	103,67	101,12	98,62	96,18	93,80	91,46	89,16	86,91

Як видно з табл. 1 при незмінному струмовому навантаженні залежно від параметрів довкілля змінюється температура проводів, що відображається на величині потужності, що передається ПЛ 110 кВ. Так при збільшенні температури проводів зменшується величина потужності, що передається ПЛ.

Таким чином, організація контролю температури проводів в залежності параметрів від довкілля дозволить: контролювати реальний температурний режим ПЛ на підставі розроблених методик із використанням датчиків температури проводів; розробити заходи щодо підвищення пропускної здатності ПЛ; виконувати оцінку граничних значень струмів навантаження; керувати режимами струмового навантаження ПЛ згідно з даними про термічній стійкості проводів ПЛ; регулювати перетоки потужності по ПЛ; контролювати рівень технологічних втрат.

Список літератури:

1. *10.1016/s0378-7796(03)00079-8 Manjure, D. P. Optimal load curtailment as a bi-criteria program [Text] / D. P. Manjure, E. B. Makram // Electrical Power Systems Research. – 2003. – Vol. 66, Issue 2. – P. 155–161.*

2. *АлександровГ.Н. Передача электрической энергии переменным током. / Г.Н. Александров – М.: Знак, 1998. – 271 с.*

3.*Левченко И.И. Нагрузочная способность и мониторинг воздушных линий электропередачи в экстремальных погодных условиях / И.И. Левченко, Е.И. Сацук // Электричество. – 2008. – №4. – С. 2 – 8*

4.*Лежнюк П.Д. Повышение эффективности управления режимами электрических сетей на базе мониторинга параметров воздушных линий и окружающей среды / П.Д. Лежнюк, Н.М. Черемисин, Ю.Ф. Редько, А.А. Мирошник, В.В.Черкашина // Электрические сети и системы.-Київ: ТОВ "Гнозіс"–2012. – №5. – С. – 39-46.*

УДК 621.311

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ СТАТИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

***А.Я. ГУК*[1*]*,О.Н. ДОВГАЛЮК*[2]

[1] *студент кафедры передачи электрической энергии, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[2] *доцент кафедры передачи электрической энергии, канд. техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[*] *e-mail: featsen@yandex.ru*

Характерной особенностью установившегося режима работы электроэнергетической системы (ЭЭС) является одновременность процессов генерации, передачи и потребления электроэнергии при соблюдении равенства генерируемой и требуемой потребителям мощности. Этот процесс является динамическим и подвергается воздействию случайных возмущений – малых, обусловленных случайным характером изменения нагрузки,а также интенсивных (больших по величине), связанных с повреждением и отключением генерирующего и передающего электроэнергию оборудования. В то же время линии электропередачи (ЛЭП)имеют ограниченную пропускную способность, что приводит к необходимости регулирования перетоков мощности по линиям связи для обеспечения надежной работы ЭЭС[1].В таких ЭЭС могут возникать ситуации, при которых загрузка межсистемных и внутрисистемных ЛЭП может превысить предельное значение, следствием чего будет нарушение устойчивости параллельной работы генераторов электростанций отдельных частей ЭЭС по отношению друг к другу. Дополнительная актуальность рассматриваемого вопроса связана с перспективами развития энергетики Украины и ориентацией на западных партнеров с более высокими требованиями к качеству электрической энергии.

Расположенная на территории Харьковской областиЭЭСхарактеризуется практически одинаковыми по величине значениями мощности потребителей и мощности генерации, которая вырабатывается электростанциями. Так мощность нагрузки в рассматриваемой системе составляет 1955,06 МВт, а мощность генерации 1759,09 МВт. Поскольку мощности нагрузки и генерации примерно одинаковы по величине, то вопросы контроля параметров нормальных режимов и устойчивости при возможном выходе из строя генераторов, ЛЭП или других элементов, входящих в состав сечения,являются важными для обеспечения надежной работы рассматриваемой ЭЭС.

Целью проведенных исследований была оценка режима работы действующей ЭЭС, расположенной на территории Харьковской области, и разработка мероприятий по повышению ее статической устойчивости.

Для решения поставленной задачи рассматривались основные генерирующие источники, расположенные на территории Харьковской

области, с учётом перспективы реконструкции генерирующих блоков. Были определены эквивалентные расходные характеристики и значения оптимальных мощностей станций для обеспечения экономичных условий работы ЭЭС [2]. Были рассчитаны коэффициенты запаса статической устойчивости рассматриваемой ЭЭС по мощности в сечении (26,84%) и по напряжению в узлах нагрузки (16,94%).

Сравнение полученных коэффициентов запаса статической устойчивости с минимальными нормируемыми значениями позволило сделать вывод о том, что система работает с небольшим запасом устойчивости и, учитывая переориентацию с восточного энергетического рынка на западный, требует повышения этих показателей для обеспечения требований, выдвигаемых международными электроэнергетическими объединениями (UCTE, CENTREL).

На основании полученных значений перетоков мощности в сечениях и уровней напряжения в узлах сети были разработаны системы АРЧМ и АПНУ, которые не только позволяют рассматриваемой ЭЭС лучше справляться с возникновением небаланса вырабатываемой и потребляемой мощности, но и сохранять устойчивость при больших возмущениях, вызываемых отключениями значительной мощности генерации или нагрузки.

Для определения экономической целесообразности введения разработанных автоматик была смоделирована аварийная ситуация в сечении ЭЭС, которая приводит к одновременному отключению 2 линий электропередачи, что приводит к превышению предела передаваемой мощности по оставшимся ЛЭП и их отключению [3]. Внедрение разработанной автоматики позволяет снизить переток мощности до нормируемых пределов передаваемой мощности оставшихся в работе двух ЛЭП. Это позволит отключить от питания не всю нагрузку, а лишь небольшую её часть, сохранив показатели частоты и напряжения в нормируемых пределах, а также обеспечить все требования по устойчивости.

Результаты расчетов показывают, что внедрение разработанной автоматики позволяет снизить недоотпуск электрической энергии в 5,93 раза (с 24239 МВт*ч до 4080 МВт*ч). Чистая прибыль при одном срабатывании автоматики с учётом стоимости оборудования, установки и пуско-наладочных работ составляет 6902 тыс. грн., что, в свою очередь, составляет 74% от стоимости автоматики.

Полученные результаты имеют практическое значение и могут быть использованы для улучшения качества и повышения надежности работы рассматриваемой ЭЭС.

Список литературы:

1. *БерковичМ.А.* Автоматика энергосистем: учебн. для техникумов / *М.А. Беркович.* - М.: Энергоатомиздат, 1991. – 240 с.

2. *Минченко А. А.*Управление режимами энергосистем и вопросы автоматизации: учеб.пособ./ *А.А. Минченко, В.Н. Яровой.* – Харьков: НТУ «ХПИ», 2009. – 189 с.

3. *КитушинВ. Г.* Надежность энергетических систем: учебное пособие для электроэнергетических спец. ВУЗов / *В.Г. Китушин.* - М.: Высш. шк. 1984. – 256 с.

УДК621.39

ЛІНІЙНИЙ АУДІОКАБЕЛЬ ДЛЯ ПІДКЛЮЧЕННЯ МІКРОФОНУ

***І. ОЛІЙНИК*[1], *В. ДЕМЧУК*[1*], *О.В. ГОЛИК*[2]**

[1]*магістрант кафедри «Ізоляційна та кабельна техніка», НТУ «ХПІ», Харків, Україна*
[2]*доцент кафедри «Ізоляційна та кабельна техніка», канд. техн. наук, Харків, Україна*
[*]*demchuk_valentin@mail.ru*

В останні роки вимоги до комфорту і до економії енергії помітно підвищилися. У зв'язку з цим отримали широке поширення новітні системи цифрового контролю, які використовуються в кондиціонерах і освітлювальних системах. Проте дроти,використовувані в цих системах, генерують імпульсний електромагнітний шум, якийв достатній мірі впливає на дуже чутливі сигнали в мікрофонних лініях. Мікрофоннікабелі виготовляються з розрахунку на передачу сигналів, спектр яких лежить вмежах від 1/100 В (10 мВ) до 1/1000000 (1 мкВ).

Одна маленька неполадка велектропроводці або помилка при виборі кабелю і ціла мікрофонна системаперетворюється на антену, що збирає навколишній електромагнітний шум[1].

Двопровідний мікрофонний кабель потрібний там, де шум не є дуже помітнимчинником, і передавані по ньому аудіо сигнали порівняно великі: від -20 до 0 дБ.

Двопровідний кабель має дві переваги: він має невеликий діаметр і низьку вартість [2].

Звичайно, якщо критерієм вибору є не лінійний рівень, а рівень сигналу мікрофону,то замість двопровідного кабелю краще використати кабель типу StarQuad (квадропольный), наприклад Canare L - 4e6s.

Рис.1 – Загальний вигляд кабелю CanareL-4E6S

Разраховано програмою MatLab важливі характеристики кабелю, деякі з них показано на рис. 2 та рис. 3.

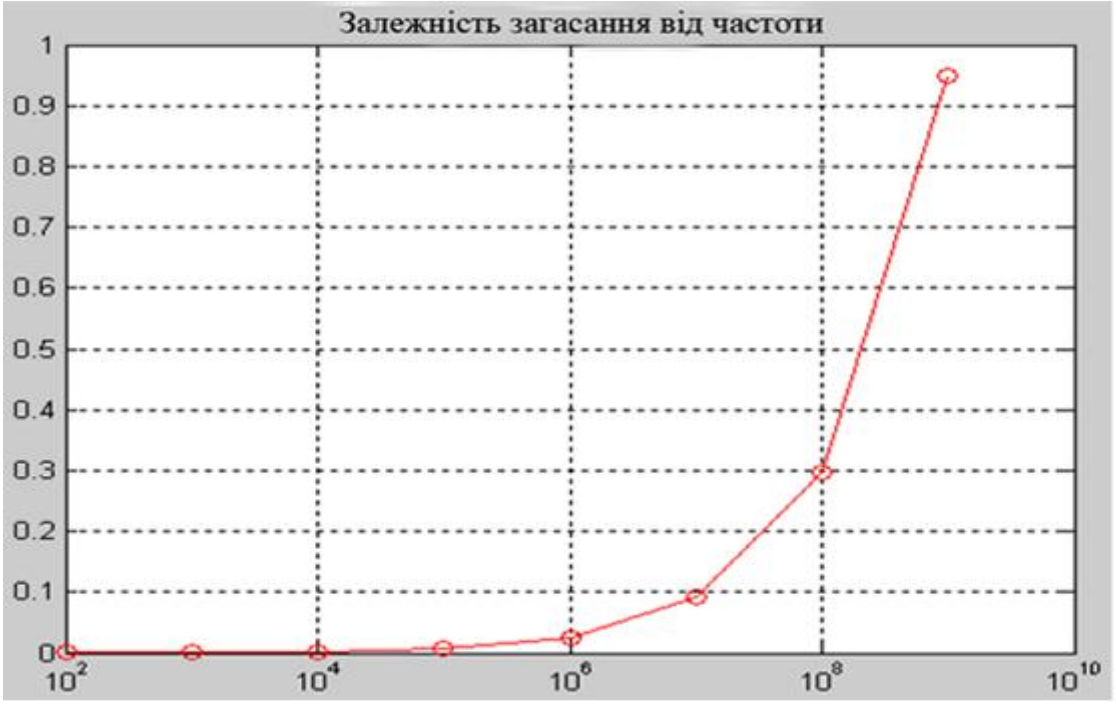


Рис. 2 – Залежність загасання від частоти

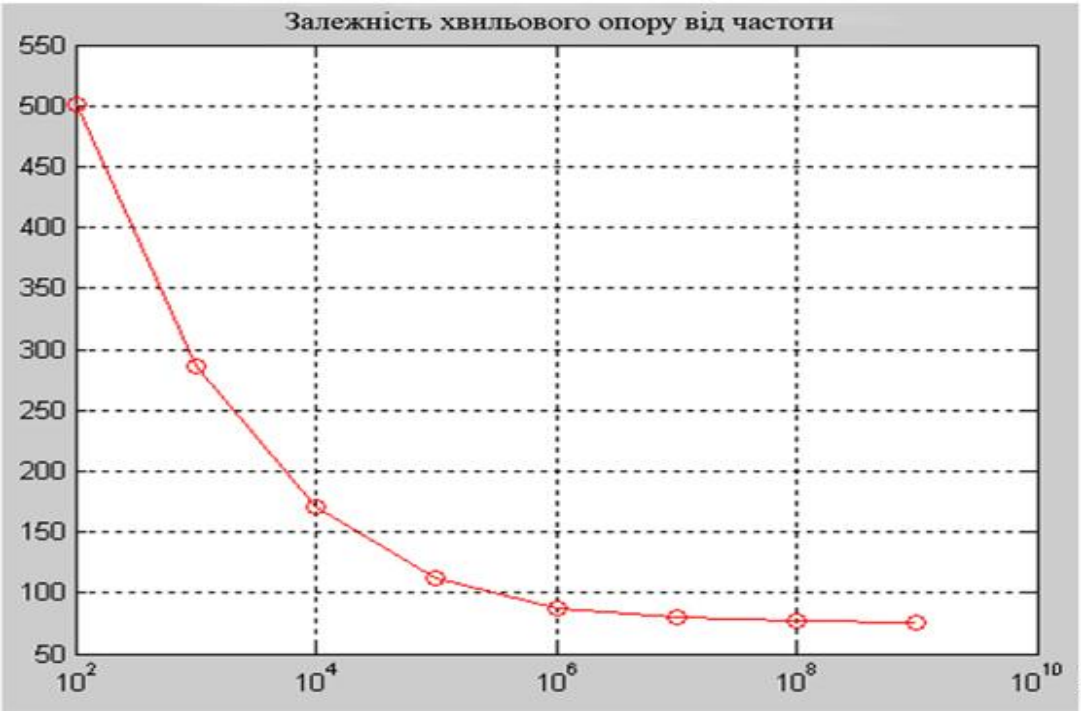


Рис. 3 – Залежність хвильового опору від частоти

З графіків видно чому необхідно використовувати кабель на високійчастоті. Особливо доцільна зона на частоті 10^6 – 10^7 Гц.

Список літератури:

1. *Карпушенко В. П.* Силовікабелі низької та середньої напруги/*В. П. Карпушенко, Л. А. Щебенюк, Ю. О. Антонець, Науменко О. А*. – Харків – 2000 - 374 стор.

2. *Привезенцев В. А.* Обмоточные провода с эмалевой и волокнистой изоляцией / *Привезенцев В. А.* - 1975 г. - 552стор.

УДК 621.31

ASSESSMENT OF PROBABILITIES OF WRONG DECISIONS AT DIAGNOSTICS OF THE CONDITION OF TRANSFORMERS ON VALUES OF SPEEDS OF INCREASE OF GASES

L.S. DIDYK[1*], O.V.SHUTENKO[2]

[1]*master department of electric power transmission, National Technical University «Kharkov polytechnical institute»,Kharkov,UKRAINE*

[2]*candidate of technical sciences, associate professor, National Technical University «Kharkov polytechnical institute» ,Kharkov,UKRAINE*

**email:lilu217icloud@mail.ru*

The criterion of speed of increase of the gases dissolved in oil, is one of the main criteria by means of which the decision on existence of defect in the transformer is made. As a rule, this criterion is used in the majority known techniques on interpretation of results of the chromatographicanalysis of the gases (HARG) dissolved in oil.

The made analysis showed that various techniques use not only different boundary values of speeds of increase of gases, but also distinctions in approaches to calculation of values of speeds of increase. Considering, possible economic consequences, in case of adoption of wrong decisions, it is quite obvious that it is necessary to use those boundary values of speeds of increase of gases which provide the maximum reliability of the made diagnoses.

However, now there is no the standardized or standard criterion allowing to execute quantitative comparison of reliability of the made decisions when using various techniques on interpretation of results of HARG. One of such criteria which allows not only to carry out comparison of reliability of decision-making when using boundary values of speeds of increase of the gases recommended by different techniques but also to define boundary values – there is a criterion of the minimum risk

In the report the technique of determination of values of probabilities of wrong decisions when using boundary values of speeds of increase of gases is stated, as criterion of existence of the developing defects in high-voltage power transformers.

At an assessment of values of probabilities of wrong decisions when determining type of defect on speeds of increase of gases it is necessary to consider three major factors:

1. Diagnostics of a condition of object is carried out in a complex of diagnostic parameters, therefore, it is necessary to carry out transition from one-dimensional to multidimensional distributions;

2. It agrees to the normative document in Ukraine of SOU-N EE 46.501:2006 [1] , the decision on existence of defect can be made as on values of speeds of

increase of gases and on values of concentration of gases. The decision on existence of defect is made, if:

- level of concentration of one of gases or the sum of gases of a hydrocarbonic row exceeds level 2 border;
- concentration of acetylene exceeds an analytical threshold of recognition regardless of value of concentration of other gases or the sum of gases of a hydrocarbonic row,
- values of speed of increase of the sum of gases of a hydrocarbonic row are exceeded by 30 ml per day regardless of value of concentration of separate gases or the sum of gases of a hydrocarbonic row.

3. For the purpose of decrease in an error, value of speeds of increase of gases it is recommended to define if concentration of gases exceed some analytical threshold of recognition.

Considering, the above, values of probabilities of wrong decisions at diagnostics of a condition of transformers will be determined by values of speeds of increase of gases as:

The probability of an error of the I-st sort, will represent probability of that in the absence of defect, concentration at least of one of gases will have the values exceeding level 2 border, or value of speed of increase at least for one of gases will exceed the boundary.

Depending on values of concentration of gases, value of probability of an error of the I-st sort, will be defined as the sum of combinations of probabilities of excess by concentration of gases and their speeds of increase of the corresponding boundary values, at first for one of gases, then for two, etc.

The probability of an error of the II-nd sort, will represent probability of that with defect, concentration of all gases will have the values which aren't exceeding level 2, and values of speeds of increase for all gases, will also be in area of a faultless state.

Thus, values of probabilities of wrong decisions at diagnostics of a condition of transformers will be determined by values of speeds of increase of gases not only parameters of laws of distributions for defective and faultless states and boundary values of speeds of increase of gases, but also parameters of laws of distributions for defective and faultless states and boundary values of concentration of the gases dissolved in oil that considerably complicates expression for calculation of average risk.

List of references:

1. ITS SOU-N EE 46.501:2006 Diagnostics of the oil-filled transformer equipment by results of the chromatographic analysis of the free gases which are selected from the gas relay, and the gases dissolved in isolation oil.

УДК 621.311

ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СЕТЕЙ 6-35 кВ

***С.Ю. ДЯГИЛЕВ*[1*], *С.Ю. ШЕВЧЕНКО*[2]**

[1] *магистрант кафедры «Передача электрической энергии», НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА,*

[2] *профессор кафедры «Передача электрической энергии», канд. техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[*] *e-mail: dsudiahilev@gmail.com*

Ограничители перенапряжения нелинейные (ОПН) являются основными устройствами для защиты от перенапряжений оборудования энергетической системы Украины. Надежность электроснабжения в значительной степени определяется надежностью распределительных электрических сетей напряжением 6–35 кВ. Данные сети работают с изолированной или резонансно-заземленной нейтралью.

Аварийность сетей 6–35 кВ в значительной степени связана с внутренними перенапряжениями[1,2]. Типичными внутренними перенапряжениями являются:

- коммутационные, возникающие в результате срабатывания коммутирующих аппаратов, вызванные технологическими переключениями;
- аварийные, возможные из-за переходных процессов при перекрытии изоляции в результате удара молнии (в воздушных линиях) либо при неустойчивом (перемежающемся) горении дуги в месте однофазного замыкания на землю в сети с изолированной нейтралью (преимущественно в кабельных линиях);
- резонансные в сетях с дугогасящими реакторами. Резонансные перенапряжения могут возникнуть в нейтрали и фазах сети с дугогасящим реактором вследствие резонанса в контуре, состоящем из его индуктивности и емкости сети на землю;
- многообразные феррорезонансные.

Амплитудные значения импульсных токов, которые способен пропустить ОПН, составляет сотни ампер (как гарантируют производители), но длительность протекания при этом не превышает нескольких миллисекунд. Если ограничитель вынужден длительно пропускать ток, например при приложенном к нему напряжения, превышающего номинальное длительно допустимое напряжение ($U_{нд}$), то потеря им работоспособности – вопрос времени. Одной из главных причин выхода ограничителя перенапряжения из строя является однофазное дуговое замыкание (ОДЗ).

Возможность длительного существования однофазных замыканий на землю (ОЗЗ), которую необходимо учитывать при применении ОПН, влечёт за собой ряд негативных явлений. К ним, в частности, относится ограничение нижнего значения номинального длительного допустимого напряжения ОПН

линейным, а не фазным напряжением, что, в свою очередь, приводит к повышению остающегося напряжения и сужению координационного интервала. Также, во многих случаях требования к применению ОПН с большей пропускной способностью обусловлены не энергетикой грозовых и коммутационных импульсов в линии, для защиты от которых ограничитель и предназначен, а частыми замыканиями на землю на отдельных участках сети, приводящими к выходу из строя ограничителей низших классов по пропускной способности.

На практике, подстанции имеют большое количество отходящих питающих линий (фидеров) напряжением 6-35 кВ. Однофазное замыкание на землю в таких линиях, по ячейкам, найти достаточно сложно. При невозможности точно определить ячейку, в которой произошло ОЗЗ, отключают всех потребителей от данной секции шин, и поочерёдным включением определяют место повреждения.

По выше указанной причине, одним из эффективных методов определения места однофазного замыкания, является применение направленных токовых защит нулевой последовательности. Данная защита точно определяет отходящую линию с ОЗЗ. Такую защиту можно выполнить на базе микропроцессорного устройства защиты, автоматики, контроля и управления присоединениями 6-35 кВ МРЗС-05 (рис.1).

Рис. 1 – Внешний вид микропроцессорного устройства защиты, автоматики, контроля и управления присоединениями 6-35 кВ МРЗС-05.

Применение МРЗС-05, дает возможность своевременного отключения однофазного замыкания на землю. Также расшифровки величин токов и напряжений, которые можно получить из устройства (рис.1) об изменении тока и напряжения, могут служить основой диагностики и определения причин и характера поведения ОПН в сети.

Список литературы:

1. *Половой И.Ф.* Внутренние перенапряжения на электрооборудовании высокого и сверхвысокого напряжения. / *И.Ф.Половой, Ю.А.Михайлов, Ф.Х.Халилов.* – Л.: Энергоатомиздат, 1990. – 152 с.

2. *Зархи И.М.* Внутренние перенапряжения в сетях 6–35кВ. / *И.М.Зархи, В.Н.Мешков, Ф.Х.Халилов.* – Л.: Наука, 1986. – 128 с.

3. *Электронный источник информации.* Статья «Устройства защиты отходящих линий с направленной защитой от замыкания на землю»*,http://rza-promav.com/* .

УДК 621.311

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

***А.М. ЖЕЛТОНОЖЕНКО*[1*], *С.А. БОНДАРУК*[1], *Г.Н. СЕРДЮКОВА*[2]**

[1] *магистрант кафедрыПЭЭ, НТУ «ХПИ», Харьков, Украина*
[2] *доцент кафедры ПЭЭ, канд. техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, Украина*
[*] *email: jeltonojenko99@gmail.com*

В условиях значительного повышения цен на энергоресурсы и рыночной экономики особую важность приобретает задача эффективного использования энергии в различных отраслях промышленности Украины. Затраты энергоресурсов в промышленности Украины намного превышают энергопотребление промышленными предприятиями ведущих зарубежных стран. Режимы электропотребления промышленных предприятий в значительной мере влияют на режимы работы всей энергосистемы. Математическаямодельрежима является основой для решения целого комплекса задач по управлению режимами электропотребления[1].

Целью исследований является разработка математической модели для решения задачи оптимального управления режимами электропотребления и эффективного использования электроэнергии на коксовом предприятии.

Для достижения поставленной цели в работе решаются следующие задачи:

• анализ особенностей электропотребления технологических процессов коксового предприятия;

• исследование и выбор методов для определения значимых технологических факторов, влияющих на различные режимы электропотребления;

• определение зависимостей между технико-экономическими показателями и основными технологическими факторами коксового производства на базе вероятностно-статистических методов;

• разработка математической модели оптимального управления электро потреблением коксового предприятия, учитывающих выявленные зависимости технико-экономических показателей от основных технологических факторов.

Существует два подхода к математическому описанию свойств объектов: функциональный и стохастический [2].

В работе производился регрессионный анализ электропотребления коксового предприятия. Основной целью исследования являлось определение удельных показателей потребления электроэнергии на тонну производимого сырья.

Поскольку между отдельными параметрами и исследуемым процессом не существует строго функциональной зависимости, то задача оценки влияния факторов на электропотребление сводилась к определению тесноты стохастической связи между ними.

Для оценки статистической связи между двумя случайными величинами используется значение коэффициента парной корреляции [3]:

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2 \cdot \sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})^2}}, \quad (1)$$

где: x_i, y_i – текущие значения показателей;

$\bar{x}$, $\bar{y}$ – математические ожидания показателей;

n– объем выборочных значений.

Коэффициент корреляции между объемом произведенной продукции и потребленной электроэнергией составил 0,94 , что свидетельствует о взаимной зависимости этих параметров.

Анализ характера расположения экспериментальных точек показал, что в качестве теоретического уравнения подходит уравнение прямой линии.

Аналитическое выражение уравнения регресии имеет следующий вид:

$$F(t)= A + B\cdot t, \quad (2)$$

где F(t) – функция линейной регрессии;

A,B – коэффициенты линейной регрессии.

Параметр при переменной t уравнения (1) определяет удельный расход электроэнергии на производство одной тонны продукции.

Используя показатель удельного потребления электроэнергии, а также зная планируемый объем продукции можно спрогнозировать электропотребление интересующего нас производства.

Таким образом, анализ причинных связей и установление количественной оценки влияния рассмотренных технологических факторов позволяет более глубоко проанализировать характер электропотребления, выявить параметры, в наибольшей мере определяющие его уровень, оценить необходимую точность их учета, правильно планировать и разрабатывать мероприятия по экономии электроэнергии.

Список литературы:

1. *Розен В.П.* Математическая модель системы управления электропотреблением / *В.П. Розен, Н.В. Прокопец //* Промислова електроенергетика та електротехніка. Промелектро. – 2004. – №6. – С. 22–26.

2. *Лапа В.Г.* Математические основы кибернетики / *В.Г.Лапа,* К.: Вища школа. – 1974. – С. 452.

3. *Гмурман В.Е.* Теория вероятностей и математическая статистика / *В.Е.Гмурман,* К.: Вища школа. – 2000. –С. 479.

УДК 631.521

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ТАЗАСОБІВ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ І АВТОМАТИКИ

***Ю.І. КЛЕЦОР*[1], *В.Я. БУНЬКО*[2*]**

[1]*магістрант кафедри енергетики і автоматики, ВП НУБіП України «БАТІ», Бережани, УКРАЇНА*

[2]*доцент кафедри енергетики і автоматики, канд. техн. наук, ВП НУБіП України «БАТІ», Бережани, УКРАЇНА*

[*]*VBunko@gmail.com*

Питанню ефективності та надійності релейного захисту і автоматики (РЗА) електроенергетичних систем традиційно приділяється багато уваги.

Розвиток в нашій країні релейного захисту і автоматики (РЗА) електроенергетичних систем і зміна апаратної бази від електромеханічних реле до мікросхем і мікропроцесорів, з одного боку, привело до значного підвищення її технічної досконалості, а з іншого боку - до значного зниження надійності.

Велику увагу фахівці приділяють аспектам надійності спрацьовування захистів. Основна частина неправильних дій систем РЗА - це помилкові й зайві спрацьовування, як показують статистичні дані, накопичені протягом ряду років. Саме ці види неправильних дій захисту супроводжуються найбільшими збитками від ненадійності.

Зараз перед фахівцями енергосистеми нашої країни стоїть одне з головних завдань - це переозброєння техніки релейного захисту і автоматики для існуючих об'єктів енергетики, а також тих, що вводяться в експлуатацію знову. Недостатнє вивчення даних про роботу різних типів захистів не дозволяє вирішити пряме завдання надійності, тобто по показниках надійності окремих елементів релейного захисту визначати показники надійності всієї системи РЗА в цілому.

Вибір показників і критеріїв ефективності та надійності, а також методів вибору оптимального по ефективності варіанту релейного захисту об'єкту, відіграють вирішальну роль у виборі основних напрямків розвитку техніки РЗА, методах підвищення надійності і т.д.

Мікропроцесорні термінали доцільно вводити в дію в першу чергу на щойно споруджуваних підстанціях, де необхідно реалізувати всі необхідні заходи щодо забезпечення високої якості контуру заземлення, підвищенню перешкодозахищеності по всіх аспектах (перешкоди по колах живлення оперативним струмом, колах змінного струму і напруги захисту). Необхідно також категорично заборонити використання поблизу від таких терміналів джерел електромагнітного випромінювання (стільникових телефонів, електродрилів з колектором, які іскрять та ін.). [1,2]

При розробці методики порівняння варіантів побудови систем захисту на мікропроцесорних терміналах під час проектування, необхідно врахувати наступне:

- в процесі проектування не ставиться завдання оптимізації внутрішньої структури шафи, панелі, а тому необхідно оптимізувати кількість і алгоритм взаємодії цих елементів;

- розрахунки не повинні бути занадто трудомісткими, необхідно максимально спростити методику, не допускаючи при цьому більших неточностей в результатах;

- показники надійності та ефективності повинні враховувати особливості захищаючого об'єкта.[3,4]

Алгоритм розрахунку показників надійності захисту ЛЕП наступний.

Спочатку необхідно визначити, які типи захистів будуть встановлені на захищаючому об'єкті, в даному випадку ЛЕП. Припустимо, що на лінії буде встановлено в якості основного диференційно-фазний високочастотний захист, у якості резервного - струмовий захист нульової послідовності (СЗНП) і дистанційний захист.

Наступним кроком являється визначення послідовно для кожного із захистів (основного і резервного) наступних величин:

- коефіцієнти частоти відмов у функціонуванні;
- розрахунковий відсоток неправильних дій захисту;
- сумарний відсоток неправильних дій захисту;
- параметр потоку КЗ для об'єкта, який захищається;
- сумарний параметр потоку відмов захисту у функціонуванні;
- параметр потоку відмов у спрацьовуванні;
- параметр потоку зайвих спрацьовувань;
- параметр потоку помилкових спрацьовувань;

Загальні показники надійності шафи релейного захисту (основний і резервний) захист незалежно діють на відключення ЛЕП, резервування вважаємо повноцінним, при спрацьовуванні як основного, так і резервного захистів (наслідки для системи - однакові):

- загальний параметр потоку відмов захисту в спрацьовуванні;
- загальний параметр потоку зайвих спрацьовувань захисту;
- параметр потоку помилкових спрацьовувань;

Список літератури:

1. *Захаров О.Г.* Надежность цифровых устройств релейной защиты. Показатели. Требования. Оценки. /*О.Г.Захаров* // – М.: Инфра-инженерия, 2014. – 128с.

2. *Фокин Ю.А.* Оценка надежности систем электроснабжения/*Ю.А.Фокин, В.А. Туфанов*, – М.:Энергоиздат, 1981. – 224 с.

3. *Чернобровов Н.В.* Релейная защита энергетических систем. / *Н.В.Чернобровов, В.А.Семенов,*М.:, Энергоатомиздат, 1998, 800 с.

4. *Шалин А.И.* О расчете показателей надёжности релейной защиты/*А.И. Шалин, А.С. Трофимов* // Избранные труды НГТУ: Сборник научных трудов / Под редакцией *А.И. Шалина*, - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2004. – С. 88 – 98.

УДК 621.31

УТОЧНЕННЫЙ РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

***Е. Ю. КОЛЕСНИК*[1], *И. В. БАРБАШОВ*[2*]**

[1] *магістрант кафедры ПЭЭ, НТУ "ХПИ", Харьков, УКРАИНА*
[2] *профессор кафедры ПЭЭ, канд. техн. наук, НТУ "ХПИ", Харьков, УКРАИНА*
[*] *email:i.v.barbashov@gmail.com*

Расчеты (анализ) режимов электрических сетей выполняются для оценки условий работы их элементов, которые могут иметь как линейные, так и нелинейные характеристики [1]. В рамках линейного приближения высокая точность результатов расчета не может быть обеспечена и для её достижения необходимо учитывать реальные нелинейные характеристики элементов сети. В расчетах нормальных режимов, выполняемых для нахождения потокораспределения в сети, в первую очередь должны быть учтены статические характеристики источников питания и узлов нагрузки. При более высоких требованиях к точности, например, в оптимизационных расчетах, необходимо учитывать также нелинейности, связанные с насыщением магнитопроводов (трансформаторы, реакторы) и коронированием проводов ВЛ СВН. Наиболее существенное значение имеет учет статических характеристик нагрузки, отражающих изменение мощности, потребляемой нагрузкой при изменениях подведенного к ней напряжения по значению и частоте, $P_н = f(U)$, $Q_н = f(U)$, $P_н = \varphi(f)$, $Q_н = \varphi(f)$.

При расчете (анализе) режимов работы электрических сетей с учетом *статических характеристик нагрузки по напряжению* приемлемым можно считать подход, включающий следующие позиции.

1. Определение приведенныхнагрузок (мощностей) узлов рассчитываемой сети с учетом статических характеристик нагрузки $\underline{S}_н(U)$, $\underline{S}_с(U)$. В этом случае приведенная нагрузка также будет иметь вид статической характеристики $\underline{S}_п(U)$.

Для узлов сети с двухобмоточными трансформаторами

$$\underline{S}_п = \underline{S}_н + \Delta\underline{S}_{т(Z)} + \Delta\underline{S}_{т(Y)}, \quad (1)$$

а для узлов с трехобмоточными трансформаторами

$$\underline{S}_п = \underline{S}_н + \underline{S}_с + \Delta\underline{S}_{н(Z)} + \Delta\underline{S}_{с(Z)} + \Delta\underline{S}_{в(Z)} + \Delta\underline{S}_{т(Y)}. \quad (2)$$

В данных формулах $\underline{S}_н$, $\underline{S}_с$ − нагрузка на стороне НН и СН трансформаторов; $\Delta\underline{S}_{т(Z)}$, $\Delta\underline{S}_{н(Z)}$, $\Delta\underline{S}_{с(Z)}$, $\Delta\underline{S}_{в(Z)}$ − потери мощности в продольных сопротивлениях схемы замещения трансформаторов (обмотках НН, СН и ВН); $\Delta\underline{S}_{т(Y)}$ − потери мощности в поперечных проводимостях схемы замещения трансформаторов.

При определение приведенных нагрузок узлов возникает необходимость учета всего диапазона изменений коэффициентов трансформации трансформаторов, снабженных устройствами РПН. Удовлетворительное

решение может быть достигнуто предварительным расчетом приведенных нагрузок узлов во всех рассматриваемых установившихся режимах (с учетом требований встречного регулирования напряжения) для всего диапазона изменений коэффициентов трансформации трансформаторов с устройствами РПН.

2. Расчет разомкнутых электрических сетей с учетом нелинейности характеристик нагрузки состоит в определении от конца сети к началу (расчет в направлении "к источнику") неизвестных параметров режима по первому закону Кирхгофа и закону Ома [2]. За исходные принимаются приведенная мощность и напряжение (соответствующие, например, "нулевому" ответвлению устройства РПН) наиболее удаленного от источника питания узла. При переходе от одной узловой точки к другой в направлении от конца к началу в каждом из узлов используется приведенная мощность, сответствующая напряжению, найденному для данного узла. Сравнение расчетного и заданного значений напряжения источника питания позволяет сделать вывод о необходимости изменения приведенной мощности и напряжения, принятых в наиболее удаленном узле, и расчет повторяется вновь. На завершающем этапе выполняется уточненный расчет разомкнутой сети в направлении "от источника" по заданому напряжению источника питания [2].

3. Расчет простых замкнутых электрических сетей с учетом нелинейности характеристик нагрузки предпочтительно вести с использованием алгоритма подбора с коррекцией по уравнительной мощности [2]. Исходными данными для расчета являются предварительно принятое значение мощности на головном участке сети и заданное значение напряжения источника питания. При расчете для каждой узловой точки используется приведенная мощность, сответствующая напряжению, найденному для данного узла. Расчет ведется вплоть до получения напряжения на противоположном конце замкнутой электрической сети. Обычно это напряжение не равно заданному, что свидетельствует о несоответствии полученного расчетного режима действительному. Тогда определяется компенсационная мощность, протекание которой по сети приводит к сближению напряжений по концам замкнутой электрической сети заданным значениям. Дальнейший расчет основан на повторении аналогичных вычислений, пока не будет достигнута желаемая точность расчета.

Учет характеристик нелинейных елементов при анализе режимов электрических сетей требует большого объёма вычислений и реализуется в виде компьютерных программ.

Список литературы:

1. Электрические системы. Электрические сети / *В. А. Веников, А. А. Глазунов, Л. А. Жуков и др.; под ред. В. А. Веникова, В. А. Строева.* − М. : Высш. шк., 1998. − 511 с.

2. Основы анализа установившихся режимов электрических систем и сетей : учеб.пособ./ *Барбашов И. В., Веприк Ю Н., Черкашина В. В., Шутенко О. В*. − Х. : НТУ "ХПИ", 2010. − 184 с.

УДК 621.311

СПОСОБИ ПОБУДОВИ СИМЕТРУЮЧИХ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

***Д.О. КОРЧИНСЬКА*[1*], *Г.І. МЕЛЬНИКОВ*[2]**

[1]*магістрант кафедри електричних станцій, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2]*доцент кафедри електричних станцій, канд. техн.наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[*]*email: darja.korchinskaya@gmail.com*

Надійність та ефективність роботи електрообладнання залежить від якості електроенергії в розподільних мережах. Показники якості нормуються державним стандартом, який визначає вимоги до якості електричної енергії, що живить електроприймачі.

Підвищити якість електроенергії можна, застосовуючи схеми, засновані на використанні симетруючих пристроїв, які є ефективним засобом зниження несиметрії навантаження і несиметрії напруги.

Несиметрія напруги в електричних мережах підприємств обумовлена наявністю потужних однофазних навантажень (індукційних плавильних і нагрівальних печей, зварювальних агрегатів, печей електрошлакового переплаву), а також трифазних, що довгостроково працюють в несиметричному режимі (наприклад, ДСП). Трифазна система напруг може бути несиметричною при живленні мережі підприємства від тягової підстанції змінного струму.[1]

При несиметрії напруг в трифазних мережах з'являються додаткові втрати в елементах електромереж, скорочується термін служби ламп та електрообладнання і знижуються економічні показники його роботи.Симетруючі пристрої виконуються некерованими або керованими, залежно від особливостей графіка навантаження. Кожне конкретне схемне і технічне рішення СП має певні переваги і недоліки.[2]

Метою роботи є порівняння найбільш ефективних і перспективних симетруючих пристроїв, виявлення їх переваг та недоліків.

За допомогою програмного пакету Matlab виконані порівняльні експериментальні дослідження батареї конденсаторів дискретних СП з застосуванням плавного регулювання ємнісних елементів шляхом підключення паралельно конденсаторам реакторів, керованих тиристорами.

Результати дослідження наведені в доповіді і дозволяють зробити висновки про переваги застосування розглянутих пристроїв у різних системах енергопостачання.

Список літератури:

1. *Иванов В.С.* Режимы потребления и качество электроэнергии систем электроснабжения промышленных предприятий. / *В.С.Иванов, В.И.Соколов,*М.: Энергоатомиздат, - 2001, - 336 с.

2. *Кузнецов В.Г.* Несимметрия и несинусоидальность напряжения / *В.Г.Кузнецов, Э.Г.Куренный, А.П.Лютый*– Донецк: Норд-пресс, 2005. – 250 с.

УДК 631.516

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ВИЩИХ ГАРМОНІК НА ЯКІСТЬ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

***О.В. КУШКО*[1], *В.Я. БУНЬКО*[2*]**

[1]*магістрант кафедри енергетики і автоматики, ВП НУБіП України «БАТІ», Бережани, УКРАЇНА*

[2]*доцент кафедри енергетики і автоматики, канд. техн. наук, ВП НУБіП України «БАТІ», Бережани, УКРАЇНА*

[*]*VBunko@gmail.com*

Забезпечення необхідної якості електроенергії для приймачів - це комплекс складних завдань, які розв'язують під час проектування і експлуатації електропостачальних систем. Якість електроенергії значною мірою впливає на технологічний процес виробництва і якість продукції, на втрати електроенергії, на параметри самої ЕПС та її режиму роботи і залежить не тільки від енергосистеми як джерела живлення, але і від споживачів, тому що на сучасних підприємствах є значна кількість особливих електроприймачів, які негативно впливають на якість електроенергії.

Метою дослідження являєтьсяаналіз впливу вищих гармонік на елементи системи електропостачання та якість електричної енергії в розподільчих мережах. Особливість електричної енергії полягає в тому, що її якість на місці виробництва не гарантує якості на місці споживання. Якість електроенергії до і після ввімкнення електроприймача до мережі також може бути різною. Тому, відповідна якість електричної енергії – це один із її головних показників ефективності виробництва, передачі розподілу і споживання. Вищі гармонічні складові струму і напруги викликають в трансформаторах збільшення втрат на гістерезис, а також втрат, пов’язаних з вихровими струмами в сталі, і втрат в обмотках трансформаторах. Також, вищі гармоніки струму складають електродинамічні зусилля, які викликають додаткові акустичні шуми. [1-3] Гармоніка струму і напруги в лініях електропередачі також призводять до додаткових втрат електроенергії. У випадку кабельних ліній вищі гармоніки впливають на діелектрик. Це в свою чергу, збільшує число пошкоджень кабельної лінії. У повітряних лініях гармоніки по цій же причині можуть викликати збільшення втрат на корону. Електричне старіння ізоляції можна пояснити виникненням часткових зарядів, які розповсюджуються лише на частину ізоляційного проміжку.

Особливої важливості зниження втрат електроенергії та актуальною являється задача оцінки додаткових втрат потужності в основних елементах системи електропостачання від вищих гармонік. Знаючи величину втрат, можна визначити із способом їх зниження: або це організаційні заходи, або, якщо їх недостатньо, - застосування технічних засобів, які знижують рівень гармонік. Лінії електропередачі (ЛЕП) також, як і силові трансформатори, являються

складовим елементом електричних мереж. Додаткові втрати активної потужності в ЛЕП, викликані протіканням струмів вищих гармонік. [5]

$$\Delta P_{\sum\nu} = 3\sum_{\nu=2}^{n} I_\nu^2 R_1 k_{r\nu}, \quad (1)$$

де ν - номер гармоніки;n – число врахованих гармонік; I_ν^2 – струм -ої гармоніки; R_1 – активний опір лінії на основній частоті; $k_{r\nu}$ – коефіцієнт, який враховує вплив поверхності ефекту, як правило, його приймають рівним: $k_{r\nu} = 0{,}47\sqrt{\nu}$. [4]

Слід зазначити, що в деяких роботах експериментальним шляхом досліджено вплив гармонік на активний і реактивний опір проводів марок АС та АСО, а також кабелів 6-25кВ різного перерізу. У відповідності до цих досліджень питомий активний опір провідника на частоті ν-ої гармоніки рівний:

$$r_{0\nu} = r_0(k_{\Pi\nu} + k_{б\nu}), \quad (2)$$

де r_0 - питомий опір провідника постійному струму (з врахуванням температури); $k_{\Pi\nu}$ - коефіцієнт, який враховує наявність поверхневого ефекту для ν-ої гармоніки, і рівний $k_{\Pi\nu} = 0{,}021\sqrt{f}$ - для міді і $k_{\Pi\nu} = 0{,}01635\sqrt{f}$ - для алюмінію. Коефіцієнт $k_{б\nu}$, який враховує близькість -ої гармоніки і визначається:

$$k_{б\nu} = \frac{1{,}18 + k_{\Pi\nu}}{k_{\Pi\nu} + 0{,}27}\left(\frac{d}{a}\right)^2, \quad (3)$$

де d - діаметр жили провідника, мм; a - відстань між центрами жил, мм.

Що стосується ефекту близькості, то його обов'язково необхідно враховувати для кабельних ліній. Для повітряних ліній, якщо$a>50мм$, ефект близькості пропонується не враховувати і вираз для розрахунку втрат від вищих гармонік в ЛЕП набуде вигляду:

$$\Delta P_{\sum\nu} = 3r_0 l\sum_{\nu=2}^{n} I_\nu^2 (k_{\Pi\nu} + k_{б\nu}) \quad (4)$$

Проведений аналіз робіт показує, що в сучасних умовах стан нелінійного навантаження, яке використовується не тільки в системах електропостачання побутових, але і промислових споживачів, являється значною. Тому, проблема оцінки рівня втрат потужності від вищих гармонік і проблема зниження цих втрат являється найбільш важливою.

Список літератури:

1. *Васютинский С.Б.* Вопросы теории и расчета трансформаторов / *С.Б. Васютинский* // Энергия, 1970. – 432с.

2. *Лютаревич А.Г.* Повышение качества электроенергии в распредилительных сетях за счет снижения несинусоидальности кривой напряжения: дис. канд. техн. наук: 05.14.02 / *А.Г. Лютаревич*//2009. – С. 11-20.

3. *Розанов Ю.К.* Силовая электроника: ученик для вузов / *Ю.К. Розанов,М.В. Рябчинський, А.А. Кваснюк* // – М.: Издательский дом МЭИ, 2007. – 632с.

4. *Церазов А.Л.* Исследование влияний несиметрии и несинусоидальности напряжения на работу асинхронних двигателей / *А.Л. Церазов, Н.И. Якименко* // – М.: Госэнергоиздат, 1963. – 120с.

5. *Шидловский А.К.* Повышение качества энергии в электрических сетях / *А.К. Шидловский, В.Г. Кузнецов* // – Киев: Наук. Дума, 1985. – 268с.

УДК 665.9

РОЗВИТОК ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА

***А.І. ЛУК'ЯНЕНКО*[1*], *Г.В. ОМЕЛЯНЕНКО*[2]**

[1] *магістрант кафедри ПЕЕ, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2]*професоркафедри ПЕЕ, канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[*]*email: pila79@mail.ru*

Задача електропостачання промислових підприємств виникла одночасно з широким впровадженням електропривода в якості рушійної сили різних машин і механізмів і будівництвом електростанцій. Перші електростанції споруджувались в містах для освітлення і живлення електричного транспорту, а також при фабриках і заводах. Пізніше з'явилася можливість спорудження електричних станцій в місцях запасів палива (торфу, вугілля, нафти) або в місцях використання енергії води незалежно від місць розташувань споживачів електроенергії –промислових підприємств. Передача електроенергії на великі віддалі до центрів споживання почала здійснюватися лініями електропередачі високої напруги.

При розробці системи електропостачання підприємства на період будівництва передбачається максимальне її використання для постійної експлуатації електрогосподарства підприємства.В даний час більшість споживачів одержують електроенергію від енергосистем, але на багатьох підприємствах продовжується будівництво і власних ТЕЦ.Раціонально виконана сучасна система електропостачання промислового підприємства повинна бути економною і надійною, безпечною і зручною в експлуатації, забезпечити належну якість електроенергії, рівні напруги, стабільність частоти та ін. Повинні передбачатися стислі терміни виконання будівельно-монтажних робіт і необхідна гнучкість системи, що забезпечує можливість розширення при розвитку підприємства без істотних ускладнень і подорожання первинних варіантів [1].

Основними джерелами живлення (ДЖ) промислових підприємств є мережі енергосистем. Виключення становлять підприємства з великим теплоспоживанням, для яких основним ДЖ може служити власна ТЕЦ, яка має зв'язок з енергосистемою на напрузі 110 кВ і вище. Схеми електропостачання промислових підприємств, які живляться від енергосистеми, розділяються на схеми зовнішнього і внутрішнього електропостачання[2]. Напруга мережі зовнішнього електропостачання залежить від напруги електричних мереж енергосистеми й навантаження підприємства.

Схеми зовнішнього електропостачання можуть базуватися:

− на великій вузловій ПС 330(220)/110 кВ, яка називається головною знижувальною ПС (ГЗП), від якої електроенергія розподіляється між ПС 110/10(6) кВ глибоких уведень;

− на низці ПС 110/10(6) кВ, приєднаних до мережі 110 кВ енергосистеми;

− на ПС глибокого введення 330(220)/10(6) кВ − для значних підприємств із зосередженим навантаженням.

У схему внутрішнього електропостачання промислового підприємства входять постачальні та розподільні мережі 6−10 кВ і розподільні мережі до 1 кВ.

Система електропостачання промислових підприємств забезпечує електричною енергією промислові споживачі (електроприводи різних машин і механізми, електричнеосвітлення, електричні нагрівальні пристрої). Робота промислових електроприводів та інших споживачів як при проектуванні, так і під час експлуатації повинна знаходитись в строгій відповідності як з окремими споживачами, так і з комплексом електроприводів, що забезпечують роботу складних механізмів.

По мірі розвитку електроспоживання стають складнішими і системи електропостачання промислових підприємств. В них включаються мережі високих напруг, розподільчі мережі, а в деяких випадках і мережі промислових ТЕЦ. Виникає необхідність впроваджувати автоматизацію систем електропостачання промислових підприємств виробничих процесів, здійснювати в широких межах диспетчеризацію процесів виробництва з застосуванням телесигналізації і телеуправління і вести активну роботу по економії електроенергії. Сучасні промислові підприємства характеризуються безперервним зростанням електроспоживання, збільшенням питомих витрат електроенергії і питомих щільностей навантажень, які досягають 0,65 кВА/м^2 за рахунок різкого зростання виробничих потужностей і розширення області застосування електроенергії в технологічних процесах, в т. ч. в електролізі в електротермії. Все більшу питому вагу посідають великі енергоємні підприємства чорної і кольорової металургії, хімії та ін. Вони характеризуються великими значеннями сумарних встановлених потужностей електроспоживачів.

В даний час електропостачання промислових підприємств здійснюється на змінному струмі. Для живлення групи споживачів постійного струму споруджуються перетворюючі підстанції, на яких встановлюються перетворюючі агрегати:напівпровідникові випростувачі, ртутні випростувачі, двигуни-генератори і механічні випростувачі.Сучасні електропостачальні системи промислових підприємств повинні відповідати рівню розвитку технологій, обсягу споживання електричної енергії, забезпечувати показники якості електроенергії та відповідну до вимог споживача надійність за максимальної економічної ефективності.

Список літератури:

1. *Федоров А.А.* Основы электроснабжения промышленных предприятий: учебное пособие / *А.АФедоров,В.В. Каменева* // М.: Энергия. – 1997. – С. 408.

2. *Лушкін В. А*. Загальна характеристика та розрахунок режимів розподільних мереж: навчальний посібник / *В. А. Лушкін,І. Г. Абраменко, І. В. Барбашов та ін.* // Харків: ХНАМГ. – 2013. – С. 193.

УДК 665.9

РОЗВИТОК ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ СУЧАСНОГО МІСТА

***С.І. ЛУК'ЯНЕНКО*[1*], *Г.В. ОМЕЛЯНЕНКО*[2]**

[1] *магістрант кафедри ПЕЕ, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2]*професор кафедри ПЕЕ, канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[*]*email: gideon97@yandex.ru*

Інженерні мережі є основним елементом інженерного благоустрою міських територій. Озеленення вулиць і мікрорайонів повинне виконуватися в повному узгодженні з розташуванням інженерних мереж у підземному просторі. Проїзні частини вулиць і проїзди в мікрорайонах, як правило, повинні бути вільними від роздільної прокладки трубопроводів і кабелів.

Проектувати інженерні мережі необхідно як комплексну систему, що поєднує всі підземні, наземні й надземні мережі й споруди з урахуванням перспективного розвитку міста.

Розвиток техніки енергопостачання відноситься до порівняно недавнього часу. Лише на початку XIX ст. із розвитком котлабудування з'явилися централізовані системи теплопостачання з теплоносієм у вигляді пари або гарячою водою, що транспортується по мережах. Великий внесок у розвиток енергопостачання міст внесли В.М. Чаплін, Л.Л. Гінтер, В.В. Дмитрієв, С.Ф. Коп'єв і ін[1].

Розподільчі електричні мережі 0,4−150 кВ охоплюють усю територію України і виконують переважно функції розподілу та передачі електроенергії безпосередньо до споживачів[2].

Основні напрями розвитку електричних мереж у період до 2030 року зводяться до наступного:

1. Технічне переозброєння та реконструкція системоутворювальних і розподільних мереж.

2. Забезпечення надійної й економічної роботи електростанцій і основних системоутворювальних мереж. Функції системоутворювальної мережі зберігаються за мережами 330 і 750 кВ.

Розвиток мережі здійснюватиметься за рахунок спорудження:

− ліній видачі потужності електростанцій;

−ліній, що забезпечують посилення системоутворювальних зв'язків як усередині окремих енергорайонів, так і між регіонами;

− ліній для забезпечення електропостачання великих вузлів навантаження.

Розглянемо перспективи впровадження наукових розробок у розвиток електричних мереж.Істотне поліпшення керованості і надійності електричних

мереж може бути досягнуте шляхом застосування гнучких електропередач змінного струму.

Гнучкі системи електропередачі змінного струму на основі статичних тиристорних компенсаторів з використанням керованих напівпровідникових приладів дозволяють оптимізувати не тільки величину напруги, але і фазовий кут напруги в заданій точці мережі. Це дає можливість забезпечувати регулювання як напруги, так і розподілу потужності в мережі, забезпечувати паралельну стійку роботу енергосистем і підвищувати пропускну спроможність електропередачі.

Застосування керованих електропередач змінного струму є кардинально новим підходом до побудови електричних мереж і однією з основних технологічних умов забезпечення ефективності їх роботи в умовах ринку електроенергії, що формується.

Важливе значення для існуючих мереж має також використання керованих підмагнічуванням шунтуючих реакторів (у таких реакторах зміна індуктивності здійснюється насиченням магнітного ланцюга потоками підмагнічування), інших пристроїв регулювання напруги і потужності[3].

Розвиток і життя суспільства наразі неможливі без енергетики, яка визначає прогрес усього народного господарства. Проте при розгляді переваг енергетики необхідно також враховувати її негативний вплив на довкілля.Сучасні електропостачальні системи міст повинні відповідати рівню розвитку технологій, обсягу споживання електричної енергії, забезпечувати показники якості електроенергії та відповідну до вимог споживача надійність за максимальної економічної ефективності.

Для успішного розвитку електричних мереж пріоритетним є широке застосування інформаційно-телекомунікаційних технологій і електроніки, нових матеріалів і транспортних технологій.

Список літератури:

1. *Айрапетян Т.С.*Водопостачання та водовідведення:конспект лекцій з дисципліни «Міські інженерні мережі» / *Т.С.Айрапетян*//Харків: ХНАМГ. –2008. – С. 54.

2. *Лушкін В. А.*Загальна характеристика та розрахунок режимів розподільних мереж:навчальний посібник / *В. А.Лушкін,І. Г. Абраменко, І. В. Барбашов та ін.*// Харків: ХНАМГ. – 2013. – С. 193.

3. *Бабушкин В.М.*Электрические сети: развитие, новые решения:учебное пособие / *В.М.Бабушкин, В.А.Нейман, В.А.Чевычелов* // К.: Энергетика и электрификация. – 2002. – С. 168.

УДК 621.314

ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ СЕРЕДНЬОГО РИЗИКУ ПРИ РОЗПІЗНАВАННІ ТИПУ ДЕФЕКТУ ПО ВІДНОШЕННЯМ ПАР ГАЗІВ

***А.О. МАЦІЄВСЬКИЙ*[1*], *О.В. ШУТЕНКО*[2]**

[1] *магістрант кафедри ПЕЕ, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2] *доцент кафедри ПЕЕ, канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[*] *email: zergtheprime@gmail.com*

У більшості відомих методик для визначення типу прогнозованого дефекту використовуються відношення пар газів. При цьому самі відношення і їх кількість в різних методиках відрізняються (див. табл. 1).

Таблиця 1 – Відношення пар газівв різних методиках

Методика	**Співвідношення пар характерних газів**						
МЕК	CH_4/H_2	C_2H_2/C_2H_4	C_2H_4/C_2H_6	C_2H_2/H_2	CO/CO_2	O_2/N_2	O_2/N_2
СОУ-Н ЕЕ 46.501:2006	CH_4/H_2	C_2H_2/C_2H_4	C_2H_4/C_2H_6	C_2H_2/H_2	CO/CO_2	O_2/N_2	
РД 153-34.0-46.302-00	CH_4/H_2	C_2H_2/C_2H_4	C_2H_4/C_2H_6	C_2H_2/H_2	CO/CO_2	O_2/N_2	
Дорненбурга	CH_4/H_2	C_2H_2/C_2H_4	C_2H_6/C_2H_2	C_2H_2/CH_4			
Мюллера	CH_4/H_2	C_2H_2/C_2H_6	C_2H_6/C_2H_2	CO/CO_2	CO/CO_2		
Роджерса	CH_4/H_2	C_2H_2/C_2H_4	C_2H_4/C_2H_6	C_2H_6/CH_4			
ВЕІ	CH_4/H_2	C_2H_2/C_2H_4	C_2H_4/C_2H_6	C_2H_6/C_2H_2	C_2H_6/CH_4	C_2H_4/CH_4	CO/CO_2

Крім того методики розрізняються як за кількістю розпізнавальних дефектів так і за значеннями границь діагнозів. Очевидно, що одні й ті ж значення відношень пар газів, при використанні різних методик дадуть різний результат [1]. У зв'язку з цим виникає об'єктивна необхідність вибору відношень, які б забезпечили найбільш достовірні результати інтерпретації. В якості міри достовірності пропонується використовувати величину середнього ризику, тобто мінімізувати величину можливих втрат. Так як відношення пар газів мають умовну діагностичну цінність, тобто необхідність врахування значень концентрацій газів, що значно ускладнює вираз для середнього ризику, топослідовність визначення відношень має вигляд:

1. Визначення граничних концентрацій газів, що забезпечують мінімум середнього ризику з урахуванням параметрів їх законів розподілу;
2. Визначення меж областей дефектів, що визначають мінімум ризику для відношень пар газів з урахуванням параметрів їх законів розподілу;
3. Визначення відношень пар газів, що забезпечують мінімум середнього ризику.

У загальному вигляді вираз для розрахунку середнього ризику при діагностиці по комплексу ознак можна представити у вигляді [2]:

$$R = C_{11}P_1P_{11} + C_{21}P_1P_{21} + C_{22}P_2P_{22} + C_{12}P_2P_{12} \quad (1)$$

де: **x** – вектор діагностичних ознак (значення концентрацій розчинених у маслі газів); $P_1 = P(D_1)$ – апріорна ймовірність відсутності дефекту в трансформаторі; $P_2 = P(D_2)$ – апріорна ймовірність появи дефекту в трансформаторі; $P_{21} = \int_{S_1} f(\mathbf{x}/D_1)d\,\mathbf{x}$ – ймовірність помилкової тривоги, (випадок, коли приймається рішення про наявність дефекту, але насправді трансформатор знаходиться в справному стані); $P_{12} = \int_{S_2} f(\mathbf{x}/D_2)d\,\mathbf{x}$ – ймовірність пропуску цілі (прийняття рішення про справний стан, тоді як трансформатор має дефект); $P_{11} = \int_{S_1} f(\mathbf{x}/D_1)d\,\mathbf{x}$ – ймовірність правильного рішення при діагностіці бездефектного трансформатора (ймовірність того, что значення концентрацій газів будут менше граничного при відсутності дефекту); $P_{22} = \int_{S_2} f(\mathbf{x}/D_2)d\,\mathbf{x}.$ – ймовірність рішення при діагностиці дефектного об'єкта (імовірність того, що за наявності дефекту концентрація хоча б одного з газів перевищить граничні значення); C_{21}– ціна помилкової тривоги; C_{12}– ціна пропуску цілі; C_{11}– ціна правильного рішення при діагностиці бездефектного трансформатора; C_{22}– ціна правильного рішення при діагностиці трансформатора, що має дефект; S_1, S_2– багатовимірні області інтегрування, що характеризують ймовірності правильних рішень, помилкової тривоги та пропуску цілі.

При оцінці величини середнього ризику при визначенні типу дефекту по відношенню пар газів слід врахувати три основні чинники:

1. Діагностика стану об'єкта проводиться за комплексом діагностичних параметрів, отже необхідно здійснити перехід від одновимірних розподілів до багатовимірних;
2. Слід врахувати, що діагностика проводиться для числа можливих діагнозів більше двох;
3. Значення відношень пар газів мають умовну діагностичну цінність, тобто вони використовуються не самостійно, а спільно зі значеннями концентрацій і швидкостей наростання газів;

З метою зниження похибки, значення відношень пар газів рекомендується визначати, якщо концентрації газів перевищують певний аналітичний поріг розпізнавання.

Список літератури:

1. *Биргер И.А.* Техническая диагностика /*И.А. Биргер*. – М.: Машиностроение, 1978. – 240 с.

2. *Львов М.Ю.* Оценка информативности показателей контроля технического состояния изоляции трансформаторного оборудования / *М.Ю. Львов* // Электрические станции. – 2002. – №12. – С. 44 – 51.

УДК 621.31

РАЗРАБОТКА И ОБОБЩЕНИЕОСНОВНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ СОВРЕМЕННЫХ ГОРОДОВ

***А. В. ОСИНСКИЙ*[1], *И. В. БАРБАШОВ*[2*]**

[1]*магистрант кафедры ПЭЭ, НТУ "ХПИ", Харьков, УКРАИНА*
[2]*профессор кафедры ПЭЭ, канд. техн. наук, НТУ "ХПИ", Харьков, УКРАИНА*
[*]*email: i.v.barbashov@gmail.com*

Рост электропотребления современного городов связан не только с увеличением числа жителей и развитием промышленности, но и неуклоным проникновением электроэнергии во все сферы жизнедеятельности населения.

Основной задачей электроснабжения городов является обеспечение потребителей электроэнергией нормированного качества при требуемой степени надежности и исходя из условия минимизации затрат на передачу и распределение электроэнергии [1].

Системы электроснабжения городов представляют собой сложные комплексы постоянно изменяющихся и развивающихся объектов. Основным фактором, определяющим построение систем электроснабжения городов, являются электрические нагрузки потребителей, находящиеся в постоянной динамике.

Развитие систем электроснабжения современных городов предусматривает[2]:

− усиление сетей 0,38/0,22 кВ внутридомового электроснабжения;

− усиление внешних распределительных сетей 0,38 кВ и распределительно-питающих сетей 10 кВ;

− увеличение мощности трансформаторов трансформаторных подстанций (ТП) 10/0,38 кВ и центров питания (ЦП) 110/10 кВ.

Усиление внутридомовых сетей должно согласовываться с вводимыми главой 1.7 ПУЭ новыми схемами заземления электроустановок напряжением до 1 кВ, характеризующими устройство нейтрального и защитного проводников.

Замена трансформаторов в ТП 10/0,38 кВ и ЦП 110/10 кВ может считаться технологически решенной задачей.

Усиление кабельных линий 0,38-10 кВ требует дополнительного рассмотрения. В результате проведенного анализа предлагаются два пути решения задачи: прокладка новых кабелей требумых сечений либо использование существующих кабелей 0,38-10 кВ и дополнительная прокладка новых кабелей. Окончательный выбор способа усиления кабельных линий должен производится в результате технико-экономического обоснования.

Технический прогресс в области городского электроснабжения органически связан с совершенствованием электрооборудования [3]. Прежде всего это касается новых линейных решений, в числе которых рекомендуются

изолированные провода, получившие название "самонесущие изолированные провода" (СИП).

При необходимости максимального использования отчуждаемой территории города следует ориентироваться на сооружение многоцепных линий на одной опоре. Увеличение пропускной способности линий может быть достигнуто применением высокотемпературных (до 210 ºС) проводов типа ACCR – алюминиевого композитного усиленного провода. Повышение рабочей температуры провода обеспечивает увеличение более чем в 2 раза пропускной способности линий и уменьшение количества цепей.

Задача поиска новых конструктивных решений, направленных на снижение стоимости кабельных линий ведет к широкому применению алюминиевых жил и оболочек, а также изоляции из искусственных материалов, например, изоляции из сшитого полиэтилена (СПЭ). В настоящее время большинство стран мира полностью используют в распределительно-питающих сетях среднего напряжения кабели со СПЭ-изоляцией.

В современных городских сетях большой интерес представляют герметизированные КРУ с элегазовой изоляцией, что позволяет существенно уменьшить объемы распределительных устройств. Кроме маслянных трансформаторов типа ТМ все большее применение находят трансформаторы с заполнением негорючим диэлектриком типа ТНЗ, а также сухие трансформаторы типа ТС.

Существенное значение для городской эстетики имеют конструкция и окраска опор воздушных линий, внешний вид зданий ТП 10/0,38 кВ и закрытых подстанций 110/10 кВ. Здесь особое внимание следует обратить на применение одностоечных опор трубчатого сечения из напряженного железобетона, стали или синтетических материалов.

Прогрессивным, по сравнению с другими конструктивными решениями, может считаться применение на воздушных линиях стержневых изоляторов штыревого и подвесного типов с использованим новых высокопрочных синтетических материалов, стеклопластиков и специальных покрытий.

Современные города с высокими темпами автомобилизации нуждаются в совершенствовании системы наружного освещения. Для обеспечения этого необходимо использование в системе наружного освещения перспективных источников света и рациональных конструкций светильников.

Список литературы:

1. Нормы технологического проектирования энергетических систем и электрических сетей 35 кВ и выше (ГКД.341.004.003-94) / Минэнерго Украины. – К., 1994. – 32 с.

2. *Козлов В. А.* Справочник по проектированию электроснабжения городов. / *В. А. Козлов, Н. И. Билик, Д. Л.Файбисович* – Л.:Энергоатомиздат, 1986. – 256 с.

3. *Бабушкин В. М.* Электрические сети: развитие, новые решения : пособие для электроэнергетиков / *В. М. Бабушкин, В. А. Нейман, В. А. Чевычелов* // Сер. Энергетика: реабилитация, развитие. – К. : Энергетика и электрификация. - 2001. − 116 с.

УДК 620.92

ОРГАНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ НА ПІДПРИЄМСТВІ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

Ю.Ю. ПЄЛІВАНОВА [1*], ***І.А. НЕМИРОВСЬКИЙ*** [2]

[1] *магістрант кафедри «Електричні станції»,НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2] *доцент кафедри «Електричні станції», канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, Україна*
[*] *email: pelivanova.julie@gmail.com*

До найактуальніших проблем сучасного суспільства належить проблема енергозабезпечення та організація раціонального енергоспоживання. На сучасному етапі розвитку наша держава залишається однією з найбільш енергоємних країн світу. А енергоємність валового внутрішнього продукту, як основний показник ефективності економіки, в Україні у кілька разів вищий, ніж у промислово розвинених країнах. Організація раціонального енергоспоживання з мінімальним екологічним впливом за умов ефективного використання первинних енергоресурсів при забезпеченні технологічних і побутових потреб з усіх видів та форм енергії – одна з найважливіших проблем, розв'язання якої потребує узгоджених дій урядових установ, організацій і окремих людей. Розв'язання цієї проблеми становить суть енергетичного менеджменту (ЕМ).

В даній науково-дослідній роботі об'єктом дослідження є система центрального теплопостачання «Харківські теплові мережі».Предметом дослідження є системи обліку, контролю та управління енергетичними показниками (електроенергія, теплова енергія, вода, паливо).

Метою роботи ємінімізація споживання енергоресурсів та втрат при транспортуванні до споживачашляхом організації системи енергетичного менеджменту,підвищеннярівня моніторингу та контролю на усьому шляху виробництва від генерації до кінцевого споживача.

У роботі розглянуті питання ролі та структури енергетичного менеджменту, стану енергозбереження в Україні та за кордоном, проблем теплопостачання, існуючи системи контролю за технологічними параметрами. Розроблена структура енергоменеджменту підприємства централізованого теплопостачання. Проведено економічний аналіз. Запропоновано механізми фінансування впровадження системи ЕМ.

Список літератури:

1. ДСТУ 4472-2005 Енергозбереження. Системи енергетичного менеджменту. Загальні вимоги. / *В.П. Розен, І.О. Соколовська, О.І. Соловей, І.В. Стоянова, А.В.Чернявський* – К.: Держспоживстандарт України, 2005.

2. *Стогній Б.С.* Стратегія енергозбереження в Україні аналітично-довідкові матеріали. / *Б.С. Стогній, М.М. Кулик, В.А. Жовтнянский*// К.: академперіодика Київ, -2006. - том 2. – 245с.

УДК 620.92

МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ МУНІЦИПАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ

***Є.І. ПИВОВАР*[1*], *Л.І. ЛИСЕНКО*[2]**

[1]*магістрант кафедри електричних станцій, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2]*доцент кафедри електричних станцій, канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[*]*email: pivik.15@mail.ru*

Питання енергоефективності та енергозбереження на сьогоднішній день є одними із найважливіших пріоритетів соціально-економічного розвитку України. По даним Держстата, в 2014 році було імпортовано 19,466 млрд м^{3}природного газу із РФ та Європи на суму $5,695 млрд. а загальне споживання склало 42,465 млрд м^3. Основним споживачем голубого палива являється населення та підприємства «Теплокомуненерго» (ТКЕ), на їхню частку приходиться, відповідно,15,1 млрд м^3 та 7,5 млрд м^3. З цього видно, що ця галузь потребує реформування. Одним із таких заходів являється перехід до альтернативних видів палива.

Згідно Національному плану дій по відновлювальній енергетиці на період до 2020 року, основним напрямком повинна стати биоенергетика. В нашій країні спрощення процедури введення в експлуатацію об'єктів теплоенергетики, що використовують поновлювані джерела енергії, і стимулюючий тариф для виробництва тепла з біомаси, дозволили ввести за 2014-й і першу половину 2015 року такі котельні сумарною потужністю 740 МВт. Це дозволило знизити споживання природного газу приблизно на 2,4 млрд м^3, що становить 5,6% від загальної кількості.

В даній науково-дослідницькій роботі об’єктом дослідження є системи опалення та гарячого водопостачання муніципальних споживачів.

Метою роботи є підвищення ефективності постачання та споживання теплової енергії муніципальними об'єктами. В процесі дослідження розглянуто декілька можливих енергозберігаючих схем теплопостачання з використанням відновлювальних джерел енергії. Розглянуто привабливість відмови від централізованої системи. Проаналізовано можливість використання сонячних колекторів для гарячого водопостачання. Визначена економія енергоресурсів від встановлення твердопаливних котлів, працюючих на біомасі, Оцінено доцільність переходу до електронагріву в системах теплопостачання. Проведено порівняльний аналіззапропонованих рішень за критеріями економічної ефективності.

Список літератури:

1. Інтернет ресурс http://uaenergy.com.ua/post/23865/ukraina-za-10-mes-2015-g-importirovala-148-mlrd-kub-m/

2. Інтернет ресурс http://uaenergy.com.ua/post/23591/v-ukraine-za-18-mes-ustanovleny-kotelnye-na/

УДК 621.311

ПОРІВНЯННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ШВИДКОДІЮЧИХ ДЖЕРЕЛ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ

***С.О. ПЛАХОТІН*[1*], *Г.І. МЕЛЬНИКОВ*[2]**

[1]*магістрант кафедри електричних станцій, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2]*доцент кафедри електричних станцій, канд. техн.наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[*]*email: serg_plakhotin@mail.ru*

Питання економного використання всіх видів енергії, у тому числі електричної, і підвищення економічності роботи систем електропостачання є важливою державною проблемою.

Електроенергія, як особливий вид продукції, володіє певними характеристиками, що дозволяють судити про її придатність в різних виробничих процесах. Сукупність таких характеристикоб'єднані під загальним поняттям якості електроенергії.

В останні роки підвищенню якості електроенергії приділяють велику увагу, тому що якість електроенергії може істотно впливати наїї витрату, надійність систем електропостачання, технологічний процес виробництва.

Якість електроенергії можна поліпшити засобами живильної мережі або застосуванням відповідного додаткового обладнання наоснові наявного досвіду проектних і експлуатаційних організацій.

Одним з основних питань, пов'язаних з підвищенням якості електроенергії в мережах, є питання про компенсацію реактивної потужності, що включає вибір доцільних джерел, розрахунок і регулювання їх потужності, розміщення джерел у системі електропостачання.[1]

Метою роботи є порівняння швидкодіючих джерел реактивної потужності, виявлення їх переваг та недоліків. До таких пристроїв відносяться статичні компенсатори реактивної потужності, статичні тиристорні компенсатори реактивної потужності прямої і непрямої дії, а також статичні компенсатори на основі перетворювачів з IGBT транзисторами.

За допомогою експериментальних досліджень в бібліотеці SimPowerSys програмного комплексу Matlab виконано порівняння роботи швидкодіючих джерел реактивної потужності та їх ефективності. Проведено аналіз способів зменшення впливу реактивної потужності на споживачів електроенергії.

Результати досліджень, та аналізу приведені у доповіді та дозволяють зробити висновки про ефективність тих чи інших джерел реактивної потужності в залежності від умов їх використання.

Список літератури:

1. *Готман В. И.*Критерии оценки экономической эффективности компенсации реактивной мощности в электроснабжении / *В. И. Готман* // Электричество. - 2010. - № 1.- С. 13-18.

УДК 621.315

УСИЛЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ИЗОЛЯЦИИ НА ВОЗДУШНОЙ ЛИНИИ 35-110 кВ

А.П.ПОНОМАРЁВА[1*], А.Г.ГУРИН[2], П.Е.ПОНОМАРЁВ[3]

[1]магистрант каф. «Изоляционная и кабельная техника», НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА

[2]проф. каф. «Изоляционная и кабельная техника», зав. каф. НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА

[3]канд. техн. наук, нач отдела ООО « ПК «Реверс», УКРАИНА

[*]email: slav_anna2011@mail.ru

Среди ЛЭП высокого напряжения наибольшее распространение получили ВЛ на 35-110 кВ. они проходят как в практически чистых районах. Так и в районах с высоким уровнем загрязнения, поэтому правильный выбор изоляции и обеспечение её высокой электрической прочности остаётся одной из важных задач при эксплуатации этих линий[1-2]. Перекрытие на ВЛ можно разделить на два вида: а) перекрытие по воздушному промежутку от провода до места крепления гирлянды на опоре (грозовые и коммутационные перенапряжения); б) вдоль поверхности изоляционной части изоляторов при её загрязнении и увлажнении. Существует ряд способов усиления электрической изоляции для ВЛ: добавление изоляторов в гирлянды; применение изоляторов с большей длиной пути тока утечки ($L_{ут.}$): изоляторыс вытянутыми рёбрами (ПСГ-70А), двукрылые изоляторы (ПСД-70); применение изоляторов аэродинамических форм (с улучшенной самоочисткой): сферические (ПСС-70) и конические (ПСК-70) изоляторы [3]; применение материалов с высокими диэлектрическими характеристиками (электротехнический фарфор, малощелочное стекло и кремнийорганическая резина); организация профилактических мероприятий (очистка изоляторов, обмыв, гидрофобизация). Широко применяются гидрофобные покрытия на основе кремнийорганических каучуков, которые обладают хорошими диэлектрическими характеристиками (ρ_v=5×10^{13} - 5×10^{14} Ом·см, γ = 2–6 × 10^{-13} См, ε = 1,5–3,5) и водоотталкивающими свойствами [2]. Выбор того или иного способа усиления изоляции должен учитывать как условия эксплуатации ВЛ, так и характеристики установленных на ней изоляторов.

Список литературы:

1. *Абрамов В.Д.* Эксплуатация изоляторов высокого напряжения. / *В.Д. Абрамов, М.В.Хомяков* – М., «Энергия», 1976.

2. Выбор и эксплуатация внешней изоляции электроустановок 6 – 750 кВ на предприятиях Минэнерго Украины. (Инструкция): ГКД 34.51.101-96 – Киев, ГП «Научно-инженерный энергосервисный центр», 1999. – 107 с.

3. *Воскресенский В.Ф.* Электрическая изоляция в районах с загрязненной атмосферой. / *В.Ф. Воскресенский* - М., «Энергия», 1971.

УДК 621.311

МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ МУНІЦИПАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ. КОМПЛЕКСНІЙ ПРОЕКТ. ЕЛЕКТРИЧНА ЧАСТІНА.

***А.М. ПРИХОДЬКО*[1*]*, Л.І. ЛИСЕНКО*[2]

[1]*магістр кафедри електричних станцій, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2]*доцент кафедри електричних станцій, канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[*]*email: andrey_ya93@mail.ru*

Кількість електроенергії, що споживаєжитлово-комунальне господарство та населення України,перевищує 50 млрд. кВт·г, що становить 39% від загального обсягу її виробництва [1]. Основними споживачами електроенергії в муніципалітетах є побутові електроприймачі, системи освітлення, ліфти, насосні установки комунальних служб. Ці об’єкти використовують електричну енергію переважно в часи пікового споживання, яке, в свою чергу, покривається потужністю найбільш дефіцитних для України ресурсів, зокрема, ТЕЦ та ТЕС. Досить велика частина вже виробленої енергії втрачається в електричних мережах. Так, наприклад, в 2014 р. споживання нетто електричної енергії склало 129,84 млрд. кВт·г, а нормативні технологічні втратипри транспортуванні електроенергії в мережах усіх класів напруг досягли 23,1 млрд. кВт·г. або 17,8 % [2]. Значна частка цих втрат прилягає на мережі 35-0,38 кВ, при цьому саме перевантаження в пікові години створюють понаднормативні втрати в житлових масивах. У міжнародній практиці прийнято вважати нерентабельною передачу електроенергії, якщо втрати перевищують 7-8% від надходження. Наприклад, в мережах Південної Кореї втрати сягають 3-4%, в Німеччині 5%, в США 5,4%.

Об'єктом дослідження вданій роботі є муніципальніспоживачіелектричної енергії, їх внесок в технічні втрати в мережах та нерівномірністьграфіка навантаження. Метоюдослідження єкорегування споживання електричної енергії на муніципальних об'єктах.Розглянуто комплекс рішень, спрямованих на три основних види економії: пряма економія електроенергії завдяки широкому впровадженню систем енергоменеджменту, заміниобладнання на більш енергозберегаюче, установці систем автоматики, переходу на підвищену напругу; економіяпалива за рахунок оптимізації складу та роботи генеруючого обладнання завдяки вирівнюванню графіків навантаження;та економія електроенергії завдяки впровадженню системи розподіленої генерації з широким застосуванням альтернативних джерел електричної енергії.

Список літератури:

1. *Офіційний сайт ДП НЕК Укренерго www.ukrenergo.energy.gov.ua.*
2. *Офіційний сайт Державної служби статистики України www.ukrstat.gov.ua.*

УДК 620.97

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ВАКУУМНОГО СОНЯЧНОГО КОЛЕКТОРА

К.М. РІЗНИЧЕНКО[1*], К. В. МАХОТІЛО[2]

[1]магістрант кафедриелектричних станцій, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА
[2]канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА
[*]email: ekaterinareznichenko92@gmail.com

В умовах світової кризи атомної та вуглецевої енергетики сонячні теплові технології отримують все більшого поширення. За оцінкою спеціалістів German Advisory Councilon Globalchange [1] до 2100 року Сонце стане головним джерелом енергії на планеті. За рахунок вдалого географічного положення Україна отримує в середньому 3,2 кВтгод/день, тому використання сонячних колекторів (СК) є одним із найперспективніших напрямів розвитку вітчизняної відновлюваної енергетики. Потрібно відзначити, що сонячні фотоелектричні системи отримали більше розповсюдження, ніж теплові. Проте, сьогодні розвинені країни намагаються все більше використовувати сонце для нагрівання води як для побутового використання, так і для комерційних цілей. Лідерами цього напряму стали Китай, Греція та Німеччина. У цих країнах на одну особу приходиться 1 м^2 поверхні СК, і в умовах жаркого клімату енергія сонця може покривати до 100% витрат на нагрів води[2].

Найбільше в Європі поширені індивідуальні системи нагріву води на основі СК для опалення житлових приміщень і басейнів. Загальне річне виробництво СК в світі в 2010 р. становило 1,9 млн. м^2, при цьому близько 40% ринку припадає на частку Європи та країн Середземноморського регіону.Загальна площа встановлених СК перевищила 60 млн. м^2. У 2013 році в країнах Європейського Союзу було продано понад 10,7 млн. м^2 вакуумних колекторів і близько 20,2 млн. м^2 пласких. Все говорить про те, що дана тенденція збережеться, оскільки в країнах ЄС приймаються заходи до стимулювання ринку сонячних систем [3]. Нажаль, в Україні цей напрям енергетики не розвинений і дослідження шляхів ефективного використання сонячної енергії для гарячого водопостачання та опалення є актуальною задачею. Об’єктом дослідження даної роботи було обрано використання сонячної енергії для підігріву гарячої води. Предметом дослідження є вакуумні СК. Метою роботи є аналіз фактичної ефективності роботи вакуумного СКв кліматичних умовах м. Харкова на прикладі експериментальної установки.

Для цього необхідно вирішити наступні завдання:

1. Теоретично оцінити ефективність роботи СК в нормальних умовах;
2. Сконструювати дослідну установку на базі вакуумного СК;
3. Експериментально дослідити роботу СК за нормальних погодних умов;
4. Експериментально дослідити роботу СК за умов запиленості, густого туману та хмарності;

5. Визначити залежність між ефективністю СК та умовами експлуатації;

6. Визначити переваги та недоліки використання вакуумних СК у дослідженій місцевості.

Для виконання поставлених завдань на кафедрі електричних станцій НТУ «ХПІ» було зібрано експериментальну установку на основі вакуумного СК 1 Vaillant auroTHERM VTK 1140/2[4]. Його встановлено на металеву стійку під кутом 35º до горизонту та повернуто на південь. Для забезпечення примусової циркуляції у системі встановлено циркуляційний насос 2. Витрати теплоносія фіксуються за допомогою розходоміру 3. Колектор приєднано до радіатора 4, який слугує тепловим навантаженням системи і розсіює тепло в атмосферу. Також встановлено розширювальний бачок 5. З метою попередження замерзання теплоносія у трубках СК в зимовий час в його якості обрано антифриз. Вимірювання параметрів роботи установки здійснюється за допомогою датчиків температури DallasDS18201421C4, встановлених на виході СК, вході та виході радіатора, приєднаних до контролераDallas 623K 6 .

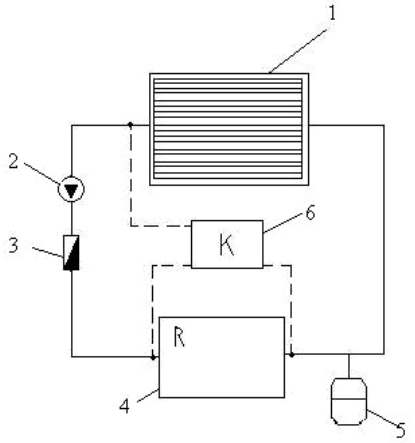


Рис. 1 – Схема експериментальної установки

В ході досліджень планується отримати залежності теплової потужності колектора від умов, в яких експлуатується вакуумний колектор. У ході роботи буде проведено серію дослідів з різними умовами роботи СК з метою визначення залежності ефективності від зміни умов роботи. Отримані результати можуть бути використані при проектуванні автономних систем гарячого водопостачання з низькою вартістю та високою ефективністю.

Список літератури:

1.*Garg, H. P.* Solar Energy: Fundamentals and Applications/ *H. P. Garg* // Tata McGraw-Hill Education. – 2000 – 434 p.

2.*Kalogirou, A.*Solar Energy Engineering: Processes andSystems/ *A. Kalogirou*// Soteris Academic Press. – 2009– 744 p.

3. *Mendes J. F.*Solar Thermal Collectors in PolymericMaterials: A Novel Approach Towards Higher OperatingTemperatures / *J. F. Mendes, P. Horta, M. J. Carvalho,P. Silva*//Proc. of ISES World Congress 2007(Vol. I – Vol. V). –2009. – P. 640-643.

4.*Vaillant*. Информация для проектированияauroTHERM[Електроннийресурс]. – Режимдоступу: http://www.vaillant.ua.

УДК 620.92

АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ И ГИДРОАККУМУЛИРУЮЩИХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ ДЛЯ УМЕНЬШЕНИЯ ДЕФИЦИТА БАЛАНСИРУЮЩИХ МОЩНОСТЕЙ В ЭНЕРГОСИСТЕМЕ УКРАИНЫ.

М.А. САВЧЕНКО[1*], А.П. ЛАЗУРЕНКО[2]

[1] магистрант кафедри «Электрические станции», НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА
[2]профессор кафедры «Электрические станции», кандидат. техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА
[*]email: miha.savchenko@mail.ru

В сложившейся экономической и геополитической ситуации в Украине в настоящее время электроэнергетический сектор находится в тяжелом положении. В связи с недоступностью источников топлива и самого топлива на тепловых электростанциях за последние десять лет практически полностью не эксплуатируются либо эксплуатируюся в ограниченных режимах множество блоков тепловых электростанций, в особенности газо-мазутных.

Доля атомных электростанций в общей выработке электроэнергии в энергосистеме Украины по состоянию на январь 2016 г. составляет почти 60%. В связи с этим актуальность введения новых маневренных мощностей ставится на первый план, т.к. для обеспечения стабильной и безаварийной работы АЭС необходим достаточный запас (около 16% от общей установленной мощности) маневренных мощностей, при чем как генерирующих так и потребляющих. Наличие балансирующего резерва стратегически важно для современных реалий Украины, т.к. на данный момент энергосистема не может обходиться без внешних перетоков мощности, в особенности в пиковые часы.

В данных условиях необходимо наращивать альтернативные источники маневренных мощностей либо модернизировать существующие блоки ТЭС под доступные энергоносители, что требует значительных капиталозатрат. В качестве мощностей для покрытия пиков графика нагрузок, а в случае ГАЭС и провалов, актуально и целесообразно введение новых и модернизация существующих гидроэлектрогенерирующих мощностей, как наиболее гибких и одних из самых дешевых видов источников электроэнергии.

Строительство новых ГЭС на самой значительной в плане гидроэнергетического потенциала реке Украины - Днепре, экономически не целесообразно, однако существующие ГЭС требуют реконструкции и модернизации, что в некоторой степени наблюдается в последнее время. Однако есть потенциал по расширению существующих гидроаккумулирующих станций. На Днестре строится уникальный объект - самая крупная в Европе Днестровская ГАЭС. По проекту эта электростанция должна включать 7 гидроагрегатов по 324 МВт в турбинном и по 421 МВт в насосном режиме. На данный момент введено в эксплуатацию 2 агрегата. Еще один перспективный

объект гидроэнергетики - Ташлыкская ГАЭС. По первоначальному проекту данная электростанция должна была состоять из шести обратимых агрегатов по 150 МВт в турбинном и 225 МВт в насосном режиме и 4 обычных гидроагрегатов по 250 МВт. На данное время проектом предусмотрено только 6 агрегатов 150\225 МВт. На данный момент эксплуатируются 2 гидроагрегата. 09 ноября 2011 года, начата укрупнительная сборка генератора-двигателя гидроагрегата № 3.

Малая гидроэнергетика в Украине имеет все шансы стать перспективным направлением развития возобновляемой энергетики. «Зеленый» тариф и наличие уже существующей инфраструктуры, доставшейся в наследство от СССР, обеспечивают интерес инвесторов к данному сегменту рынка. Малые ГЭС могут значительно улучшить энергоснабжение отдаленных и труднодоступных энергодефицитных районов Украины, способствуя их экономическому развитию. Однако существует ряд факторов, замедляющих развитие сегмента малой гидроэнергетики.

Малые ГЭС достаточно широко распространены в европейских странах. В Австрии объем производства электроэнергии на таких ГЭС достиг 10 %, в Швейцарии — 8,3 %, в Швеции — 3 %, в Испании — 2,8 %. В Китае около 18–20 % всей электроэнергии поставляют более 80 тыс. малых ГЭС.

На сегодня в Украине функционирует порядка 80 малых ГЭС общей мощностью 111 МВт, что составляет 5 % технически достижимого гидроэнергетического потенциала страны.

Цель данной работы - исследовать перспективы развития гидравлических электростанций в Украине в качестве маневренных электрогенерирующих мощностей в условиях существующего энергодефицита на примере ввода в эксплуатацию различного количества блоков Днестровской ГАЭС, а так же проанализировать соотношение времени и стоимости строительства, себестоимости единицы произведенной электроэнергии и положительного эффекта сглаживания пиков у гидравлических и других типов ЭС.

Ввод в эксплуатацию блока ГЭС и учет существующих параметров узла энергосистемы будет моделироваться с помощью средств математического пакета MathLab, в частности средством для моделирования, имитации и анализа динамических систем Simulink.

Список литературы:

1. *Синюгин В.Ю.* Гидроаккумулирующие электростанции в современной электроэнергетике. / *В.Ю. Синюгин, В.И. Маргук, В.Г. Родионов*– М.: Издательство НЦ ЭНАС, 2008. – 352 с.

2. Енергетична стратегія України на період до 2030 року. Схвалено Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 15 березня 2006 р. № 145-р. [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/145-2006- %D1 %80

3. Звітні показники за січень 2016 р. щодо диспетчерезації та розрахунків цін. Державне підприемство "Енергоринок" [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.er.gov.ua/doc.php?df=16

УДК 621.311

РЕФОРМУВАННЯ ЕНЕРГОРИНКУ УКРАЇНИ

***К.І. СНІГУР*[1*]*, О.М. ДОВГАЛЮК*[2]

[1] *магістрант кафедри передачі електричної енергії, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2] *доцент кафедри передачі електричної енергії, канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[*] *e-mail: ksnigur@yandex.ru*

Оптовий ринок електроенергії (ОРЕ) України був створений за моделлю Британського пулу в 1996 р. Останнім часом спостерігається зниження ефективності роботи енергетичної галузі, однією з важливих причин чого є той факт, що модель «єдиного покупця», базовим принципом якої є визначення середньої ціни на електроенергію для всіх постачальників, застаріла і функціонує з цілим рядом недоліків. Так модель «єдиного покупця» ставить виробників атомної, теплової та гідроелектроенергії в рівні умови по відношенню до споживача, а це знищує конкуренцію і демотивує виробників підвищувати ефективність і знижувати собівартість електроенергії.

Сучасні тенденції розвитку електроенергетики, а також критичний технічний та фінансовий стан енергоринку вказують на необхідність реформування ринку електроенергії України [1]. Для цього необхідно впровадження нової прогресивної та конкурентної моделі енергоринку – двосторонніх договорів та балансуючого ринку (ДДБР). Ця модель є більш ефективною та орієнтованою на потреби споживачів, які отримають свободу вибору постачальника електроенергії шляхом укладення двосторонніх договорів, а також можливість придбання необхідних обсягів електроенергії на спотовому ринку. З’являється можливість ефективно регулювати дисбаланс, що виникає при виробництві електроенергії, а також передбачається створення ринку додаткових послуг із закупівлі маневрених потужностей. Ключові відмінності обох енергоринків представлені в табл. 1.

В Україні прийнято закон «Про засади функціонування ринку електроенергії України» [2], в якому затверджено поетапну концепцію переходу від існуючої моделі ринку до ДДБР. Згідно з цим законом нова модель ринку електроенергії повинна повністю почати працювати з 2017 р. і буде реалізована шляхом впровадження через ряд послідовних кроків для забезпечення максимально плавного процесу переходу. На кожному з етапів буде проходити впровадження одного з елементів ДДБР, починаючи з 20% на першому етапі, на другому - до 40%, на третьому - до 70%, четвертий етап буде характеризуватися повним відкриттям нової моделі енергоринку.

Загальна характеристика етапів реформуванняенергоринку України така:

- Етап 1. Формування нормативно-правової бази та початок навчання учасників ринку, часткове введення двосторонніх договорів. Балансування ринку здійснюється через пул.

Таблиця 1 – Ключові відмінності старого і нового енергоринків України

Модель	Характеристика
Пул	• Вся електроенергія продається через пул за централізованим ціноутворенням; • Єдина ціна для кожної години; • Ціноутворення на основі сумарного графіку споживання, але деякі виробники отримують регульовану ціну; • Заявка формується як точки на реальному графіку витрат; • Централізоване складання графіку Системним оператором.
ДДБР	• Більшість електроенергії продається за двосторонніми договорами з індивідуальним визначенням ціни; • Кожної години може бути прийнято кілька цін, заявок і пропозицій; • Різні ціни небалансу – для випадків дефіциту та перевиробництва; • Окремі ціни заявок і пропозицій; • Самостійне складання графіків виробниками.

- Етап 2. Впровадження балансуючого механізму при збереженні централізованого складання графіків навантаження. На цьому етапі визначено необхідність навчитися точному плануванню та прогнозуванню виробництва і споживання електроенергії.

- Етап 3. Перехід від централізованого до самостійного складання індивідуальних графіків навантаження учасників ринку. Початок функціонування Біржі електроенергії.

- Етап 4. Початок повноцінного функціонування ринку двосторонніх договорів, а також балансуючого ринку. Повне відкриття ринку та усунення залишкових перехідних механізмів.

На шляху переходу ринок ДДБР зазнаватиме фундаментальних змін, таких як припинення централізованої диспетчеризації виробників, підвищення ефективності виробників у змаганні за укладання двосторонніх контрактів та за надання вигідних заявок на балансуючий ринок [3]. Зміни також стануться у процесі складання графіків і диспетчеризації, у поводженні з небалансами між дійсними та плановими виробництвом та споживанням, а також у тому, як вартість цих небалансів буде сплачуватися саме тими учасниками, якими вони були спричинені.

Список літератури:

1.Енергетична стратегія України на період до 2030 року / Інформаційно- аналітичний бюлетень «Відомості Мінпаливенерго України». Спеціальний випуск. - Київ, 2006. - 113 с.

2. Закон України «Про засади функціонування ринку електричної енергії України» від 24.10.2013 р. № 663-VII (зі змінами та доповненнями). [Електронний ресурс]. - Режим доступу: http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/663-18/page

3. *Жаркин А.Ф.* Нормативно-правовое регулирование качества электрической энергии. Анализ украинских и европейских законодательных актов и нормативно-технических документов / *А.Ф. Жаркин, В.А. Новский, С.А. Палачев.* - Киев: Ин-т электродинамики НАН Украины, 2010. - 167 с.

УДК 621.31

ВЫРАВНИВАНИЕ НАПРЯЖЕННОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ ГЕНЕРАТОРА ТВВ-800 С ПОМОЩЬЮ ПОЛУПРОВОДЯЩЕЙ ЛЕНТЫ НА ОСНОВЕ КАРБИДА КРЕМНИЯ

***С.А. СОКОЛ*[1*], *А.Г. ГУРИН*[2]**

[1]*магистрант кафедры «Изоляционная и кабельная техника», НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[2]*проф. кафедры «Изоляционная и кабельная техника», зав. кафедры, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[*]*email: serzh.sokol.1990@mail.ru*

В мощных машинах, работающих на больших напряжениях 20 – 24 кВ, возникает сильное электрическое поле. Особенно оно увеличивается к выходу стержня из паза. В связи с большой напряженностью, возрастает вероятность возникновения частичных разрядов, которые, действуя на изоляцию, ведут к быстрому ее износу и старению. Поэтому актуальным является вопрос разработки способов для уменьшения напряженности электрического поля.

Для предотвращения краевых разрядов (коронирования) на поверхности изоляции статорных обмоток высоковольтных электрических машин широко используются полупроводящие противокоронные покрытия, обладающие нелинейной вольтамперной характеристикой (ВАХ) за счет использования в качестве наполнителя порошка карбида кремния (SiC)[1-2].

Покрытия выполняются как в виде эмалей, так и в виде лент. Полупроводящие ленты обладают рядом преимуществ перед эмалями:

1) ленточные покрытия имеют более высокие механические характеристики и не повреждаются при кладке обмотки

2) ленты экологичны;

3) после нанесения ленточного покрытия изделие сразу готово к дальнейшему производственному процессу, в отличие от эмалевого, которому для достижения необходимых электрических характеристик требуется сушка в течение 24 часов.

В настоящее время изоляция обмоток высоковольтных электрических машин изготавливается в основном способом: с применением непропитанных слюдобумажных лент с последующей вакуум-нагнетательной пропиткой (ВНП) компаундами [3].

Сравним картины распределения напряженности электрического поля без применения полупроводящей ленты и с применением. На рис.1: первый слой – слюдяная бумага ε = 5, второй – полистирольная пленка ε = 2.2. Максимальная напряженность E = 12935042 В/м или 12.935 кВ/мм. Пробивная напряженность полистирола 12 – 17 кВ/мм. На рис.2: первый слой – слюдяная бумага ε = 5, второй – полистирольная пленка ε = 2.2 и третий слой полупроводящее покрытие с ε = 8. Максимальная напряженность E = 13293891 или 13.3 кВ/мм.

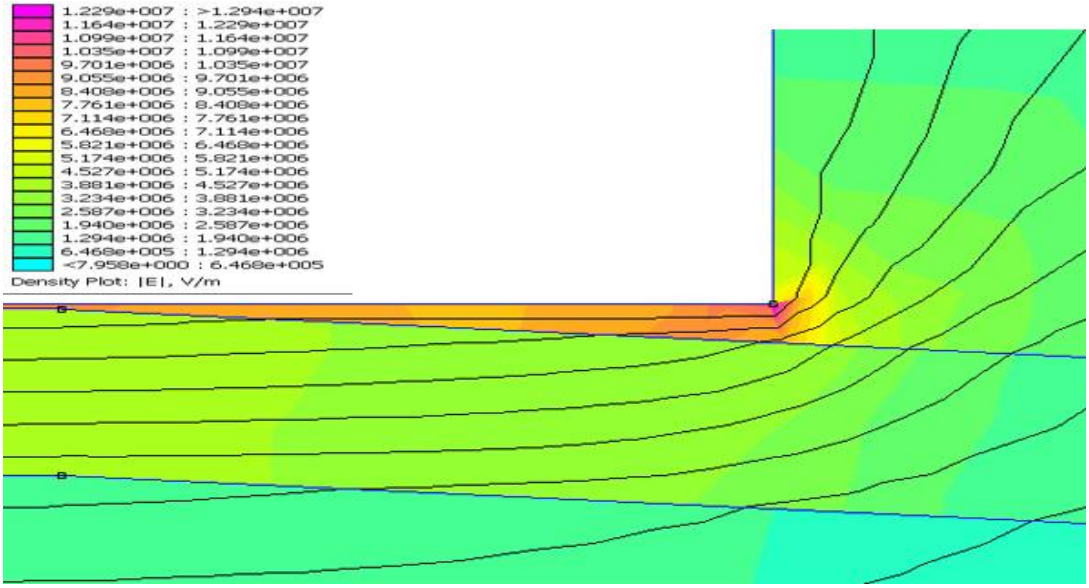


Рис. 1 – Распределение напряженности электрического поля при выходе стержня из паза

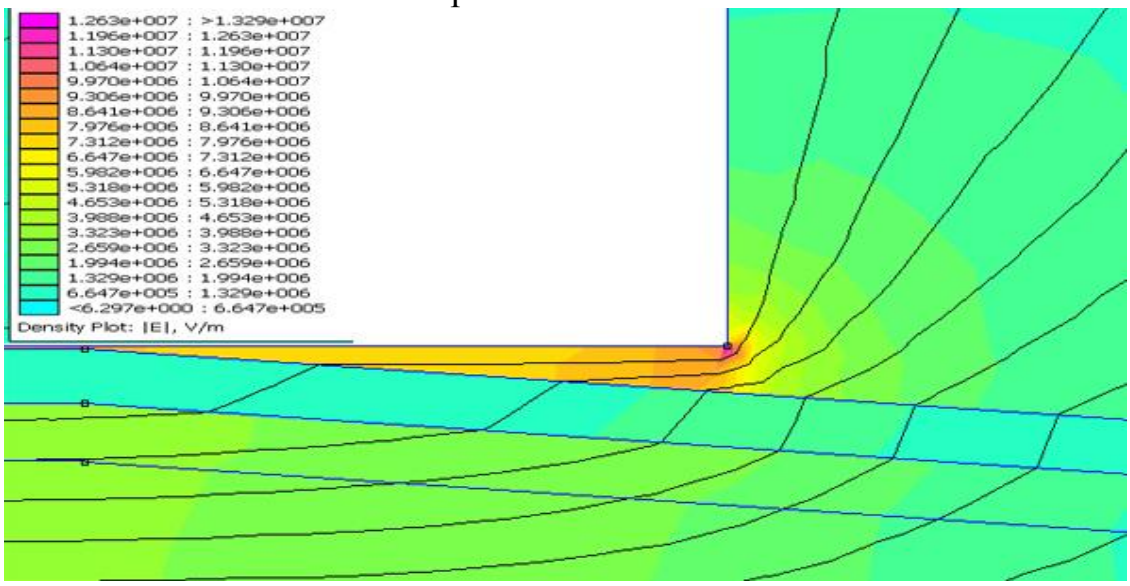


Рис. 2 – Распределение напряженности электрического поля при выходе стержня из паза

Применение полупроводящей ленты дает возможность распределить поле по поверхности. Сравнивая рис.1 и рис.2 видно, что на последнем, поле более однородно. Именно так и работают полупроводящие материалы – снижают напряженность, растягивая ее по поверхности.

Список литературы:

1. *Кокцинская Е. М.* Разработка и исследование противокоронных покрытий ленточного типа для современных способов изготовления систем изоляции высоковольтных электрических машин: Диссертация / *Е. М. Кокцинская.* - Санкт-Петербург. - 2007

2. *Глебов И.А.* Научные проблемы турбо-генераторостроения / *И.А. Глебов, Я.Б. Данилевич* // - Л.: Наука, 1974

3. *Гегенава А.Г.* Исследование и усовершенствования противокоронных покрытий высоковольтных электрических машин: Диссертация / *А.Г.Гегенава*. – 2008.

УДК 621.3.04

ПРИМЕНЕНИЕ СУХИХ ТРАНСФОРМАТОРОВ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

***А.В. СТОРЧАК*[1*], *В.Е. БОНДАРЕНКО*[2]**

[1] *магистрант кафедры «Передача электрической энергии», НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[2] *профессор, заведующий кафедры «Передача электрической энергии», докт. техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[*]*email: andrei-storchak@mail.ru*

В существующих электрических сетях в основном используются масляные силовые трансформаторы. Данный факт обусловлен их относительно невысокой стоимостью. Однако подобное оборудование обладает такими недостатками, как пожароопасность и экологическая опасность утечки масла. Также существует необходимость постоянно контролировать уровень и качество жидкого диэлектрика.

В современных условиях существует альтернатива масляным трансформаторам – сухие трансформаторы (рис.1), представляющие собой один из современных пожаро- и экологически безопасных типов трансформаторов, у которых магнитна я система и обмотки не погружены в трансформаторное масло, кремний-органическую жидкость (КОЖ) или какой-либо другой жидкий диэлектрик.

Рис. 1 – Сухой трансформатор типа ТСЗГЛ

Сухие трансформаторы по сравнению с масляными имеют целый ряд преимуществ:

- отсутствие в трансформаторе масла, что устраняет угрозу загрязнения окружающей среды;
- отсутствие частичных разрядов;
- низкий уровень шума и вибрации;
- обслуживание сводится к периодическому проведению визуальных осмотров;
- имеют низкие потери ХХ и КЗ;
- значительное уменьшение занимаемой площади ввиду компактности сухих трансформаторов;
- устойчивость к воздействию сирости и влаги;
- высокая пожаробезопасность.

Применение сухих трансформаторов в высоковольтных сетях, на электрических подстанция на сегодняшний день не является возможным, так как имеются конструктивные сложности в создании мощного сухого оборудования.

Однако установка сухих трансформаторов у потребителей или на небольших распределительных подстанция оказывается очень актуальна. Именно эти трансформаторы применяются в местах требующих повышенной безопасности и с повышенными требованиями к охране окружающей среды: аэропорты, шахты, учебные заведения, метро, курортные зоны, спортивные комплексы и т.д.

Также сухие трансформаторы возможно применять на промышленных предприятиях, металлургических предприятиях, нефтегазовой промышленности и т.д. Это решает две основных проблемы:

- отсутствие необходимости в средствах пожаротушения;
- возможность расположения оборудования в непосредственной близости от центра нагрузки, что позволяет оптимизировать схему электроснабжения, а также свести к минимуму использование цепей низкого напряжения.

Благодаря своим эксплуатационным качествам сухие трансформаторы постепенно должны заместить масляные трансформаторы внутрицеховых сетей.

Список литературы:

1. Васильев С.Н. Будущее за сухими трансформаторами. / *С.Н. Васильев* // Новости электротехники. - 2002. - №3.

2. Украинский В.И. Сухие трансформаторы. Надежность и безопасность. / *В.И. Украинский* // Электротехнический рынок. - 2007. - №3.

УДК 621.31

РАЗРАБОТКА И ОБОБЩЕНИЕОСНОВНЫХ ПОЛОЖЕНИЙ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ СОВРЕМЕННЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

***М. С. СУСЛОВА*[1], *И. В. БАРБАШОВ*[2*]**

[1]*магистрант кафедры ПЭЭ, НТУ "ХПИ", Харьков, УКРАИНА*
[2]*профессор кафедры ПЭЭ, канд. техн. наук, НТУ "ХПИ", Харьков, УКРАИНА*
[*]*email:i.v.barbashov@gmail.com*

В настоящее время технико-экономическое обоснование решений при проектировании развития электрических сетей должно быть направлено на разработку новых принципов типового проектирования электрических сетей высокого напряжения, отражающих новые идеи унификации конструктивных решений линейных и подстанционных составляющих сетей, современные требования к надежности и качеству электроснабжения, обеспечению действующих на сегодняшний день экологических требований; также должна предусматриваться возможность проведения ремонтов сетевых объектов под напряжением, учитываться изменения в подходах к отчуждению земель, формированию стоимости объектов и многие другие аспекты [1, 2].

На ближайшую перспективу в Украине маловероятен разворот к массовому строительству энергетических объектов. Поэтому нет никаких объективных оснований для разработки новой унификации сетевых конструкций. Изменяется и сам характер проектирования и строительства новых объектов.

Практика сооружения сетевых объектов в промышленно развитых странах говорит о том, что они, как правило, разрабатываются индивидуально и испытываются на конкретные условия. При таком подходе обеспечивается наименьший расход материалов и других ресурсов на строительство, а также гарантируется соответствие сооружения локальным природным условиям, его экологическая безопасность. Временные экономические потери, вызываемые увеличением объемов проектирования в этом случае, как правило, окупаются эффектом удовлетворительной эксплуатации в последующие 40−50 лет физической жизни объектов.

Наиболее эффективен, видимо, вариант использования как унифицированных конструкций, так и конструкций, специально разработанных для каждого объекта. Окончательный ответ может дать только технико-экономическое сравнение различных вариантов конструктивного исполнения. Такой подход обеспечит наименьший расход материалов и других ресурсов, а также гарантирует соответствие сооружений локальным условиям и их эффективную эксплуатацию в течение всего периода.

Технологической основой создания электрических сетей нового поколения и модернизации существующих должны стать [1, 2]:

1) компактные линии электропередачи различных классов напряжения с применением самонесущих изолированных и защищенных проводов, а также высокотемпературных проводов;

2) кабельные линии различных классов напряжения, выполненные кабелями с изоляцией из сшитого полиэтилена;

3) газоизолированные линии;

4) универсальные компактные устройства подстанционного оборудования, выполненные как за счет применения новых видов изоляции и оптимизации изоляционных промежутков, так и путем комбинации отдельных высоковольтных устройств в одном корпусе;

5) экологически и пожаробезопасные полностью герметизированные и автоматизированные подстанции для различных классов напряжения подземного исполнения.

При проектировании развития электрических сетей Украины в настоящее время предусматривается широкое применение таких прогрессивных технических решений как узкобазовые и многоцепные опоры, в том числе и комбинированных (как по напряжениям, так и по применяемым материалам).

К настоящему времени в Украине разработаны и уже изготавливаются изоляторы на основе новых материалов − стеклопластика и кремнийорганической резины. Композиционные изолирующие конструкции предназначены для линий, подстанций, контактной сети на все классы напряжений и на все степени загрязненности атмосферы.

Внедрение композиционных изоляторов будет способствовать процессу обновления, восстановлению требуемых качеств, усовершенствованию и модернизации основных фондов предприятий электрических сетей, а также созданию новых технологий в организации технического обслуживания и ремонтов в действующих электроустановках, находящихся под напряжением.

Внедрение современных технических средств в электроэнергетической отрасли, в частности в электрических сетях, позволит повысить эффективность передачи электрической энергии, надежность работы отрасли в целом, снизить негативное влияние электроэнергетических объектов на экологические компоненты окружающей среды, кроме этого, сократить использование земли под электроэнергетические объекты.

Список литературы:

1. *Бабушкин В. М.* Электрические сети: развитие, новые решения : пособие для электроэнергетиков / *В. М. Бабушкин, В. А. Нейман, В. А. Чевычелов* // Сер. Энергетика: реабилитация, развитие. – К. : Энергетика и электрификация. - 2001. − 116 с.

2. *Барбашов И. В.* Общая характеристика и основы анализа установившшихся режимов современных электрических систем и сетей : текст лекций − Х. : НТУ "ХПИ", 2013. − 240 с.

УДК 621.311.1

ВНУТРЕННИЕ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ

***А.Н .ТАПЕШКИНА*[1*], *А.Е. ПИРОТТИ*[2]**

[1]*магістрант кафедри Передача електричної енергії, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2]*доцент кафедри Передача електричної енергії, к т н, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[*]*email:alpir@ukr.net*

В зависимости от места приложения можно выделить различные типы перенапряжений. Наибольшее практическое значение имеют фазные перенапряжения. Они воздействуют на изоляцию токоведущих частей электрооборудования от земли или заземленных конструкций. К этой изоляции нормально приложено фазное напряжение. Однако в сетях с изолированной нейтралью следует учитывать, что в процессе поиска места замыкания на землю (длительностью от минут до нескольких часов) к фазной изоляции может быть приложено линейное напряжение.

Междуфазные перенапряжения рассматриваются при выборе междуфазной изоляции, например - расстояний между проводами разных фаз на линиях и подстанциях, обмотками различных фаз трансформаторов, машин, реакторов. Рабочим напряжением для этих видов изоляции является линейное напряжение.

Внутрифазные перенапряжения возникают между различными токоведущими элементами одной и той же фазы, например между соседними витками или катушками обмотки трансформатора, а также между нейтралью и землей

Перенапряжения между контактами коммутирующих аппаратов возникают в процессе отключения участка сети или при несинхронной работе двух участков сети.

Внутренние перенапряжения возникают в электрических системах в результате коммутаций.

Коммутации могут быть оперативными (плановыми), например:

а) включение и отключение ненагруженных линий;

б) отключение ненагруженных трансформаторов и реакторов поперечной компенсации;

в) отключение конденсаторных батарей.

Однако чаще внутренние перенапряжения возникают при аварийных коммутациях в результате действия релейной защиты или противоаварийной автоматики.

К аварийным коммутациям можно отнести:

а) отключение выключателями короткого замыкания;

б) автоматическое повторное включение линий;

в) внезапный сброс нагрузки и др.

Внутренние перенапряжения обычно проявляются в виде колебаний. Всякая электрическая система обладает колебательными свойствами, однако в

нормальном режиме работы эти колебательные свойства обычно не проявляются. Колебательные свойства электрической системы, могущие вызвать появление перенапряжений, проявляются при нарушении баланса между генерируемой и поглощаемой энергией. Причиной нарушения баланса может явиться внезапное отключение элементов, способных поглощать энергию (активной нагрузки, сосредоточенных и распределенных сопротивлений и проводимостей схемы).

Если параметры колебательного контура соответствуют резонансным или близки к ним, то возникают резонансные перенапряжения - перенапряжения установившегося режима. В системе с элементами, имеющими линейные характеристики может возникнуть линейный резонанс. Если же элементы электрической сети имеют нелинейный характер (ненагруженные трансформаторы, реакторы), то возникает нелинейный феррорезонанс. Резонансным перенапряжениям предшествует переходный режим - коммутационные перенапряжения. В том случае, если условия в колебательном контуре электрической сети далеки от резонансных, то внутренние перенапряжения при коммутациях имеют только переходный характер, т.е. являются коммутационными.

Внутренние перенапряжения характеризуются формой кривой перенапряжения, позволяющей определить воздействия на изоляцию и составом оборудования электрической сети, подверженного действия данного вида перенапряжения.

Перечисленные характеристики имеют большой статистический разброс, так как их значения зависят от большого числа факторов, в том числе имеющих случайный характер.

Величины, числено характеризующие внутренние перенапряжения, оказываются зависимыми от ряда случайных обстоятельств: от схемы сети, ее режима, ее параметров, от наличия средств борьбы с перенапряжениями и эффективности этих средств, а также от некоторых других факторов. Поэтому количественные характеристики внутренних перенапряжений оказываются величинами случайными, требующими при их рассмотрении привлечении методов математической статистики.

Список літератури:

1. *Поспелов Г.Е.* Электрические сети и системы. Проектирование. / *Г.Е. Поспелов, В.Т. Федин* - Мн. Высш. шк. - 1988.

2. Нормы технологического проектирования воздушных линий электропередачи 0.38-750 кВ. Провода линий электропередачи 35-750кВ. ГКД Минэнерго Украины. К. 1994.

3. *Данилин А.Н.* О диагностике аппаратов защиты электрооборудования от грозовых и внутренних перенапряжений. / *А.Н. Данилин* // Изв. РАН. Энергетика. – 2001. – № 1.

УДК 621.311

ПРИМЕНЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ И УЧЕТА ЭНЕРГОРЕСУРСОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ

***А.А. ХОХЛОВА*[1*]*,О.Н. ДОВГАЛЮК*[2]

[1] *магистр кафедры передачи электрической энергии, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[2] *доцент кафедры передачи электрической энергии, канд. техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[*] *e-mail: nastena_bublik@mail.ru*

Внедрение автоматизированных систем контроля и учета энергоресурсов (АСКУЭ) является стратегическим направлением повышения эффективности энергетического потенциала страны [1]. Постоянное удорожание энергоресурсов приводит к необходимости их жесткого контроля, ограничения и снижения их доли в себестоимости продукции. Решение этих проблем связано с внедрением новых энергосберегающих технологий, среди которых одним из результативных на сегодняшний день является автоматизированный энергоучет, позволяющий свести к минимуму все непроизводительные траты энергоресурсов, а процесс энергопотребления в максимальной степени гармонизировать с процессом выработки и распределения энергоресурсов. Таким образом, вопросы внедрения и развития АСКУЭ являются актуальными для энергетики Украины.

Современные АСКУЭ являются масштабными системами, выполняющими одновременно измерение и учет количества энергии и энергоресурсов различного рода по территориально распределенным точкам учета и работающими в реальном времени с последующей передачей информации по иерархическому уровню.

Структурно современные АСКУЭ включают три основных уровня [2]:

- нижний уровень – первичные измерительные преобразователи (ПИП) с телеметрическими выходами, непрерывно или с минимальным интервалом усреднения измеряющие параметры режима сети и электроэнергии (ЭЭ);

- средний уровень – контроллеры (специализированные измерительные системы или многофункциональные программируемые преобразователи) со встроенным программным обеспечением учета, осуществляющие в заданном цикле интервала усреднения круглосуточный сбор измерительных данных с территориально распределенных ПИП, накопление, обработку и передачу этих данных на верхний уровень;

- верхний уровень – персональный компьютер (ПК) со специализированным программным обеспечением АСКУЭ, осуществляющий сбор информации с контроллера (или группы контроллеров) среднего уровня, итоговую обработку этой информации как по точкам учета, так и по их группам, отображение и документирование данных учета в виде, удобном для

анализа и принятия решений.

К целям создания АСКУЭ относятся: коммерческие расчеты по ЭЭ между субъектами рынка по сложным тарифам с временной дискретностью их изменения в перспективе до одного часа; оперативное определение баланса ЭЭ по каждому субъекту рынка и его субструктурам с контролем достоверности данных энергоучета; оперативное определение потерь и показателей качества электрической энергии (ПКЭ); контроль технического состояния и соответствие требованиям нормативно-технических документов всех средств учета в составе АСКУЭ; оперативное управление режимами энергопотребления с использованием данных АСКУЭ.

Среди основных задач АСКУЭ следует выделить: измерение, сбор, обработку, накопление, отображение, документирование и распределение достоверной, защищенной и узаконенной информации о произведенной, переданной, распределенной и отпущенной ЭЭ и мощности; контроль ПКЭ; ведение архивов измеренных величин энергии, мощности и ПКЭ заданной дискретности и на заданную ретроспективу; обработка данных и формирование отчетов; решение комплекса задач, связанных с оперативным управлением режимным взаимодействием, текущим и среднесрочным прогнозом нагрузок; предоставление информации энергоучета заинтересованным пользователям; контроль и диагностика технического состояния подсистем учета.

Основными принципами технических решений при создании АСКУЭ являются: модульность; максимальная унификация; возможность наращивания по точкам и структурам учета; использование серийных интерфейсов и открытых протоколов; использование серийно выпускаемых отечественных и зарубежных технических средств; использование цифровых методов обработки.

Величина экономического эффекта от использования АСКУЭ достигает по предприятиям в среднем 15-30% от годового потребления энергоресурсов, а окупаемость затрат на создание АСКУЭ происходит за 2-3 квартала [3]. На сегодняшний день АСКУЭ является тем необходимым механизмом, без которого невозможно решать проблемы цивилизованных расчетов за энергоресурсы с их поставщиками, непрерывной экономии энергоносителей и снижения доли энергозатрат в себестоимости продукции предприятия.

Таким образом, современные АСКУЭ являются измерительным инструментом, позволяющим экономически обоснованно разрабатывать и осуществлять комплекс мероприятий по энергосбережению, своевременно его корректировать, обеспечивая динамическую оптимизацию затрат на энергоресурсы в условиях изменяющейся экономической среды, являясь основой системы энергосбережения.

Список литературы:

1. *Єрмілов С.Ф.* Енергетична стратегія України на період до 2030 року: проблемні питання змісту та реалізації / *С.Ф. Єрмілов* // Енергоінформ. - 2006. - № 48. - С. 3-4.

2. *Ожегов А.Н.* Системы АСКУЭ: Учебное пособие / *А.Н. Ожегов*. - Киров: Изд-во ВятГУ, 2006. - 102 с.

3. *Праховник А.В.* Автоматизовані системи обліку та якості електричної енергії / *А.В. Праховник, Ю.Ф. Тесик, А.Ф. Жаркін та ін.* - Харьков: ПП «Ранок-НТ», 2012. - 516 с.

УДК 621.316

КОНСТРУКЦИЯ И ВЫБОР ОГРАНИЧИТЕЛЕЙ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ

***А.А. ХОХЛОВА*[1*]*,С.Ю. ШЕВЧЕНКО*[2]

[1] *магистр кафедры передачи электрической энергии, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[2] *профессор кафедры передачи электрической энергии, канд. техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[*] *e-mail: nastena_bublik@mail.ru*

Ограничители перенапряжения (ОПН) относятся к высоковольтным аппаратам, предназначенным для защиты изоляции электрооборудования от атмосферных и коммутационных перенапряжении. В отличие от традиционных вентильных разрядников с искровыми промежутками и карборундовыми резисторами они не содержат искровых промежутков и состоят только из колонки нелинейных резисторов на основе окиси цинка, заключенных в полимерную или фарфоровую покрышку.

Оксидно-цинковые резисторы позволяют применять ОПН для более глубокого ограничения перенапряжений по сравнению с вентильными разрядниками и способны выдерживать без ограничения времени рабочее напряжение сети. Полимерная или фарфоровая покрышка обеспечивает эффективную защиту резисторов от окружающей среды и безопасность эксплуатации. Габариты ОПН и их вес значительно меньше по сравнению с вентильными разрядниками [1].

Большинство производителей электротехнической продукции при разработке и выпуске ОПН используют те же конструкторские решения, технологии и дизайн, что и для производства других электроустановочных изделий. Дополнительно к конструкции ОПН могут быть предъявлены следующие требования:

- корпус устройства должен быть выполнен с соблюдением требований по защите от прямого прикосновения (класс защиты не ниже IP20);
- отсутствие риска возгорания устройства защиты или короткого замыкания в линии в случае его выхода из строя в результате перегрузки;
- наличие простой и надежной индикации выхода из строя, возможность подключения дистанционной сигнализации;
- удобство монтажа на объекте (установка на стандартную DIN рейку, совместимость с автоматическими предохранителями большинства европейских производителей:ABB, Siemens, Schrack и др.)

При изготовлении ОПН то или иное количество варисторов соединяют последовательно в так называемую колонку. В зависимости от требуемых характеристик ОПН, его конструкции и имеющихся на предприятии варисторов ограничитель может состоять из одной колонки (состоящей даже из одного варистора) или из ряда колонок, соединённых между собой последовательно либо параллельно [2]. Для защиты электрооборудования от грозовых или

коммутационных перенапряжений ОПН включается параллельно оборудованию.

Защитные свойства ОПН объясняются вольт-амперной характеристикой варистора, которая зависит от многих факторов, в том числе от технологии изготовления, рода напряжения - постоянного или переменного, частоты переменного напряжения, параметров импульсов тока, температуры и др.

На вольт-амперной характеристике варистора можно выделить три характерных участка: 1) область малых токов; 2) средних токов и 3) больших токов. Область малых токов – это работа варистора под рабочим напряжением, не превышающим наибольшее допустимое рабочее напряжение. В данной области сопротивление варистора весьма значительно. При этом через варистор протекает ток, называемый током проводимости, он мал по величине.

При возникновении импульсов перенапряжений в сети варистор переходит в режим средних токов. Через варистор кратковременно протекает импульс тока, который может достигать десятков тысяч ампер. Варистор поглощает энергию импульса перенапряжения, выделяя затем её в виде тепла, рассеивая в окружающее пространство.

В третьей области (больших токов) сопротивление варистора снова резко увеличивается. Эта область для варистора является аварийной.

К основным параметрам ОПН относятся:

-наибольшее длительно допустимое рабочее напряжение;

-номинальное напряжение, номинальный разрядный ток, класс пропускной способности;

-уровни остающихся напряжений при коммутационных игрозовых импульсах;

-величина тока срабатывания противовзрывного устройства;

-длина пути утечки внешней изоляции.

Основные параметры ограничителя выбирают, исходя из назначения, требуемого уровня ограничения перенапряжений, места установки, а также схемы сети и ее параметров (наибольшего рабочего напряжения сети, способа заземления нейтрали, величины емкостного тока замыкания наземлю истепени его компенсации, длительности существования однофазного или трехфазного замыкания наземлю и т.д.). Места установки и расстояния от ОПН до защищаемого оборудования должны соответствовать требованиям [3].

Список литературы:

1. *Демьяненко К.Б.* Сравнение основных технических характеристик ОПН в фарфоровой и полимерной изоляции производства / *К.Б.Демьяненко, В.В.Титков* // Журнал «ЭЛЕКТРО». - 2007. - № 2. [Электронный ресурс]: URL: http://www.elektro-journal.ru

2. *Шевченко С.Ю.* Обмежувачі перенапруг нелінійні: застосування, монтаж та вибір / *С.Ю.Шевченко, П.В.Петров, Г.М.Катренко, О.М.Пасько, Б.Ф.Єрмоленко, О.М.Пучков.* - Х.: Видавництво «Форт», 2015. - 288 с.

3. Правила устройства электроустановок. - Х.: Изд-во «Форт», 2009. - 726 с.

УДК 620.92

ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ ГАЕС В ЕНЕРГОСИСТЕМІ

О.С. ШАРКО [1*], ***С.Ф. АРТЮХ*** [2]

[1] *магістрант кафедри «Електричні станції», НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2] *професор кафедри «Електричні станції», доктор. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[*] *email: sharko_aleksandr92@mail.ru*

Розвиток енергетики має вирішальний вплив на стан економіки в державі та рівень життя населення. Саме тому, надійне, економічно обґрунтоване та екологічно безпечне задоволення потреб населення й економіки в енергетичних продуктах є пріоритетним завданням енергетичної політики держави.

У даному контексті гідроенергетика важлива не тільки з точки зору виробництва електричної енергії, але й цілим комплексом додаткових функцій, які забезпечують сталість функціонування енергетичної системи та економіки України.

Гідроенергетика відіграє важливу роль у забезпеченні стійкості об'єднаної енергетичної системи України, оскільки забезпечує енергетичну систему високо маневреними потужностями в регулюванні добових графіків навантаження з покриттям пікової частини та заповненням нічних провалів, а також виконує функцію аварійного резерву потужності.

Існуюча на даний час структура потужностей генерування електроенергії (рис. 1) формує дефіцит маневрових та резервних потужностей ОЕС України. Різниця потужностей у щоденному графіку навантаження системи (різниця максимуму та мінімуму протягом дня) сягає 8000 МВт у період максимального зимового навантаження та біля 5000 МВт у літній період.

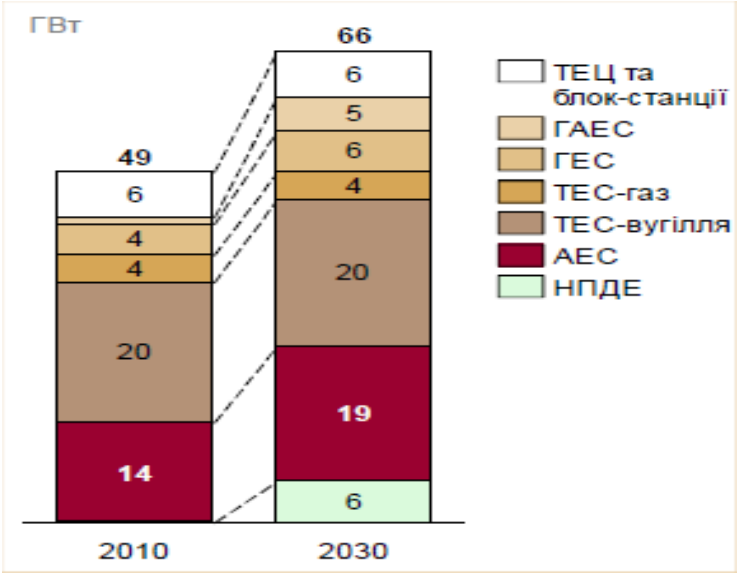


Рис. 1 – Баланс встановлених потужностей у базовому сценарії

На даний час саме гідроенергетика в основному виступає головним джерелом високомобільного резерву. Однак, сьогодні у балансі потужностей ОЕС України потужність ГЕС та ГАЕС складає біля 10%, проти 16% оптимальних. Для розв'язання проблеми необхідне будівництво додаткових потужностей ГЕС та ГАЕС.

При цьому, робота ГАЕС є особливо важливою для цілей підвищення стійкості ОЕС. ГАЕС може з нуля включитися в мережу протягом 1 – 2 хвилин, а час переходу з генераторного режиму до насосного не перевищуватиме 10 хвилин.

Окрім зазначеного, необхідність будівництва нових та реконструкції діючих ГЕС та ГАЕС обумовлено:

- гострою нестачею маневрених потужностей в ОЕС, у зв'язку з перспективним введенням нових потужностей АЕС та відновлювальної енергетики;
- високою ефективністю цих об'єктів (ККД сучасних ГАЕС складає 0,72 – 0,78) у порівнянні з альтернативними варіантами;
- зносом устаткування ГЕС Дніпровського каскаду, які є основним регулятором потужності в ОЕС і забезпечують її стабільність.

В результаті здійснення всіх заходів гідроенергетичні потужності мають зрости до 11000 МВт (що складає 16 – 20% від загальної потужності енергосистеми) і є необхідним для забезпечення потреб ОЕС України в регулюванні графіка навантажень, частоти та створення аварійного резерву в енергосистемі.

В ході проведення роботи буде здійснено детальний аналіз режимів роботи агрегатів ГАЕС, описані особливості роботи агрегату в генераторному і насосному режимах та робота в режимі синхронного компенсатора (СК). Також будуть розглянуті методи пуску агрегату в насосному режимі, описані їх переваги та недоліки, а також проведене техніко-економічне порівняння будівництва ГАЕС з іншими видами маневрових станцій таких як напівпікові теплові електростанції (НПТЕС) або газотурбінні електростанції (ГТЕ).

Список літератури:

1. *Суходоля О.М.* Сучасний стан, проблеми та перспективи розвитку гідроенергетики України. Аналітична доповідь. / *О.М. Суходоля, А.А.Сидоренко* // НІСД, 2014. – 54 с

2. *Серебрянников Н.И.* Гидроаккумулирующие электростанции. Строительство и эксплуатация Загорской ГАЭС / *Н.И. Серебрянников, В.Г.Родионов, А.П. Кулешов, В.И. Магрук, В.С. Иванущенко*– М.: Издательство НЦ ЭНАС, 2000. – 368 с.: ил.

3. Енергетична стратегія України на період до 2030 року. Схвалено Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 15 березня 2006 р. № 145-р. [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/145-2006- %D1 %80

СЕКЦИЯ 11. СУЧАСНА ХІМІЯ ТА ХІМІЧНА ТЕХНОЛОГІЯ: ТЕОРІЯ ТА ПРАКТИКА

УДК 621.35

ОСОБЕННОСТИ ОСАЖДЕНИЯ МЕДИ ИЗ ПРОСТЫХ И КОМПЛЕКСНЫХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ

И.В. АЗАРЕНКОВА[1*], В.М. АРТЕМЕНКО[2], А.А. МАЙЗЕЛИС[3]

[1] магистрант кафедры технической электрохимии, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА
[2]доцент кафедры технической электрохимии, канд. техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА
[3]младший научный сотрудник кафедры технической электрохимии, канд. техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА
[*]email: a.maizelis@gmail.com

Медные покрытия получили широкое распространение во многих отраслях промышленности. Их применяют в качестве подслоя в многослойных системах с целью повышения их защитной способности, для увеличения электропроводности поверхностного слоя деталей, улучшения паяемости, для защиты отдельных участков стальных деталей от науглероживания при газовой цементации, в производстве печатных плат, при изготовлении деталей гальванопластическим методом. Для электролитического осаждения меди разработано большое количество электролитов, которые можно разделить на две основные группы: электролиты на основе простых гидратированных ионов меди и комплексные электролиты. Анализ литературных данных показал, что каждая группа электролитов имеет как определенные достоинства, так и недостатки. Исходя из этого, целью данной работы являлось обоснование выбора электролита для нанесения медных покрытий в зависимости от требований, предъявляемых к качеству покрытий, устойчивости электролита и производительности процесса. В качестве объекта исследований среди простых электролитов выбраны сульфатные электролиты матового и блестящего меднения и сульфаматный электролит. Среди комплексных – предпочтение отдано разработанным на кафедре технической электрохимии НТУ «ХПИ» полилигандным электролитам на основе пирофосфатно-сульфосалицилатных и пирофосфатно-аммиакатных комплексов меди. В задачи исследования входило установление условий получения качественных покрытий из указанных электролитов, проведение сравнительного анализа структуры покрытий, скорости их осаждения, рассеивающей способности электролитов, изучение контактного обмена при осаждении меди на металлы и сплавы, имеющие более отрицательный потенциал, чем медь.

На основании проведенных исследований выданы рекомендации относительно целесообразности использования данных электролитов в тех или иных случаях.

УДК 66.091.3

ЕЛЕКТРОХІМІЧНИЙ СИНТЕЗ ПЕРОКСІОЦТОВОЇ КИСЛОТИ

***Т.А. БІЛОУС*[1*], *Г.Г. ТУЛЬСЬКИЙ*[2]**

[1]*магістрант кафедри технічної електрохімії, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2]*завідуючий кафедри технічної електрохімії, докт. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[*]*email: beloystany@yandex.ru*

Пероксіоцтова кислота відноситься до групи сильних окиснювачів та доволі легко руйнується. При руйнуванні виділяється активний кисень та оцтова кислота. Перевагою пероксіоцтової кислоти перед кисеньвмісними сполуками хлору є pH = 1,5…2,5, що перешкоджає утворенню карбонатних відкладень. Використовується в промисловості для синтезу епоксидів, як протимікробний засіб для обробки медичного обладнання, як дезінфікуючий засіб, як пастеризатор на пивоварних та винних заводах та т.п.

Сучасні технології виробництва пероксіоцтової кислоти базуються на використанні хімічного синтезу: розчин пероксіоцтової кислоти отримують шляхом окиснення оцтової кислоти перекисом водню в присутності стабілізаторів:

$$CH_3C(O)OH + H_2O_2 \leftrightarrow CH_3C(O)OOH + H_2O. \quad (1)$$

Пероксіоцтова кислота синтезується і електрохімічним методом. Цей метод перспективний, бо виключає використання сильних окиснювачів та при належному рівні досліджень є можливість домогтися селективності для даного процесу та регулювання шляхом підтримання току чи потенціалу [1].

Основною задачею та метою даної роботи є дослідження кінетики електрохімічного синтезу пероксіоцтової кислоти.

Електрохімічний синтез пероксіоцтової кислоти відбувається при перебігу анодного процесу у розчині оцтової кислоти. Важливою задачею є вибір анодного матеріалу, що є стійким в досліджуваних розчинах в умовах анодної поляризації та селективним в реакції утворення пероксі групи.

На основі вище сказаного в якості робочого електрода було обрано свинцю оксид (IV) та платину. Допоміжний електрод – платина. Електрод порівняння – хлоридносрібний. Результати досліджень перераховані на н.в.е. Електроліт: ацетат лужного металу або амонію, гідроксид лужного металу або амонію, хлорид лужного металу або амонію.

Відомо що при електролізі карбонових кислот та їх солей на аноді можливий перебіг реакції синтезу Кольбе по схемі:

$$2RCOO^- \rightarrow R\text{-}R + 2CO_2 + 2e. \quad (2)$$

Встановлено що в присутності добавки роданіду лужного металу або амонію реакція синтезу Кольбе повністю подавляється [2], це приводить до окиснення карбоксилат-іону перекисом водню:

$$RCOO^- + H_2O_2 \rightarrow RCOOO^- + H_2O. \quad (3)$$

Відповідно останній реакції відбувається утворення пероксікарбонової кислоти.

Роданід лужного металу або амонію доцільніше замінити хлоридом лужного металу або амонію. Результат впливу добавки аналогічний, проте хлориди менш токсичні.

Утворення перекису водню бажана побічна реакція яка, залежно від pH, має наступний вигляд:

$$2H_2O \rightarrow H_2O_2 + 2H^+ + 2e,\ E_0 = 1{,}776 - 0{,}0591pH + 0{,}0295\log(H_2O_2); \quad (4)$$

$$OH^- + H_2O \rightarrow H_2O_2 + H^+ + 2e,\ E_0 = 1{,}362 - 0.0295pH + 0{,}0295\log(H_2O_2/OH^-). \quad (5)$$

Перша реакція характерна для нейтрального та кислого середовища, друга – для лужного.

При низьких концентраціях ацетату (нижче 0,5 М) на аноді переважно протікає реакція виділення кисню:

$$2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+ + 4e. \quad (6)$$

Дослідження хронопотенціограм для платини і свинцю оксиду (IV) показало, що на платині відбувається різке зниження потенціалу до – 0,04…0,05 В, а потім зростання потенціалу до рівноважного значення – 0,372 В. На свинцю оксиді (IV) спостерігається зростання потенціалу до рівноважного значення – 0,894 В. Значення рівноважних потенціалів вказують на перспективність застосування свинцю оксиду (IV) в електрохімічному синтезі пероксіоцтової кислоти

Проаналізовано механізми протікання електрохімічного синтезу пероксіоцтової кислоти для обґрунтування напрямку досліджень. Обрані інгібітори для реакції Кольбе та електродні матеріали для проведення електрохімічного синтезу кислоти.

Список літератури:

1. *Хидиров, Ш. Ш.* Способ получения пероксиуксусной кислоты / *Ш. Ш. Хидиров, Х. С. Хибиев* // Патент РФ 2216537. – 2002.

2. *Хидиров, Ш. Ш.* Вольтамперометрическое исследование электродных процессов в ацетатных растворах на платиновом электроде / *Ш. Ш. Хидиров* // Электрохимия. – 1992. – Т. 28. – № 2. – С. 158 – 164.

УДК 666.974

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАСТВОРА БИШОФИТА ЗАТУРИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДОЛОМИТОВОГО ВЯЖУЩЕГО

Л.Б. ВОЛЫНКО[1*], В.В. ТАРАНЕНКОВА[2], Г.Н. ШАБАНОВА[3]

[1] магистрант кафедры технологии керамики, огнеупоров, стекла и эмалей, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА

[2] доцент кафедры технологии керамики, огнеупоров, стекла и эмалей, канд. техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА

[3] главный научный сотрудник кафедры технологии керамики, огнеупоров, стекла и эмалей, профессор, докт. техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА

[*]email: liebe.kh@yandex.ua

В связи с значительным повышением стоимости энергоресурсов, и как следствие, подорожанием портландцемента, в Украине все больше возрастает интерес к изучению и применению магнезиальных вяжущих [1]. Основой для создания таких материалов являются каустические магнезит или доломит, а также растворы хлоридных и сульфатных солей магния. Украина обладает обширнейшей сырьевой базой для производства таких вяжущих. Так, например, на территории нашей страны находится крупнейшее в Европе Еленовское месторождение доломита, а в Черниговской области располагаются самые крупные залежи природного минерала бишофита $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ [2]. Кроме того, известны огромные прогнозные ресурсы бишофитного сырья в Полтавской области. Их высокое качество с точки зрения промышленной переработки, а также выгодное географическое положение и развитая инфраструктура региона, позволяют рассматривать Затуринское месторождение бишофита как высокоперспективное и экономически выгодное для эксплуатации.

Целью нашей работы было исследование влияния раствора бишофита, являющегося попутным продуктом газодобычи в Полтавской области, на физико-механические свойства доломитового вяжущего.

Исходя из результатов химического анализа раствора бишофита, проведенного ЦХАЛ «Полтавагазодобыча», были сделаны следующие выводы:

- общая минерализация раствора составляет 415,6 г/л, что вполне соответствует требованиям к раствору природного бишофита (ТУ 25 У 22529511-003-97), согласно которым общая минерализация должна составлять не менее 320 г/л;

- содержание хлористого магния $MgCl_2$ – 29,8 масс. % (согласно ТУ – не менее 24 масс. %).

Однако, в пробе наблюдается присутствие Na_2SO_4 - 1,5 масс. %, которое не нормируется ТУ (в отличие от содержания сульфат-ионов SO_4^{-2}, которое не должно превышать 1,0 масс. %).

С целью исследования возможности использования данного раствора природного бишофита как затворителя для доломитового вяжущего нами было изучено его влияние на прочностные характеристики доломитового цемента.

Для получения доломитового цемента в качестве вяжущего использовался каустический доломит Еленовского месторождения, обожженный при температуре 600 °С, а как затворитель – раствор природного минерала бишофита Затуринского месторождения разных концентраций. Кроме того, для сравнения применялся раствор бишофита (ТУ 25 У 22529511-003-97), выпускаемый предприятием «Минерал» (г. Полтава). Образцы были изготовлены и испытаны в соответствии с методикой малых образцов Стрелкова. Результаты испытаний представлены в Таблице.

Таблица 1 – Физико-механические свойства доломитового вяжущего

Затворитель, плотность, г/см^3	В/Ц	Предел прочности при сжатии, МПа, в возрасте		
		3 суток	7 суток	28 суток
Бишофит ТУ 25 У 22529511-003-97				
1,20	0,43	71	80	92
1,24	0,42	52	59	66
Затуринский бишофит				
1,20	0,41	65	76	106
1,24	0,40	51	71	80

Установлено, что показатели прочности образцов в начальные сроки твердения были сравнительно близки. Однако к 28 суткам твердения прочность образцов, затворенных Затуринским бишофитом, заметно возрастала и достигала 80-106 МПа.

Кроме того, в нашей работе с привлечением рентгенофазового и дифференциально-термического методов физико-химического анализа были изучены продукты гидратации полученного доломитового цемента.

Таким образом, в результате проведенных исследований была показана возможность использования как затворителя для доломитового вяжущего раствора природного бишофита Затуринского месторождения, являющегося попутным продуктом газодобычи.

Список литературы:

1. *Тараненкова, В. В.* Новые теплоизоляционные пенобетоны на основе доломитового вяжущего / *В. В. Тараненкова, Л. Б. Ханина, Л. В. Какурина* // Забезпечення пожежної та техногенної безпеки: Всеукр. науково-практич. конф. 29 жовтня 2014р.: зб. матер. – Харків : НУЦЗУ. – 2014. – С. 140 – 141.

2. *Тараненкова, В. В.* Перспективы получения магнезиальных вяжущих на основе минеральных ресурсов Украины / *В. В. Тараненкова, Г. Н. Шабанова, А. Л. Смаль, Е. Д. Кузьменков* // Новейшие достижения в области импортозамещения в химической промышленности и производстве строительных материалов : междунар. науч.-техн. конф., 22-23 ноября 2012г. : сб. матер. в 2 ч. – Минск : БГТУ. – 2012. – Ч. 1. – С. 31 – 34.

УДК 666.3–134.1,2; 666.3–35

СКЛАД ТА ВЛАСТИВОСТІ КОНСТРУКЦІЙНОЇ КЕРАМІКИ НА ОСНОВІ СИСТЕМИ

***А.О. ГОРБУНОВА*[1*], *О.Ю. ФЕДОРЕНКО*[2]**

[1] *магістрант кафедри технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*

[2] *професор кафедри технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей, докт. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*

[*] *email: angel-gorbynova@yandex.ru*

Виходячи з того що виробництво хімічно стійкої кераміки займає чільне місце серед виробів для хімічної промисловості, удосконалення технології та розробка нових мас є актуальною проблемою, що стоїть перед матеріалознавцями. Важливою задачею в цьому сенсі є пошук шляхів для регулювання властивостей керамічних матеріалів за рахунок спрямованого впливу на їх структуру та фазовий склад [1].

Метою досліджень є розробка хімічно і термічно стійкої кераміки на основі композицій системи $MgO – Al_2O_3 – TiO_2 – SiO_2$. Проектування оксидних композицій здійснювали на основі відомостей, щодо субсолидусного стану цієї системи [2]. Для синтезу фаз, які не розчинні в лугах та кислотах та відрізняються відносно невисоким ТКЛР, у складі дослідних композицій закладені співвідношення фазоутворюючих оксидів, що відповідають стехіометричному складу кордієриту, тіаліту та муліту. Для дослідження впливу сировинних матеріалів на фазовий склад кераміки введення основних фазоутворюючих оксидів здійснювали як технічними продуктами (глиноземом, свинцевий глет, магнезит, титановими білилами), природною сировиною (пірофіліт), так і техногенними матеріалами, зокрема відходом феротитанового виробництва (ВВФТ). Як інтенсифікатор спікання до складу мас вводили свинцевий глет.

Зразки виготовляли за пластичною технологією з наступною сушкою до залишкової вологості 1 %. Випал здійснювали в лабораторній муфельній печі з витримкою 1 год при максимальній температурі 1200 ºС. Для характеристики спікання зразків досліджували температурні залежності уявної щільності, водопоглинання та загальної усадки. Для отриманих матеріалів визначали також ТКЛР, міцність на стиск та хімічну стійкість по відношенню до 20,4 %-го розчину хлороводневої кислоти та 1*N* натрію гідроокису при нормальних умовах. Визначення хімічної стійкості здійснювали зерновим методом: для випалених зразків, для чого шляхом подрібнення і фракціювання відбирали зерна розміром 2 ÷ 2,5 мм в кількості 20 г; після витримки в розчині кислоти впродовж 48 годин та наступної промивки водою до нейтральної реакції на лакмус, а також після сушки проби до сталої ваги визначали кислотостійкість

матеріалів за втратою ваги у відсотках. Лугостійкість визначали аналогічним чином.

Максимальною лугостійкістю (Л = 99,99 %) відрізняються зразки, отримані з використанням відходу ВВФТ. Максимальні показники кислостійкості зафіксовані для зразка, отриманого з маси № 11 (К = 99,99 %). Найнижчими показниками характеризуються зразки на основі мас № 9, 10 (К = 95,92-96,15 %), що пояснюється надмірним вмістом в масі Fe_2O_3. Результати експериментального дослідження властивостей отриманих матеріалів подані в табл. 1. Як видно з поданих даних використання у складі мас відходу ВВФТ підвищує лугостійкість зразків попри збільшення їх водопоглинання.

Таблиця 1 – Фізико-хімічні та механічні властивості отриманих зразків

Номер маси	Водопо-глинання W, %	Уявна щільність $\rho_{уяв}$, г/м^3	Загальна усадка L, %	Міцність на стиск $\Sigma_{ст}$, МПа	ТКЛР, $\alpha \cdot 10^{-6}$, град$^{-1}$		Хімічна стійкість, %	
					100 °С	400 °С	20 % HCl	1N NaOH
9*	20,73	1892	6,8	22,97	4,75	6,62	95,92	98,44
10**	27,46	1724	3,65	24,19	2,52	3,62	96,15	99,99
11*	14,03	2124	9,85	42,62	3,63	6,05	99,99	98,46
12**	17,49	2205	12,48	48,11	4,75	6,24	99,01	99,99
13*	9,09	2548	12,13	70,51	2,74	5,12	98,61	98,28
14**	11,22	2394	13,38	42,31	3,19	5,31	98,90	99,99
* зразки, отримані з використанням природної сировини і технічних продуктів ** зразки, отримані з використанням техногенних матеріалів								

Таким чином, в результаті проведених досліджень на основі композицій системи $MgO – Al_2O_3 – TiO_2 – SiO_2$ отримані керамічні з високими показниками луго- та кислотостійкості, що свідчить про можливість розширення області їх використання. Втім порівняно високі показники водопоглинання, які характеризують відкриту поруватість зразків, свідчить про необхідність модифікації складів мас з метою підвищення ступеню спікання матеріалів, що є однією з умов отримання високоресурсної хімічно стійкої кераміки. Це також забезпечить підвищення міцності розроблених матеріалів.

Подальші дослідження будуть спрямовані на визначення фазового складу отриманих матеріалів, що дозволить більш ґрунтовно надати пояснення отриманим результатам.

Список літератури:

1. *Волочко, А. Т.* Огнеупорные и тугоплавкие керамические материалы / *А. Т. Волочко, К. Б. Подболотов, Е. М. Дятлова* // Минск: Беларус. Навука. – 2013. – 385 с.

2. *Рыщенко, М. И.* Строение системы $MgO – Al_2O_3 – TiO_2 – SiO_2$ и ее значение для производства термически и химически стойкой керамики / *М. И. Рыщенко, Я. Н. Питак, Е. Ю. Федоренко, М. Ю. Лисюткина, О. А. Бурик* // Вопросы химии и химической технологии. – 2015. – Т.3 (101). – С. 73 – 79.

УДК 66.087

КАТАФОРЕТИЧЕСКОЕ НАНЕСЕНИЕ ГИДРОКСИАПАТИТА

Ю.Е. ГЛУХИЙ [1*]***, А.Ю. БРОВИН*** [2]

[1]*магистрант кафедры технической электрохимии, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[2]*доцент кафедры технической электрохимии, канд. техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[*]*email: yuliya.gluhii@mail.ru*

Синтетический аналог неорганической составляющая костной и зубной тканей гидроксиапатит (ГА) $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ − способен стимулировать репаративный остеогенез и восстанавливать травмированную кость, не вызывая реакции иммунного отторжения [1, 2].

Большинство предложенных способов получения покрытий на основе ГА – золь-гель, плазменное, электролитическое осаждение, имеют существенные недостатки: не обеспечивают достаточную воспроизводимость элементного и фазового состава, его однородность, существует проблема загрязнения покрытий компонентами растворов, недостаточная адгезия покрытий вследствие загрязнения подложек [2].

Известные способы электрофоретического нанесения дисперсного ГА на металлическую основу из водных электролитов обеспечивают осаждение однородных покрытий ГА на поверхности достаточно сложного профиля. В данной работе, для улучшения равномерности покрытий ГА, предлагается использование неводного электролита на основе низших алканов с протондонорными добавками.

Дисперсный ГА получали по методике, описанной в [2]. Конечный размер частиц ГА в электролите не превышал 35 мкм. Напряженность электрического поля изменялась в пределах от 500 до 1300 В/м. Катодная плотность тока изменялась в пределах от 0,1 до 0,6 мА/см^2, температура от 293 до 323 К.

В результате эксперимента на металлической основе (сплав ВТ-6) были получены равномерные осадки ГА различной толщины. Последующий обжиг осадка в атмосфере азота при 1150 К позволил получить сплошное покрытие, представляющее собой кристаллическую фазу состава Ca/P ≈ 1,67.

Список литературы:

1. *Цубер, В. К.* Синтез, идентификация и определение примесей в биоактивном гидроксиапатите / *В. К. Цубер, Л. А. Лесникович, А. И. Кулак* // Хим. фарм. журнал. – 2006. – Т. 40. – № 8. – С. 48 – 51.

2. *Иевлев, В. М.* Синтез нанокристаллических пленок гидроксиапатита / *В. М. Иевлев, Э. П. Домашевская, В. А. Терехов* // Конденсированные среды и межфазные границы. – 2007. – Т. 9. – № 3. – С. 209 – 215.

УДК 544.65:544.4

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ЭЛЕКТРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ВОЗДУШНО-АЛЮМИНИЕВОМ ИСТОЧНИКЕ ТОКА

***А.А. ГОЛОВИН*[1*], *В.П. ГОМОЗОВ*[2]**

[1] *магистрант кафедры технической электрохимии НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[2] *доцент кафедры технической электрохимии, канд. техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[*] *email: holovin.andrey@gmail.com*

Химические источники тока со стабильными и высокими удельными характеристиками – одно из важнейших условий развития возобновляемой энергии. В настоящее время потребность пользователей электроэнергии покрывается в основном, за счет применения дорогостоящих гальванических элементов или аккумуляторов.

Аккумуляторы являются относительно автономными источниками электропитания, поскольку нуждаются в периодическом заряде от сети. Зарядные устройства, применяемые для этой цели, имеют высокую стоимость и не всегда способны обеспечить благоприятный режим заряда. Заряд проводится сначала при постоянном токе, затем при постоянном напряжении. Для этого применяются дорогостоящие зарядные устройства с программным управлением.

Абсолютно автономными являются гальванические элементы, но они, как правило, имеют низкую мощность и ограниченную емкость. По исчерпании заложенной в них энергии они утилизируются, загрязняя окружающую среду. Альтернативой сухим источникам являются воздушно-алюминиевые механически перезаряжаемые источники тока.

Основной задачей является исследование кинетики электродных процессов в воздушно-алюминиевом источнике тока (ВАИТ).

На основе алюминиевых сплавов созданы механически перезаряжаемые источники тока с электролитом на основе поваренной соли. Эти источники абсолютно автономны и могут использоваться для заряда аккумуляторов, питания различной бытовой аппаратуры: радиоприемников, телевизоров, кофемолок, электродрелей, светильников, электрофенов, паяльников, маломощных холодильников, центробежных насосов и пр. Абсолютная автономность источника позволяет использовать его в полевых условиях, в регионах, не имеющих централизованного электроснабжения, в местах катастроф и стихийных бедствий.

Заряд ВАИТ производится в течение считанных минут, которые необходимы для заливки электролита и/или замены алюминиевых электродов. Для заряда нужна лишь поваренная соль, вода и запас алюминиевых анодов. В качестве одного из активных материалов используется кислород воздуха, который восстанавливается на катодах из углерода и фторопласта. Катоды

достаточно дешевы, обеспечивают работу источника в течение длительного времени и, поэтому оказывают незначительное влияние на стоимость генерируемой энергии.

Стоимость электроэнергии, получаемой в ВАИТ, определяется, в основном, лишь стоимостью периодически заменяемых анодов, в нее не включается стоимость окислителя, материалов и технологических процессов, обеспечивающих работоспособность традиционных гальванических элементов и, поэтому, она в 20 раз ниже стоимости энергии, получаемой от таких автономных источников как щелочные марганцево-цинковые элементы.

Длительность непрерывной работы определяется величиной потребляемого тока, объемом залитого в элемент электролита и составляет 70-100 (А·ч)/л.

Нижний предел определяется вязкостью электролита, при которой возможен его свободный слив. Верхний предел соответствует снижению характеристик элемента на 10–15 %, однако по его достижении для удаления электролитной массы необходимо применение механических устройств, которые могут повредить кислородный (воздушный) электрод.

Замена электролита осуществляется в считанные минуты. С новыми порциями электролита ВАИТ может работать до исчерпания ресурса анода, который при толщине 3 мм составляет 2,5 (А·ч)/см^2 геометрической поверхности.

Если аноды растворились, их в течение нескольких минут заменяют новыми. Саморазряд ВАИТ очень мал, даже при хранении с электролитом. Но в силу того, что ВАИТ в перерыве между разрядами может храниться без электролита его саморазряд ничтожен. Ресурс работы ВАИТ ограничен сроком службы пластмассы, из которой он изготовлен ВАИТ без электролита может храниться до 15 лет. В зависимости от требований потребителя ВАИТ может быть модифицирован с учетом того, что 1 элемент имеет напряжение 1 В при плотности тока 20 мА/см^2, а ток снимаемый с ВАИТ определяется площадью электродов.

Проведен выбор материала анода (сплав на основе алюминия марки АМг3) и материала катода (углерод и фторопласт). Исследованы новые источники тока на основе электрохимической системы "воздух-алюминий" с раствором поваренной соли в качестве электролита, энергоемкостью около 250 А·ч и с удельной энергией свыше 300 (Вт·ч)/кг.

Список литературы:

1. *Дьячков, Е. В.* Металло-воздушный элемент / *Е. В. Дьячков, Б. В. Клейменов, Н. В. Коровин* // Патент РФ № 2118014. МПК 6 Н 01 М 12/06. 2/38. прогр. 17.06.97 опубл. 20.08.98.

УДК 666.171

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНОГО КРЕМНИЙСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГОЗАТРАТ ПРИ ПРОЗВОДСВЕ ТАРНЫХ СТЁКОЛ

***А.М. ГУЗЕВАТАЯ*[1*], *О.В. ШАЛЫГИНА*[2]**

[1] *магистрант кафедры технологии керамики, огнеупоров, стекла и эмали, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[2] *доцент кафедры технологии керамики, огнеупоров, стекла и эмали, канд. техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[*] *email: skvortsy13@gmail.com*

Современное развитие стекольной отрасли претерпевает значительные изменения, направленные на энерго- и ресурсосбережение. Это в свою очередь требует расширения сырьевой базы за счет освоения новых месторождений стекольного сырья, совершенствования материально-технической базы горно-обогатительных комбинатов и фабрик, а также разработки новых или модернизации существующих технологий.

Запасы высококачественных кварцевых песков – основного кремнийсодержащего сырья стекольной отрасли – ограничены и расположены не равномерно по территории Украины и Российской Федерации. Поэтому для стекольной промышленности представляет интерес высоко кремнийсодержащие породы как альтернативный источник сырья, в частности кварцевого песка.

Данная работа посвящена исследованиям по установлению возможности уменьшения энергозатрат за счет снижения температуры варки тарных стекол путем частичной замены традиционных сырьевых материалов на альтернативное кремнеземсодержащее сырье, в частности трепел. Месторождение трепела имеются в Украине. Так одно из крупнейших месторождений трепела находится в Винницкой области возле г. Могилев-Подольский, а разработчиком является ООО «Подольские минералы».

Трепел – рыхлая или слабо сцементированная, очень лёгкая, тонкопористая опаловая осадочная горная порода, почти лишена органических остатков и состоит из глобулярных телец диаметром 1-2 мм, сложенных аморфным кремнезёмом (опал-кристобалитом и α-кристобалитом). По данным предприятия, добывающего трепел, его химический состав содержит 84-86 % SiO_2, 3-4 % Al_2O_3, 2-4 % CaO, 1-3,5 % MgO, 0,59 % Fe_2O_3.

Кроме того, согласно литературным данным трепел характеризуется высоким содержанием аморфной фазы SiO_2 > 70 %, а также наличием в составе других стеклообразующих и модифицирующих оксидов – компонентов стекольной шихты, что является предпосылкой применения данного сырья в стекольной отрасли и, предположительно, позволит сократить энергозатраты на производство и снизить себестоимость готовой продукции.

С целью установления возможности использования трепела Могилев-Подольского месторождения в качестве сырьевого материала в производстве тарных стекол был проведен его химический, гранулометрический и фазовый анализ, а также количественное определение содержания аморфной фазы.

Химический анализ экспериментальных проб трепела показал высокое содержание основного стеклообразующего оксида SiO_2 – 81,45 %. При этом установлено содержание Fe_2O_3 0,59 % – окрашивающего компонента, которое предполагает использование трепела в производстве окрашенных тарных стекол. Гранулометрический состав проб трепела устанавливали ситовым анализом. Проба трепела, переданная для исследований, характеризуется наибольшее количество мелкой фракции менее 0,063 мм около 93,25 %, что может положительно повлиять на интенсификацию процессов варки.

Рентгенофазовый анализ проб трепела, показал, что в состав этой горной породы входят кристаллические минералы – кальцит, кварц и кристобалит, а также аморфная фаза, о наличии которой свидетельствует гало на рентгенограмме.

При количественном определении аморфной фазы в пробах трепела путем последовательной обработки растворами HCl и NaOH при температуре 85-95 С установлено ее содержание 30-38,95 % от общей массы.

С целью установления эффективности использования трепела как альтернативного кремнеземсодержащего сырья был проведен сравнительный анализ интенсивности варки тарных стекол на основе традиционного сырья и на основе трепела. Для расчета шихт экспериментальных стекол в качестве основы взят производственный состав тарного стекла ООО «Малиновский стеклозавод». Разработаны составы шихт экспериментальных стёкол на основе трепела.

Варка экспериментальных стёкол проводилась в лабораторной электропечи с измерением расхода энергии. Качество готового стекла определяли «пробой на нить» – по отсутствию газовых включений и непроваров. Расплавы экспериментальных стекол сливали в плоские формы из нержавеющей стали. Время варки экспериментальных стёкол сократилось на 10-20 минут, а экономия энергозатрат составила 10-30 %.

Результаты исследований водостойкости и светопропускания показали, что значения эксплуатационных характеристик экспериментальных стекол лежат в нормируемых приделах, что позволят сделать вывод о возможности использования трепела в качестве альтернативного кремнеземсодержащего сырья при производстве цветной стеклотары.

Таким образом, в работе экспериментально установлена, возможность использования альтернативного кремнийсодержащего сырья – трепела Могилев-Подольского месторождения – в производстве окрашенных тарных стекол. Полная замена кремнийсодержащего сырья позволяет сократить энергозатраты за счет уменьшением температуры и времени варки стекломассы, а также снизить себестоимость продукции за счёт использования отечественных сырьевых компонентов.

УДК 669.017:621

КИНЕТИКА ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ПОЛИРОВАНИЯ СЕРЕБРА

***К.П. ДАНИЛЬЧЕНКО*[1*]*, С.Г. ДЕРИБО*[2]

[1] *магистрант кафедры технической электрохимии НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[2] *доцент кафедры технической электрохимии, канд. техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[*] *email: sgd.07@mail.ru*

В последнее время резко возрос интерес потребителей и производителей к изделиям из относительно недорогого ювелирного металла, которым является серебро. Электрохимические методы финишной обработки поверхности позволяют существенно повысить декоративные свойства, сложнопрофильных поверхностей [1, 2].

Основной задачей является исследование кинетики процессов, протекающих при электрохимическом полировании серебра в зависимости от состава раствора и режима обработки поверхности.

Электрохимическое полирование серебра применяют для выравнивания и сглаживания микрошероховатостей (до 1 мкм) поверхности, придания ей зеркального блеска, повышения коррозионной стойкости и уменьшения коэффициента трения. В этом процессе не затрагиваются микрошероховатости поверхности, поэтому иногда требуется предварительная ее механическая подготовка. Электрополирование основано на избирательном анодном растворении выступов.

Повышение качества полирования поверхности серебра и его сплавов достигается при электрохимическом полировании в водном растворе тиосульфата натрия концентрацией 600-1300 г/л при 14-20 ^{o}C импульсным униполярным током прямоугольной формы в течение 5-8 минут при следующих параметрах импульсов: длительность $(2\text{-}5)\cdot10^{-3}$ секунд, скважность 1,25-3, амплитудная плотность тока 8-12 А/см^2.

В результате обработки показатели микрошероховатости поверхности изменились с R_Z = 0,20 мкм до R_Z = 0,02 мкм. Блеск поверхности изменился от 100 до 160 % (по сравнению с исходной поверхностью).

Список литературы:

1. *Юзикис, Л. А.* Электрохимическое полирование серебра в аммиачно-нитратном электролите / *Л. А. Юзикис, Т. Ю.Янкаускас, Д. А. Бучинскас* // ЖПХ. – 1979. – Т. 52. – № 7. – С. 1659 – 1661.

2. *Галанин, С. И.* Электрохимическое полирование сплава серебра СрМ925 импульсным током Текст. / *С. И. Галанин, А. В. Чекотин, М. В. Никонова* // ЖПХ. – 2001. – Т. 74. – №. 10. – С. 1633 – 1635.

УДК 546.7

ЕЛЕКТРОЛІТИЧНЕ ОСАДЖЕННЯ СПЛАВУ КОБАЛЬТ-МОЛІБДЕН

***А.С. ЄПІФАНОВА*[1*], *В.В. ШТЕФАН*[2]**

[1] *магістрант кафедри технічної електрохімії, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2] *доцент кафедри технічної електрохімії, канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[*] *email: anastasiia_epifanova@mail.ru*

Останнім часом в різних країнах ретельно вивчається одержання сплавів з кращими властивостями, аніж метали з яких був створений цей сплав. Одержання сплавів необхідного складу, структури та відповідних властивостей грає важливу роль для сучасної техніки й технологій. Актуальність теми зумовлена тим, що створення електродних каталітично-активних матеріалів, є суттєвим внеском у розв'язання багатьох проблем сучасної хімії.

Для каталізу, у тому числі для електрокаталізу становлять інтерес сплави на основі Mo та металів групи заліза, що мають не лише каталітичну активність, а й міцність, корозійну стійкість та інші властивості. Гальванічні сплави Co-Mo є одними з найбільш перспективних матеріалів, що використовують в мікроелектроніці та технології мікроелектромеханічних пристроїв [1–3].

Метою даної роботи є одержання кобальт-молібденових покриттів на мідній підкладці з подальшим визначенням мікротвердості, а також виявлення впливу pH електроліту та густини струму на кількісні характеристики, такі як вміст Mo у сплаві, вихід за струмом та швидкість осадження покриття.

У роботі наведені дані про вивчення процесу електролітичного осадження сплаву Co-Mo з полілігандного електроліту. Показано, вплив pH електроліту та густини струму на кількісні характеристики сплаву, досліджено структуру та мікротвердість покриттів.

У результаті роботи запропоновано режими електролізу при яких одержано покриття з вмістом молібдену до 85 мас. %.

Список літератури:

1. *Громова, В. А.* Электроосаждение сплавов Co-Mo из цитратно-пирофосфатного электролита / *В. А. Громова, Ю. С. Японцева, В. С. Кублановский* // Укр. хим. журн. – 2008. – Т. 74. – №. 3. – С. 44 – 48.

2. *Gomez, E.* Electrodeposition of soft-magnetic cobalt–molybdenum coatings containing low molybdenum percentages / *E. Gomez, E. Pellicer, E. Valles* // J. Electroanalyt. Chem. – 2004. – 568. – P. 29 – 36.

3. *Gomez, E.* Developing plating baths for the production of cobalt-molybdenum films / *E. Gomez, E. Pellicer, E. Valles* // Surfase&Coatings Technology. – 2005. – 197. – P. 238 – 246.

УДК 544.014: 666.946

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОДУКТІВ ГІДРАТАЦІЇ СПЕЦІАЛЬНИХ КАЛЬЦІЙ-БАРІЄВИХ ГЛИНОЗЕМНИХ ЦЕМЕНТІВ З ПІДВИЩЕНИМ ВМІСТОМ ЗАЛІЗА

Л.В. КАКУРІНА[1*], В.В. ТАРАНЕНКОВА[2], Г.Н. ШАБАНОВА[3]

[1] магістрант кафедри технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА

[2] доцент кафедри технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей, канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА

[3] головний науковой співробітник кафедри технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей, профессор, докт. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА

[*]email: enigma-209@mail.ru

Чотирикомпонентна система CaO – BaO – Al_2O_3 – Fe_2O_3 викликає безсумнівний інтерес для технології спеціальних цементів поліфункціонального призначення, оскільки вона містить сполуки, що можуть бути основою для створення цілої низки в'яжучих матеріалів різноманітного призначення.

Внаслідок проведених досліджень нами були виявлено в чотирикомпонентній системі перерізи перспективні для отримання так званих жертовних матеріалів. У випадку запроектної аварії такі матеріали повинні працювати при високих температурах у контакті з розплавленим ядерним паливом і сталлю, взаємодіяти з ними, локалізувати їх та перешкоджати потраплянню радіоактивних елементів в навколишнє середовище в разі руйнування корпусу ядерного реактора. Жертовні в'яжучі матеріали забезпечують високу термічну та механічну міцність захисного покриття нижньої плити реактора.

Як основа для отримання жертовних в'яжучих матеріалів нами були обрані склади бінарних перерізів $BaAl_2O_4$ – $Ca_4Al_2Fe_2O_{10}$ та $BaAl_2O_4$ – $Ca_2Fe_2O_5$. які характеризуються високою механічною міцністю, жаростійкістю та високими масовими коефіцієнтами поглинання гама-випромінювання.

Метою нашої роботи було дослідження фазового складу гідратованих цементів оптимальних складів в обраних перерізах. Вміст оксиду заліза в оптимальних складах дорівнював – 16,5 мас. % (переріз $BaAl_2O_4$ – $Ca_4Al_2Fe_2O_{10}$) та 29,4 мас. % (переріз $BaAl_2O_4$ – $Ca_2Fe_2O_5$).

Із залученням рентгенофазового та диференціально-термічного методів фізико-хімічного аналізу було визначено, що основними продуктами гідратації синтезованих цементів є гідроалюмінат барію $1{,}1BaO{\cdot}Al_2O_3{\cdot}6H_2O$ та гідроферити кальцію $4CaO{\cdot}Fe_2O_3{\cdot}13H_2O$ і $2CaO{\cdot}Fe_2O_3{\cdot}8H_2O$, а також гідроксид алюмінію $Al(OH)_3$, як в колоїдному так і в кристалічному стані. Саме їх поєднання забезпечує високу механічну міцність затверділого цементного каменя.

УДК 665.9

АНОДНОЕ ПОВЕДЕНИЕ ТИТАНА В Zr- И Mo- СОДЕРЖАЩИХ РАСТВОРАХ

Н.А. КАНУННИКОВА[1*], В.В. ШТЕФАН[2], А.Ю. СМИРНОВА[3]

[1]магистрант кафедры технической электрохимии, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА
[2]доцент кафедры технической электрохимии, канд. техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА
[3]преподаватель-стажер кафедры технической электрохимии, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА
[*]email: nadya.ka13@mail.ru

Титан – уникальный по своим свойствам металл. Благодаря удивительным свойствам его называют металлом будущего. Титан и его сплавы отличаются низкой износостойкостью, что затрудняет их применение для деталей, работающих в условиях фрикционного износа. В резьбовых соединениях наблюдается задирание и наволакивание металла. Титан недостаточно устойчив в некоторых химических средах (растворы серной, соляной, фосфорной кислот). Для устранения этих недостатков рекомендуется применять оксидные покрытия. Тонкие оксидные пленки улучшают фрикционные свойства, повышают химическую стойкость металла, изменяют окраску его поверхности. Титан обладает превосходящим любой другой металл соотношением веса и прочности. Такие качества титана как прочность, коррозионная стойкость, декоративность, превосходные бактерицидные свойства оправдывают его высокую стоимость.

Целью работы являлось исследование влияния концентрации электролитов и скорости развертки потенциала на анодное поведение титана.

В результате поляризационных измерений исследовано анодное поведение сплава ОТ-4-0 в растворах, содержащих серную кислоту и хлорид натрия. При добавлении молибденсодержащих соединений в электролит, происходит смещение стационарного потенциала в положительную область, что свидетельствует о том, что в присутствии молибдата происходит пассивация поверхности титана (рис. 1). С повышением концентрации Na_2MoO_4 в электролите уменьшается плотность тока пассивации, то есть увеличивается эффективность его действия. Оптимальной концентрацией Na_2MoO_4 для получения оксидной пленки на титане является 0,05 М. При этой концентрации наблюдается, в сравнении с другими, наименьшее действие депассиватора.

В зависимости от скорости развертки потенциала изменяется геометрия поляризационной кривой (рис. 2). При малых скоростях развертки наблюдается резкий спад анодного тока после потенциала максимума. Однако уже при скорости, равной 100 мВ/с, практически нельзя выделить участок спада, а величина тока на несколько порядков выше, чем в стационарных условиях.

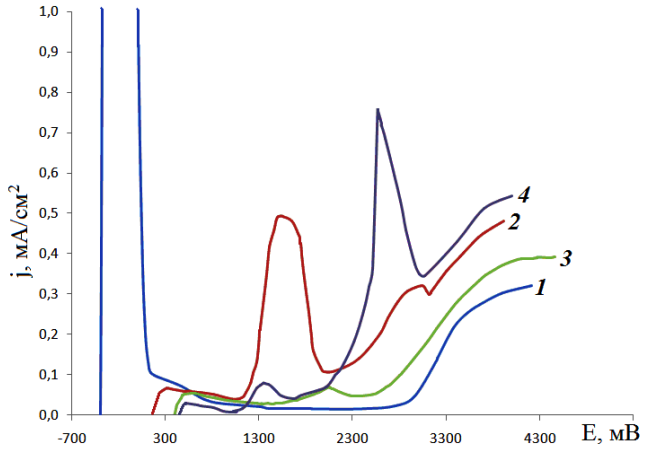


Рис. 1 − Анодные поляризационные зависимости сплава ОТ-4-0 в Мо-содержащих растворах: 1− 4,3 М H_2SO_4, 2,2 М NaCl;
2 − 4,3 М H_2SO_4, 2,2 М NaCl, 0,01 М Na_2MoO_4;
3 − 4,3 М H_2SO_4, 2,2 М NaCl, 0,05 М Na_2MoO_4;
4 − 4,3 М H_2SO_4, 2,2 М NaCl, 0,1 М Na_2MoO_4.

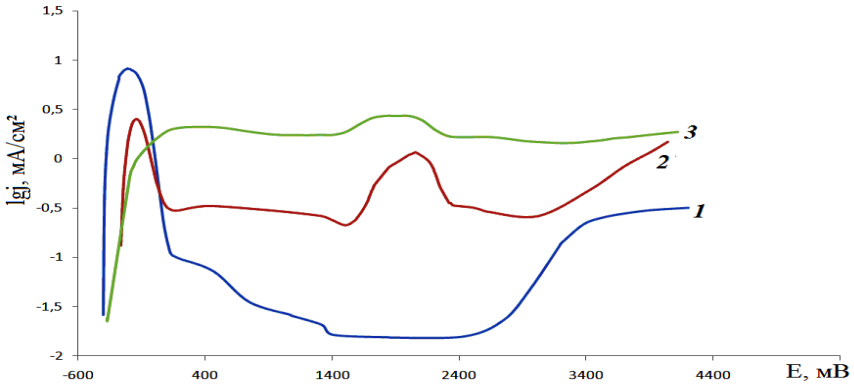


Рис. 2 − Анодные поляризационные зависимости сплава ОТ-4-0 в растворе 4,3 М H_2SO_4, 2,2 М NaCl, 0,05 М Na_2MoO_4.

Это указывает на зависимость структуры барьерной пленки от времени протекания процесса. При высоких скоростях развертки не успевают пройти процессы, приводящие к образованию плотных слоев стехиометрического оксида. Образованная в этих условиях барьерная пленка имеет дефектную структуру, что облегчает продвижение гидроксид-ионов сквозь нее.

Список литературы:

1. *Антропов, Л. І.* Теоретична електрохімія / *Л.І. Антропов* // К.: – Либідь. – 1994. – 544 с.

2. *Саушкин, Б. П.* Электрохимическая обработка изделий из титановых сплавов / *Б. П. Саушкин, Ю. Н. Петров, А. З. Нистрян* // К.: – Штиинца. – 1988. – 197 с.

3. *Васько, А. Т.* Электрохимия тугоплавких металлов / *А. Т. Васько, С. К. Ковач* // К.: – Техніка. – 1983. – 160 с.

УДК 537.39

ИЗУЧЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЦИКЛИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ ТОЧЕЧНО-КОНТАКТНОЙ КОММУТАЦИИ В ГАЗООБРАЗНОЙ СРЕДЕ КОНТРОЛИРУЕМОГО СОСТАВА

***Л.В. КОВАЛЬ*[1*], *А.В. САВИЦКИЙ*[2], *А.П. ПОСПЕЛОВ*[3], *Г.В. КАМАРЧУК*[4]**

[1] *магистрант кафедры технической электрохимии, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[2] *младший научн. сотр. ФТИНТ им. Б.И. Веркина НАНУ, Харьков, УКРАИНА*
[3] *доцент кафедры технической электрохимии, канд. техн. наук НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[4] *зав. отделом, докт. физ.-мат. наук ФТИНТ НАНУ им. Б.И. Веркина, Харьков, УКРАИНА*
[*] *email: apospelow@mail.ru*

Все реальные системы, включающие газообразную фазу, как правило, представлены большим количеством различных газов, которые находятся в сложном взаимодействии друг с другом. К таким системам можно отнести, к примеру, контрольные точки химических и машиностроительных производств; атмосферный воздух в зонах экологического контроля; смесь газов, выдыхаемых человеком, как биологический материал медицинской диагностики. Следовательно, изучение количественного и качественного состава многокомпонентных газовых смесей является актуальной задачей, решение которой будет стимулировать развитие современной аналитической техники. Одним из наиболее перспективных направлений такого развития является использование газочувствительного эффекта точечных контактов [1].

Данное исследование посвящено первому этапу разработки основных принципов создания и использования методов анализа сложных газовых смесей на основе отклика в виде хронорезистограммы циклического процесса электрохимической точечно-контактной коммутации [2]. Чувствительный элемент представлял собой двухэлектродную электрохимическую систему с жидким электролитом. Один из электродов был выполнен в виде электрохимически заточенной иглы, погруженной в тонкий слой электролита. Приложенное к системе электрическое поле формировало на острие иглы дендритную структуру. Контакт этой структуры с противоположным электродом приводил к возникновению канала прямой проводимости в виде т.н. точечного контакта. Высокое сопротивление точечного контакта обеспечивало достаточную для активного электрохимического процесса разность потенциалов на концах канала проводимости. В результате анодного растворения положительно поляризованного участка канала проводимости система возвращалась в исходное состояние, и цикл формирования и разрушения нового дендритного точечного контакта повторялся. Циклический процесс регистрировался в виде временной зависимости сопротивления

точечно-контактной двухэлектродной системы (хронорезистограммы). Полученная экспериментальная зависимость обрабатывалась по специально разработанной программе, в результате чего формировалась гистограмма кондактанса точечного контакта. Гистограмму проводимости можно рассматривать как многопараметрический отклик точечного контакта на усредненное во времени воздействие окружающей среды. Причем, время усреднения соответствует периоду регистрации хронорезистограммы. Опыт показывает, что адекватную характеристику состава можно получить в течение времени, не превышающем 1000 с.

В качестве теоретических предпосылок моделирования наноструктурного сенсорного устройства необходимо рассмотреть влияние состава газовой среды на условия формирования дендритного точечного контакта в электрическом поле. Определяющим в этом случае является поведение двух подсистем: «анализируемая смесь газов – раствор электролита» и «электрод: раствор электролита - медь». Период подготовки к измерениям определяется временем достижения стационарного состояния первой подсистемы. Это время определяется скоростью растворения газообразных продуктов в слое электролита. С учетом того, что слой электролита в рассматриваемой системе составляет несколько миллиметров, время достижения стационарного состояния, т.е. состояния равновесия газа с жидкостью не должно превышать одной минуты. Характер резистограммы непосредственно определяется поведением медного электрода. Состав жидкой фазы электрода, т.е. раствора на границе раздела фаз, влияет на условия роста дендрита в электрическом поле. Адсорбция ионов разной природы на активных участках роста обусловливает динамику процесса электрохимической коммутации, а также размерные характеристики и морфологию канала проводимости дендритного точечного контакта. Параметры процесса анодного растворения положительно поляризованного участка канала проводимости также зависят от состава жидкой фазы, функционально связанного с составом анализируемой газовой смеси. Таким образом, распределение особенностей на гистограмме проводимостей точечно-контактных структур и частота коммутационных актов являются характеристическими параметрами состава внешней газовой среды.

На первом этапе изучалось влияние однокомпонентных газовых сред разных концентраций, в частности аммиака, сероводорода, оксидов азота на гистограммы кондактанса наноструктур. Фоном служил газообразный аргон. Выявленные корреляции позволяют сделать вывод о возможности использования предложенного метода для анализа восстановительных и окислительных газов.

Список литературы:

1. *Kamarchuk, G. V.* Point-Contact Sensors: New Prospects for a Nanoscale Sensitive Technique / *G. V. Kamarchuk, O. P. Pospelov, A. V. Yeremenko* // Europhys. Lett. − 2006. − № 4. − P. 575 − 581.

2. *Pospelov, A. P.* A New Method for Controlling the Quantized Growth of Dendritic Nanoscale Point Contacts via Switchover and Shell Effects / *A. P. Pospelov, A. I. Pilipenko, G. V. Kamarchuk* // J. Phys. Chem. C. – 2015. – № 119 (1). – P. 632 – 639.

УДК 621.357

ЕЛЕКТРОХІМІЧНЕ ОДЕРЖАННЯ СПЛАВУ НІКЕЛЬ-ФОСФОР У ПСЕВДОЗРІДЖЕНОМУ ШАРІ ІНЕРТНИХ ЧАСТОК

***А.С. КУДРИК*[1*]*, С.А. ЛЕЩЕНКО*[2]**

[1] *магістрант кафедри технічної електрохімії, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2] *доцент кафедри технічної електрохімії, канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[*] *email: leserg@mail.ru*

Нікель-фосфорні покриття широко використовуються завдяки їх високій корозійній стійкості, а також мікротвердості та зносостійкості при експлуатації при високій температурі. Такі покриття отримують найчастіше хімічним способом з розчинів хімічного нікелювання, в яких відновником нікелю є гіпофосфіт натрію NaH_2PO_2. Електрохімічне осадження нікель-фосфорних покрить має переваги перед хімічним завдяки кращій стабільності електроліту, більшій швидкості осадження сплаву, можливості отримання покриття з більш широким діапазоном вмісту фосфору, тощо. Висока мікротвердість нікель-фосфорних покрить пояснюється утворенням стабільної фази фосфіду нікелю (Ni_3P), яка проявляється після термообробки.

Метою цієї роботи було порівняння якісних показників покрить сплавом Ni-P, одержаних у псевдозрідженому шарі інертних часток та покрить, одержаних з такого ж електроліті у звичайному режимі.

Для осадження покрить було обрано такий електроліт (г/дм^3): нікелю сульфат – 200, кислота ортофосфорна – 50, натрію хлорид – 25, кислота борна – 25, гіпофосфіт натрію – від 5 до 30. Режим осадження покрить: катодна густина струму $j_к$ = 10 А/дм^2, температура t = 70 °С, pH = 2-2,5.

У звичайному режимі електролізу зі збільшенням вмісту гіпофосфіту натрію в електроліті майже лінійно збільшувався й вміст фосфору в одержаному покритті (3-15 %), дещо зменшувався вихід за струмом (з 66 до 58 %), покращувався блиск покрить. Мікротвердість покрить з вмістом фосфору 4-5% була навіть дещо вищою (6200-6600 МПа), ніж у покрить з 10-15 % фосфору (5500-5900 МПа).

Покриття, одержані у псевдозрідженому шарі інертних часток у тому ж електроліті та в такому ж режимі, осаджувались з більшим виходом за струмом (75-85 %), відрізнялись кращим блиском. Вміст фосфору в одержаному сплаві був меншим (2,7-11 %), мікротвердість не змінилась, або несуттєво зросла (максимальне одержане значення – 6800 МПа).

Але найбільш значущим позитивним результатом є можливість збільшення катодної густини струму, тобто швидкості електролізу. При густині струму 15 А/дм^2 у псевдозрідженому шарі інертних часток були одержані якісні дрібнокристалічні покриття, в той же час у звичайному режимі електролізу покриття мали темний наліт.

УДК 665.9

АНОДНА ПОВЕДІНКА ОКСИДОВАНОГО ТИТАНУ

Ю.Ю. КУЧМА[1*], В.В. ШТЕФАН[2], А.Ю. СМІРНОВА[3]

[1]магістрант кафедри технічної електрохімії, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА
[2]доцент кафедри технічної електрохімії, канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА
[3]викладач-стажист кафедри технічної електрохімії, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА
[*] email: yulichka.93@mail.ru

Розвиток нових технологій нанесення оксидних покриттів для захисту металевих виробів є одним з найбільш актуальних завдань сучасної науки і техніки. Застосування оксидних покриттів на титані у агресивних середовищах обумовлює необхідність дослідження їх властивостей для розширення галузей їх застосування.

В роботі були розглянуті та досліджені властивості оксидних покриттів на титані, що містять сполуки рідкісних та розсіяних елементів та їх корозійну стійкість.

Основною метою роботи було визначити вольтамперометричним методом та імпедансометрією вплив складу електроліту мікродугового оксидування (МДО), концентрацій компонентів, режиму електролізу на захисні властивості оксидних плівок титану.

Результати досліджень показали, що наявність солей РРЕ в електроліті МДО сприяє утворенню оксидних плівок з високими захисними властивостями. На підставі отриманих поляризаційних залежностей, доведено вплив концентрації компонентів електролітів МДО і режиму електролізу на значення потенціалу перепасівації. Методом вимірів імпедансу встановлено вплив різних чинників на захисні властивості МДО-покриттів. Доведено, що зі збільшенням опору збільшується корозійна стійкість титану. На підставі проведених досліджень запропоновано оптимальний склад електроліту для МДО: 1 М H_2SO_4, 0,1 М $Ce_2(SO_4)_3$, j_a =20 А/дм^2, температура кімнатна.

Список літератури:

1. *Байрачный, Б. И.* Электрохимия вентильных металлов / *Б. И. Байрачный, Ф. К. Андрющенко* // − Х.: Вища школа. – 1985. − 144 с.

2. *Сахненко, М. Д.* Теоретичні основи хімії рідкісних і розсіяних елементів: підручник / *М. Д. Сахненко, М. В. Ведь, В. В. Штефан* // – Х.: НТУ «ХПІ». – 2011. – 424 с.

3. *Руднев, В. С.* Получение плазменно-электролитическим оксидированием титана композиций TiO_2 + ZrO_2 + CeO_x и исследование их характеристик / *В. С. Руднев, Т. П. Яровая, П. М. Недозоров* // Физикохимия поверхности и защита материалов − 2011. − Т. 47. − № 5. − С. 517 – 524.

УДК 666.26

МОДЕЛЮВАННЯ СТРУКТУРНИХ ФАКТОРІВ ЛЕГКОПЛАВКИХ СТЕКОЛ В СИСТЕМІ $PbO_2 – ZnO_2 – SiO_2 – R_2O_3$

***Н.О. ЛЕВЧЕНКО*[1*], *Г.К. ВОРОНОВ*[2]**

[1] *магістрант кафедри технології кераміки, вогнетривів, скла та емалі, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*

[2] *доцент кафедри технології кераміки, вогнетривів, скла та эмалі, канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*

[*] *email: nata.levchenko199@ukr.net*

Легкоплавкі стекла можуть бути використані в мікроелектроніці, у вакуумній та електронній техніці в якості захисного покриття, ізоляції висновків, склоосновах в легкоплавких припойних композиціях і для низькотемпературної (до 450°С) вакуум-щільної герметизації в деталях приладів. Кожна конкретна область застосування легкоплавкого скла визначається його властивостями.

Проблема створення припойних стекол з необхідним комплексом фізико-хімічних властивостей в першу чергу пов'язана з вибором базової склоутворюючої системи. Найбільш перспективними з легкоплавких стекол є свинцевосилікатні, свинцевоборатні і свинцевоборосилікатні.

Домінуючими властивостями при розробці склоприпоїв є температура початку розм'якшення і ТКЛР скла. Ці властивості безпосередньо пов'язані зі структурою скла і ступенем пов'язаності кремнійкисневого каркасу. У основноалюмінієвоборосилікатних стеклах міцність його каркаса визначається координаційним станом основних склоутворювачів. У випадку надлишку в силікатному склі активних носіїв кисню, внесеного модифікаторами типу R_2O і RO, як бор, так і алюміній заміщають кремній у структурі скла і утворюють єдиний алюмоборокремнійкисневий каркас. Оцінка ймовірності переходу бору та алюмінію в четверну координацію (склоутворювача) визначається показником структурного фактора $\psi_в$.

Так як в науково-технічній літературі дуже мало відомостей, узагальнюючих даних про зв'язок вказаних властивостей зі структурою і складом скла. Нами було проведено моделювання характеру розподілу таких властивостей в обраних областях системи $PbO_2 – ZnO_2 – SiO_2 - R_2O_3$.

Як показують дані отримані в результаті моделювання базових систем з різним співвідношенням B_2O_3 до Al_2O_3, відповідно 4:1 і 9:3, характер розподілу таких властивостей як ТКЛР і температура розм'якшення істотно змінюється в центральній області складів обмеженою вмістом основних компонентів PbO_2 – 78%, ZnO_2 – 5%, SiO_2 – 7%, R_2O_3 – 10% в першому випадку і PbO_2 – 62%, ZnO_2 – 13%, SiO_2 – 15%, R_2O_3 – 10%. Ці дані дозволяють визначити вибір декількох базових складів, які можуть служити основою для легкоплавкого склоприпою.

УДК 628.16.087

ВЫБОР ЭЛЕКТРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ УСТАНОВКИ ЭЛЕКТРО СТАБИЛИЗАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ ВОДЫ

***А.В. ЛЫСЕНКО*[1*], *Г.Г. ТУЛЬСКИЙ*[2]**

[1] *магистрант кафедры технической электрохимии НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[2] *заведующий кафедрой технической электрохимии, докт. техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[*] *email: tgg@kpi.kharkov.ua*

Очистка оборотной воды предприятий энергетической и химической областей промышленности с использованием реагентных методов не удовлетворяет все возрастающим требованиям к качеству воды. Источниками загрязнения технологической воды соединениями, приводящими к образованию осадка в теплообменниках, является подпиточная вода и углекислый газ, растворяющийся на поверхности бассейнов-накопителей. Наиболее перспективным безреагентным методом водоподготовки является электрохимический метод очистки воды.

В основе электрохимического метода очистки воды лежат сложные окислительно-восстановительные реакции, а также, электрохимическая активация воды в электрическом поле. При протекании постоянного электрического тока через обрабатываемую воду происходят электрохимические реакции на поверхности катода и анода [1–2].

Основной задачей при разработке технологии электрохимической обработки и обосновании конструкции установки электростабилизационной обработки воды является выбор материалов электродов.

На поверхности катода происходит разложение воды с выделением водорода, при котором происходит подщелачивание прикатодного пространства. При подщелачивании прикатодного пространства растворенные соли жесткости образуют малорастворимые соединения и выпадают в осадок на поверхности катода.

В этих условиях на катодных пластинах образуется тонкий пористый слой карбоната кальция и гидрооксида магния.

На аноде происходит выделение кислорода. Поэтому в качестве анода был выбран титан марки ВТ-1 с покрытием из оксидов титана и рутения (70 % TiO_2, 30 % RuO_2 – коммерческое название ОРТА; 70 % TiO_2, 15 % RuO_2, 15 % IrO_2 – коммерческое название ОИРТА). Катод изготовлен из углеродистой стали.

Для реализации описанных процессов использовали электродный блок, состоящий из чередующихся монополярных катодов и анодов. Катоды и аноды представляют собой плоские пластины с размерами 2000×1000×2 мм. Каждый анод и катод работает на 2 стороны, поэтому его рабочая поверхность составляет 4 м^2. В верхней части пластин, по краям к пластинам приварено по 2 токоподвода. Электродный блок должен быть погружен в обрабатываемую

воду так, чтобы верхний край пластин находился на 5-10 мм выше уровня воды для исключения протекания электродных процессов на токоподводах.

При включении электродного блока в работу на катодных пластинах образуется пористый слой карбоната кальция, называемый первичным. Плотность тока при включении должна составлять 2 А/м^2 (или 8 А на пластину). Через 0,5 часа работы плотность тока увеличивается до рабочей.

На катоде происходит восстановление растворенного кислорода с осаждением плотно прилегающего слоя карбоната кальция и гидрооксида магния. По мере образования слоя осадка на катоде сопротивление электродного блока постепенно увеличивается, так что при постоянной силе тока, напряжение на электродном блоке увеличится примерно на 20 % (в зависимости от толщины слоя осадка).

Выделение водорода на катоде способствует созданию в осадке карбоната кальция и гидрооксида магния пор. Через поры к катоду будет подводиться ток и процесс электролиза не прекратится.

Пористый слой карбоната кальция выполняет роль центра образования зародышей и вызывает образование на нем затравочных кристаллов, которые служат основой для возникновения кристаллов во время электролиза.

При плотности тока 5-10 А/м^2 кристаллы нарастают на пористом слое осадка. При более высокой плотности тока (до 100 А/м^2), кристаллы отрываются от катода потоком водорода, уносятся водой и падают на дно ванны.

Оборотная вода, поступающая на обработку содержит общую жесткость 10,0-12,4 (мг·экв)/дм^3, общая щелочность 0,1-5,2 (мг·экв)/дм^3, содержание Cl^- 175-380 мг/дм^3, окисляемость воды 9,6-12,8 (мг O_2)/дм^3, общее солесодержание 600-1200 мг/дм^3.

После проведения электростабилизационной обработки общая жесткость снизилась до 0,4 (мг·экв)/дм^3, общее солесодержание снизилось до 180-200 мг/дм^3.

Проведен выбор материала анода – титан марки ВТ-1 с покрытием из оксидов титана и рутения, материала катода – углеродистая сталь.

Определены технологические показатели электрохимической обработки.

После проведения электростабилизационной обработки общая жесткость составила 0,4 (мг·экв)/дм^3, общее солесодержание – до 180-200 мг/дм^3.

Список литературы:

1. *Жилинский, В. В*. Электрохимическая очистка сточных вод и водоподготовка / *В. В. Жилинский* // Минск: Изд-во Белорусского государственного технологического университета. – 2013. – 174 с.

2. *Захватов, Г. И.* Электрохимическая стабилизация очищенной воды / *Г. И. Захватов, Ю. В. Никитин, Ю. Н. Тахциди* // Водоснабжение, канализация, строительные системы охраны водных ресурсов. – 2012. – № 4. – С. 251 – 256.

УДК 669.849

ВЫДЕЛЕНИЕ ВОЛЬФРАМА ИЗ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ

***Е.С. ЛЯШЕНКО*[1*], *Л.В. ЛЯШОК*[2]**

[1]*магистрант кафедры технической электрохимии, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[2]*профессор кафедры технической электрохимии, канд. техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
**email: evgeniy.lyashenko01071993@gmail.com*

В связи с дефицитом сырьевых ресурсов редких тугоплавких металлов в Украине возрастает целесообразность максимального использования вторичного сырья, содержащего эти металлы.

Вольфрам и его сплавы широко применяются в различных отраслях современной промышленности, что в свою очередь приводит к появлению вольфрамсодержащих отходов, комплексная переработка которых является актуальной, поскольку позволяет вернуть ценные металлы (вольфрам, молибден, рений и др.) в производственный цикл.

Выбор схемы переработки определяется типом, фазовым и химическим составом исходного сырья, масштабом производства, требованиям к чистоте конечного продукта [1].

В данной работе в качестве исходного материала использовали сплав вольфрама с рением марки ВР-5 (вольфрам – 95 %, рений – 5 %), который применяется при изготовлении пирометров в термопарах.

Основные способы переработки отходов металлического вольфрама и его сплавов: окисление, хлорирование, электрохимические методы [2, 3].

Одной из ключевых операций при переработке вольфрамсодержащих отходов является процесс растворения. Растворение тугоплавких металлов можно осуществлять химически в смеси азотной и плавиковой кислот. При этом протекают следующие реакции:

$$W + 6HNO_3 + 8HF \rightarrow H_2[WF_6] + 6H_2O + 6NO_2; \quad (1)$$

$$Re + 7HNO_3 \rightarrow HReO_4 + 3H_2O + 7NO_2. \quad (2)$$

Поскольку содержание рения в сплаве незначительно, основные термодинамические характеристики рассчитали для реакции (1). На основании полученных данных (табл. 1) можно сделать вывод, что процесс растворения исходного сырья – экзотермический ($\Delta U < 0$) в интервале 30-80 ^oC протекает самопроизвольно ($\Delta F < 0$).

Была изучена кинетика процесса. Установлено, что наибольшая скорость растворения сплава – 65 г/(дм^2·ч), достигается при температуре 70-80 ^oC, концентрации азотной и плавиковой кислот 85 %.

Рассчитана энергия активации E = 6,37 кДж/моль и порядок реакции по реагенту n = 0,8. Установлено, что процесс протекает в диффузионной области,

что свидетельствует о целесообразности перемешивания.

Таблица 1 – Термодинамические характеристики процесса растворения вольфрамового сырья

Характеристики	30 °С	50 °С	80 °С
Изменение энергии Гельмгольца ΔF, кДж/моль	- 625,1	- 629,2	- 634,3
Тепловой эффект реакции ΔU, кДж/моль	- 568,9	- 569,9	- 571,4

Недостатком химического растворения сплава ВР-5 является выделение токсичного газа – оксида азота. Как альтернатива предлагается электрохимическое растворение вторичного вольфрамсодержащего сырья.

Для электрохимического растворения сплава применили электролиты с высоким значением pH (≥ 12), в которых оксидная пленка вольфрама растворяется.

Установлены оптимальные условия процесса растворения сплава (скорость растворения 72 г/(дм^2·ч)): концентрация NaOH – 40 %, температура – 70-80 °С, $ВТ_а$ = 97%.

На основании вышесказанного, а также анализа литературных данных [1–3] предлагаем алгоритм переработки сплава ВР-5:

– электрохимическое растворение сплава:

$$W + 8OH^- \rightarrow WO_4^{2-} + 4H_2O + 6e; \quad (3)$$

– селективное выделение рения из полученного раствора в виде малорастворимого перрената калия, добавлением раствора KCl;

– осаждение вольфрамовой кислоты, добавлением расчетного количества HCl;

– фильтрация и сушка H_2WO_4;

– прокаливание H_2WO_4 при (500-550 °С) ;

– восстановление полученного WO_3 до металлического вольфрама (в атмосфере водорода или электрохимически из ионного расплава).

Таким образом, создание комплексных технологий, которые объединяют традиционные и электрохимические методы, позволяет решать проблемы, вызванные усложнением химического и фазового составов вторичных сырьевых ресурсов, с ужесточением требований к охране окружающей среды и чистоте полученных металлов.

Список литературы:

1. *Никитина, Л. С.* Переработка отходов тугоплавких металлов (вольфрама, молибдена, рения) / *Л. С. Никитина* // М. – 1977. – 52 с.

2. *Байрачний, Б. І.* Рідкісні розсіяні і благородні елементи. Технологія виробництва та використання / *Б.І. Байрачний, Л.В. Ляшок* // Харків: НТУ «ХПІ». – 2007. – 303 с.

3. Редкие и рассеянные элементы. Химия и технология / Под ред. *С.С. Коровина* // М.: Моск. ин-т стали и сплавов. – 2003. – Кн. 3. – 440 с.

УДК 621.357

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСУ НІКЕЛЮВАННЯ АЛЮМІНІЮ МАРКИ АМг6 У ПСЕВДОЗРІДЖЕНОМУ ШАРІ ІНЕРТНИХ ЧАСТОК

***О.В. МАЛАГЛОВА*[1*], *С.А. ЛЕЩЕНКО*[2]**

[1] *магістрант кафедри технічної електрохімії, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2] *доцент кафедри технічної електрохімії, канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[*] *email: leserg@mail.ru*

Нікелювання алюмінієвих сплавів застосовується або як захисне (захисно-декоративне), або як функціональне (для підвищення зносостійкості та мікротвердості поверхні), або як підшар під інші види покриття. Одношарове захисне (захисно-декоративне) нікелеве покриття на алюмінії повинно мати товщину 18 або 24 мкм, і може використовуватись відповідно для 1 та 2 групи умов експлуатації.

Для безпосереднього осадження нікелевого покриття на алюміній рекомендується використовувати електроліт такого складу (г/дм^3): нікелю сульфат – 200; кислота борна – 25; натрію фторид – 2; калію персульфат – 2. Режим електролізу: pH 4,5-5,4; температура 50 °С, густина струму 1-2 А/дм^2. Вихід нікелю за струмом становить близько 90 %, отже, для одержання покриття товщиною 18-24 мкм при максимальній густині струму електроліз повинен тривати 81-108 хв. Така тривалість нікелювання є занадто великою, тому актуальним завданням є інтенсифікація процесу нікелювання.

Одним з визнаних методів інтенсифікації електролізу є електроліз в псевдозрідженому шарі інертних часток. Метою цієї роботи було встановлення кількісних показників інтенсифікації нікелювання у псевдозрідженому шарі інертних часток.

Гальванічна ванна була заповнена електролітом та полірованими скляними кульками діаметром 1-1,3 мм, перемішування електроліту здійснювалось за допомогою насосу. Важливим було створення турбулентного режиму перемішування та співударяння інертних часток об поверхню катоду.

Нікелювання у псевдозрідженому шарі інертних часток виявило:

– робоча густина струму може бути збільшена з 2 до 2,5 А/дм^2 (без погіршення властивостей нікелевого покриття та без зменшення виходу за струмом), тобто процес нікелювання вдалось прискорити на 25 %;

– зовнішній вигляд (блиск) покрить дещо покращився, що пояснюється утворенням більш дрібнокристалічних покрить.

Виявлені результати дозволили зробити припущення, що одержані покриття мають й меншу поруватість, внаслідок чого можна буде рекомендувати зменшити товщину покрить. Перевірка цього припущення буде наступним завданням дослідження.

УДК 621.357.7

ЭЛЕКТРОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ НА МЕДНОМ И СЕРЕБРЯНОМ ЭЛЕКТРОДАХ В РАСТВОРАХ НА ОСНОВЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ЛИГАНДОВ

О.Л. МАТРУНЧИК[1*], М.А. БЕЛЯК[1], О.Л. СМИРНОВА[2]

[1] магистрант кафедры технической электрохимии, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА
[2] доцент кафедры технической электрохимии, канд. техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА
[*] email: o.stein2015@yandex.ru

Применение меди и серебра можно отнести ко всем областям профессиональной деятельности: к технике, медицине, косметологии, художественно-прикладному искусству. Что касается электрохимии, то с практической точки зрения наибольший интерес представляет поведение этих металлов в цианистых растворах, например, в гидрометаллургических процессах, в гальванотехнике. Однако растворы цианидов отличаются высокой токсичностью, что не способствует их применению в биотехнологиях. Альтернативой цианистым растворам являются растворы тиокарбамида, в которых медь и серебро образуют устойчивые комплексные соединения.

Поэтому установление основных закономерностей протекания электродных процессов на меди и серебре в органических электролитах является интересным и перспективным направлением в области современной электрохимии.

Целью данной работы было изучение кинетики реакций, протекающих на медном и серебряном электродах в комплексных тиокарбамидно-цитратных растворах.

Для выполнения экспериментальных исследований использовались электроды из чистого серебра (марки Ср 999,9) и чистой меди (марки ММ) с рабочей поверхностью 0,5 $см^2$. Вспомогательным электродом служил платиновый электрод (марка Пл 99,9) с поверхностью 2 $см^2$. В качестве электрода сравнения выступал хлорид-серебряный электрод.

Установлено, что введение в тиокарбамидные электролиты цитратной кислоты способствует стабилизации растворов, а поддержание кислого значения pH (3-4) влияет на активность растворения металлов при анодном процессе. С увеличением концентрации тиокарбамида и цитратной кислоты скорость растворения увеличивается, а стационарные потенциалы и потенциалы активации, регистрируемые на металлах, сдвигаются в область отрицательных значений.

Электродная поляризация при протекании анодной и катодной реакций на металлах в кислом тиокарбамидно-цитратном электролите неодинакова. Она меньше в случае окисления меди и больше – в случае её восстановления.

Таблица 1 – Стационарные потенциалы и потенциалы активации, регистрируемые на медном и серебряном электродах, t = 25 ^{0}C.

Состав раствора	Cu		Ag	
	$E_{ст}$, В	$E_{акт}$, В	$E_{ст}$, В	$E_{акт}$, В
0,1 М $CS(NH_2)_2$	- 0,29	- 0,289	- 0,12	- 0,119
0,1 М $C_6H_8O_7$	+ 0,16	+ 0,161	+ 0,61	+ 0,611
0,1 М $CS(NH_2)_2$, 0,1 М $C_6H_8O_7$	- 0,30	- 0,299	- 0,15	- 0,149

При анодной поляризации электродов происходит ионизация металлов с последующей химической стадией – ассоциацией катионных комплексов меди и серебра с молекулами тиокарбамида: $Cu^0 - 2e^- + SC(NH_2)_2 \rightarrow [Cu(SC(NH_2)_2]^{2+}$; $Ag^0 - e^- + 3\ SC(NH_2)_2 \rightarrow [Ag(SC(NH_2)_2)_3]^{2+}$.

Присутствие в растворах цитратной кислоты позволяет предположить, что ионы металлов связываются с цитрат-анионами с образованием комплексов смешанного типа. При изучении катодных процессов на меди и серебре была выявлена возможность осаждать на различных подложках в стационарных режимах светлые, плотные, компактные, мелкокристаллические покрытия.

Влияние скоростного режима при получении потенциодинамических зависимостей на скорость протекания электродных реакций указывает на то, что в кинетику этих реакций значительный вклад вносит непосредственно диффузионная кинетика, и скорость анодных и катодных процессов лимитируется концентрационными ограничениями на границе фаз “электрод-электролит”.

Анодное растворение и катодное восстановление металлов возможно в стационарных режимах электролиза с заданием постоянного тока или потенциала. Существенное различие в значениях потенциалов металлов в данных системах создает предпосылки для использования полученных результатов для разных технологических целей в получении и комплексной переработке цветного и драгоценного металлического сырья. Результаты являются отправной точкой для дальнейшего исследования катодных процессов на медном и серебряном электродах в кислых тиокарбамидных растворах, частично согласуются с ранее известными данными, а кроме того имеют элементы научной новизны, делающие их достаточно перспективными.

Список литературы:

1. *Подчайнова, В. Н.* Аналитическая химия меди / *В. Н. Подчайнова, Л. Н. Симонова*. // М.: Наука. – 1990. – 280 с.

2. *Пятницкий, И. В.* Аналитическая химия серебра / *И. В. Пятницкий, В. В. Сухан*. // М.: Наука. – 1975. – 264 с.

3. *Бек, Р. Ю.* Исследование электроосаждения золота, серебра и меди из тиомочевинных и цианистых электролитов на обновляемом электроде: автореф. дис. на соискание уч. степени докт. хим. наук: спец. 02.00.05 “Электрохимия” / *Р. Ю. Бек* // – М. – 1978. – 32 с.

УДК 666.1

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КВАРЦЕВЫХ ПЕСКОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ХАРЬКОВСКОЙ ОБЛАСТИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ФЛОАТ-СТЕКЛА

***В.В. МАШКИН*[1*], *Л.Л. БРАГИНА*[2], *С.Н. ЯИЦКИЙ*[3]**

[1] *магистрант кафедры технологии керамики, огнеупоров, стекла и эмалей, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[2] *профессор кафедры технологии керамики, огнеупоров, стекла и эмалей, докт. техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[3] *главный инженер ПАО «Лисичанский стеклозавод «Пролетарий», Лисичанск, УКРАИНА*

[*] email: *vetal-mash@ukr.net*

Производство стекла относится к отраслям с интенсивным энергопотреблением. Энергозатраты на получение 1 кг натрийкальций-силикатных стекол, к которым относится и полированное флоат-стекло составляют около 2,7 МДж [1], достигая на практике 6 МДж/1 кг [2].

Реальным путем существенного энергосбережения в стеклоделии является интенсификация варки стекол. Это достигается применением физико-химического, термического, гидродинамического и других способов ускорения процесса растворения зерен кварцевого песка – основного и наиболее тугоплавкого компонента шихт в образующемся расплаве [3].

Цель настоящей работы – установление особенностей влияния химического и гранулометрического состава кварцевых песков Староверовского и Новоселовского месторождений Харьковской области и формы их зерен на процесс варки и качество листового флоат-стекла, производимого на ПАО «Лисичанский стеклозавод «Пролетарий».

Для исследования были использованы природный (необогащенный) кварцевый песок ПК-050-П Новоселовского месторождения и обогащенный ПК-040-З Староверовского карьера. Их химический и гранулометрический состав приведен в табл. 1 и 2.

Таблица 1 – Химический состав кварцевых песков Харьковской области

Маркировка песка	Содержание компонентов, масс. %			
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	п.п.п.
ПК-050-П	99,30-99,58	0,053-0,097	0,031-0,048	0,12-0,26
ПК-040-З	99,58-99,60	0,049-0,086	0,024-0,028	0,14-018

В соответствии с основными требованиями к качеству сырьевых материалов для производства флоат-стекла содержание SiO_2 в кварцевых песках должно быть не менее 98,5 масс. %, Fe_2O_3 – 0,03-0,04 масс. %, но не более 0,05 масс. %. Староверовский обогащенный песок характеризуется содержанием SiO_2 99,58 %, что выше гостированных норм. Количество оксида

железа в обоих видах песков также подтверждает их высокие кондиции (в новоселовском обогащенном песке содержание Fe_2O_3 составляет 0,007 масс.%).

С использованием оптической микроскопии (микроскопы МВС-10 и ПОЛАМ З-31), электронной системы ISRAVision (Германия) для оценки качества листового флоат-стекла, а также спектрофотометра СФ-16 установлено, что в случае применения одного лишь необогащенного песка Новоселовского месторождения имели место снижение оптических показателей стекла, ухудшение светопропускания и наличие дефекта «мошка». Это имело место, несмотря остроугольную форму зерен этого месторождения, которая определяет их значительную удельную поверхность и, соответственно, большую реакционную активность.

Таблица 2 – Гранулометрический состав кварцевых песков Харьковской области

Маркировка песка	Содержание (%) фракций с размером зерен, мм						
	0,63	0,4	0,315	0,2	0,16	0,1	0,16–0,4
ПК-050-П	0,06-0,21	1,09-3,23	1,57-7,32	16,53-37,69	26,76-35,99	21,60-40,86	50,97-76,45
ПК-040-З	–	0,08-0,26	4,65-8,22	87,02-90,76	1,69-3,38	0,70-2,48	97,18-98,78

Последовательная замена в шихте новоселовского песка староверовским привела в случае оптимального соотношения ПК-040-З : ПК-050-П = 3 : 1 к увеличению содержания в ней основной фракции (0,16-0,4 мм) до 89,43 % и уменьшению количества в песчаной смеси Fe_2O_3 до 0,028 % и, в итоге, к значительному снижению дефекта «мошка», оптических искажений и обеспечению коэффициента светопропускания Т = 88 ÷ 90%.

Для получения высококачественного полированного флоат-стекла необходимо соблюдать соотношение 3 : 1 обогащенного песка Староверовского месторождения, который характеризуется наличием округлыми зернами, стабильным гранулометрическим составом и незначительным количеством тонкой фракции (0,1 мм и менее) и необогащенного (природного) песка Новоселовского месторождения, содержащего зерна остроугольной формы. При этом основная фракция кварцевого песка, должна составлять не менее 89 %, что следует учитывать при использовании указанных песков в составе стекольной шихты.

Список литературы:

1. *Le Bourhis, E.* Glass: Mechanics and Technology / *E. Le Bourhis* // Weinheim: WILEY-VHCGmbH&Co. – 2008. – 366 p.

2. *Яицкий, С. Н.* Свойства и опыт использования кварцевых песков месторождений Харьковской области в силикатной промышленности / *С. Н. Яицкий, Л. Л. Брагина, Ю. О. Соболь* // Збірник наукових праць ПАТ «УКРНДІ вогнетривів ім. А. С. Бережного». – Харків: ПАТ «УКРНДІ вогнетривів ім. А. С. Бережного». – 2012. – №112 – С. 250 – 255.

3. *Гулоян, Ю. А.* Основные направления повышения эффективности стекловарения / *Ю. А. Гулоян* // Стекло мира. – 2001. – №3. – С. 39 – 44.

УДК 661.727.1

РІВНОВАГА ПРОЦЕСУ ТА МОЖЛИВА ТЕХНОЛОГІЯ УТИЛІЗАЦІЇ БЕЗМЕТАНОЛЬНОГО ФОРМАЛІНУ У ВИРОБНИЦТВІ МЕТАНОЛУ НЕПОВНИМ ОКИСНЕННЯМ ПРИРОДНОГО ГАЗУ

***Д.В. МОЦАРЬ*[1*], *І.О. СЛАБУН*[2], *А.В. ПЕТРЕНКО*[3], *М.М. НОЗДРАЧОВ*[4]**

[1] *магістрант кафедри ХТНР,К та Е, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2] *професор кафедри ХТНР,К та Е, канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[3] *інженер ІІ категорії кафедри ХТНР,К та Е, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[4] *с.н.с. кафедри ХТНР,К та Е, канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[*] *email: i.a.slabun@gmail.com*

При видобуванні і транспортуванні природного газу утворюються гідрати його компонентів, які відкладаються на внутрішніх поверхнях трубопроводів і збільшують їх гідравлічний опір. Найбільш ефективним інгібітором гідратоутворення є метиловий спирт. Раціональним є виробництво метанолу безпосередньо на газовому (газоконденсатному) промислі неповним окисненням природного газу [1]. Але при цьому поряд з цільовим продуктом одержують побічний – формалін, який не є інгібітором гідратоутворення [2].

У попередніх роботах, на базі термодинамічних розрахунків трьох сумісно перебігаючи реакцій, була запропонована технологія утилізації формаліна стабілізованого метанолом. На стабілізацію однієї тонни формаліна витрачається близько 80 кг метанолу, який є інгібітором гідратоутворення. Тому для зменшення витрат цільового продукту необхідного дослідити можливість утилізації безметанольного формаліну у даній технології.

У даній роботі досліджено рівновагу двох сумісно перебігаючих реакцій: дегідрування формальдегіду та конверсії оксиду вуглецю водяною парою, перебіг яких можливий у процесі утилізації безметанольного формаліну в інтервалі (25-727) С° та тиску 0,1013 МПа і 0,21 МПа. Встановлено, що при даних параметрах немає термодинамічних обмежень розкладу безметанольного формаліну. Розраховані матеріальні і теплові баланси процесу утилізації за умови, що реакції в процесі утилізації перебігають до рівноваги. Розроблена принципова технологічна схема утилізації безметанольного формаліну, визначені витратні коефіцієнти. Продукти утилізації (H_2 + CO + CO_2) пропонуються використати у виробництві, як енергоносій. Це здешевлює технологію одержання метанолу неповним окисненням вуглеводнів природного газу і зменшує навантаження на навколишнє середовище.

Список літератури:

1. *Товажнянський Л. Л.* Технологія зв'язаного азоту: підручник / *Л. Л.Товажнянський, О. Я. Лобойко* та ін.; За ред. О. Я. Лобойка. – Харків: НТУ «ХПІ»,2007. – 536 с.

2. *Слабун І. О.* Розробка технології метанолу неповним окисненням вуглеводнів з використанням енергії відхідного газу / *І. О. Слабун* // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Зб. наук. праць. Темат. вип. «Хімія, хімічна технологія та екологія». – Харків : НТУ «ХПІ». – 2010. - №10. – с. 167 – 174.

УДК 621.357.2

ЕЛЕКТРОСИНТЕЗ ВОДНЮ З ВИКОРИСТАННЯМ СОНЯЧНИХ БАТАРЕЙ

***О.А. ОЛІЙНИК*[1*], *Н.О. РУДЕНКО*[1], *Б.І. БАЙРАЧНИЙ*[2]**

[1] *магістрант кафедри технічної електрохімії, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2] *професор кафедри технічної електрохімії, докт. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[*] *email: oxygenius11@gmail.com*

Останнім часом в енергетиці розвиваються способи використання екологічно безпечного палива – водню, який отримують за допомогою електролізу відновлювальними енергетичними пристроями (сонячними батареям).

В даній роботі проведені дослідження режимів електросинтезу водню за допомогою сонячних батарей типу ҮН-21.

Схема пристрою (рис. 1) включає 2-х камерний електролізер, розділений мембранною діафрагмою.

В камерах розміщені анод та катод. Анод і катод виготовлені з нікелю. Електроліт – розчин КОН або вода подається в анодну камеру де синтезується кисень, а на катоді відновлюється водень.

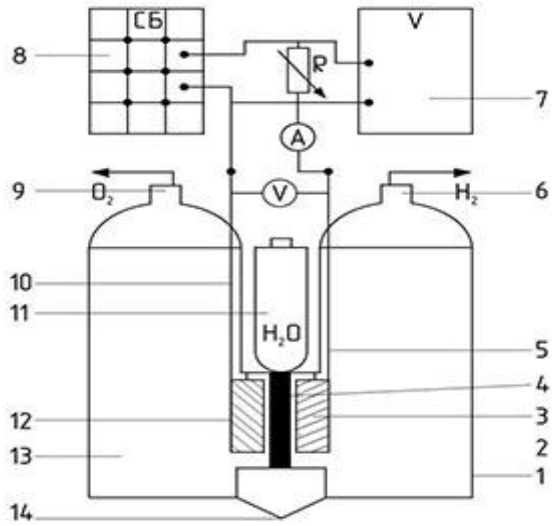


Рис. 1 – Мембранний електролізер синтезу водню і кисню: 1 – корпус; 2 – катодна камера; 3 – катод; 4 – мембрана; 5 – струмопідвід катода; 6 – патрубок для відводу H_2; 7 – вольтметр; 8 – сонячна батарея; 9 – патрубок для відводу O_2; 10 – струмопідвід анода; 11 – резервуар з водою; 12 – анод; 13 – анодна камера; 14 – патрубок для відводу електроліту

На рис. 2 показані хронопотенціограми виділення кисню та водню в залежності від густини струму, з яких видно, що заданій густині струму відповідає стаціонарний потенціал виділення кисню та водню.

За експериментальними даними проведені розрахунки кількості водню отриманого електролізом на питомі параметри (тривалість електролізу 1 година, густина струму 5 А/дм^2, поверхня сонячної батареї 1,2 дм^2).

На рис. 3 приведені дані залежності кількості отриманого тепла окиснення водню від густини струму.

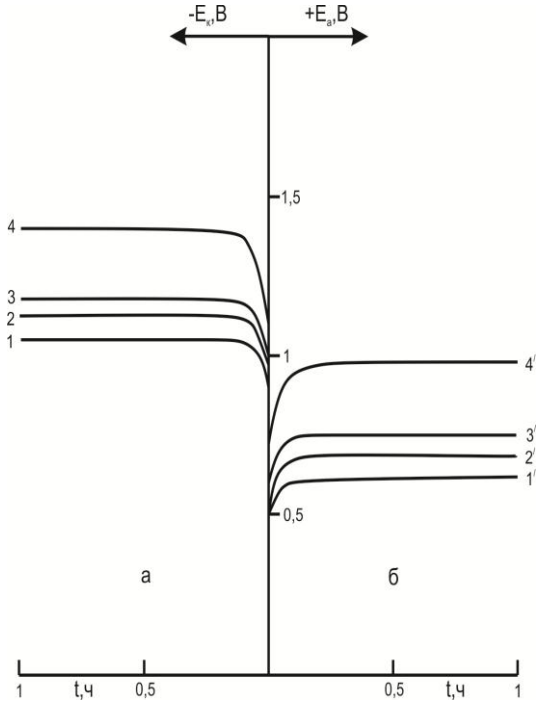


Рис. 2 – Хронопотенціограми катода (а, 1, 2, 3, 4) і анода (б, 1', 2', 3', 4') при густині струму, А/дм^2: 1, 1' – 0,7; 2, 2' – 1,7; 3, 3' – 2,8; 4, 4' – 5,0.

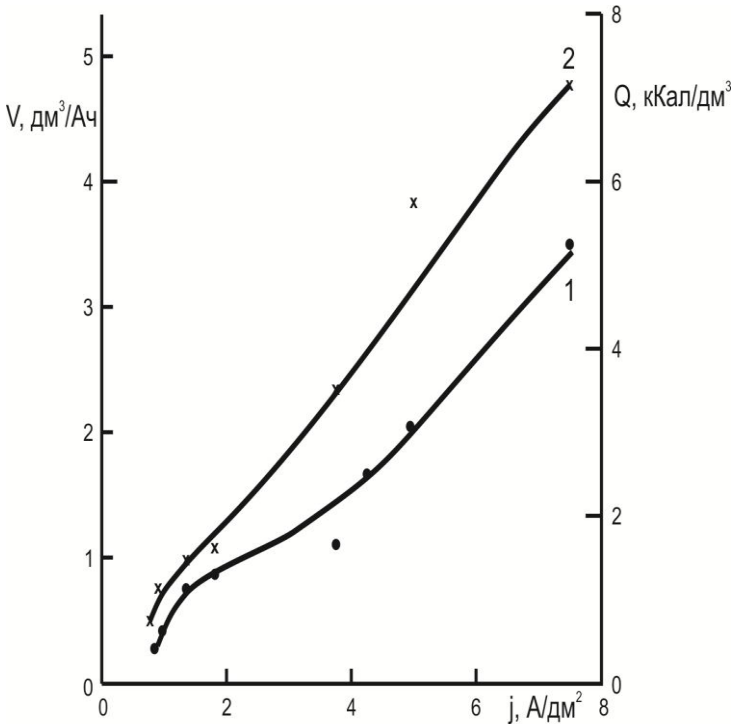


Рис. 3 – Об'єм (V) водню (1), отриманого при електролізі на протязі 1 години з використанням сонячної батареї площею 1,2 дм^2 і кількості тепла (Q), отриманого при його окисненні (2).

На основі експериментальних даних встановлено, що при електролізі з мембраною МК-40 синтезується 2,5-3 дм^3/(А·год) водню при густині струму отриманого від сонячної батареї поверхнею 1,2 дм^2. Використання сонячних джерел струму дозволяє зменшити питомі витрати теплової енергії, та забезпечити екологічну безпеку при її використанні в побутових пристроях.

Список літератури:

1. *Козин, Л. Ф.* Современная энергетика и экология. Проблемы и перспективы / *Л. Ф. Козин, С. В. Волков* // К: Наукова думка. – 2006. – 772 с.

2. *Байрачний, Б. І.* Технічна електрохімія : підручник, Ч. IV / *Б. І. Байрачний, Л. В. Ляшок* // Х: НТУ «ХПІ». – 2011. – 495 с.

УДК 541.13

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВИЛУГОВУВАННЯ ПАЛАДІЮ З ВТОРИННОЇ СИРОВИНИ

***М.П. ОСМАНОВА*[1*], *Л.В. ЛЯШОК*[2]**

[1] *магістрант кафедри технічної електрохімії, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2] *професор кафедри технічної електрохімії, канд. техн. наук., НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[*] *email: ljaschok-lv@rambler.ru*

У зв'язку з тим, що в Україні немає власного промислового видобутку паладію, постає необхідність у розробці ефективних, економічно доцільних та екологічно чистих методів переробки відходів з метою вилучення паладію у вигляді чистого металу. Ця проблема є актуальною та потребує вирішення [1–3].

В роботі вивчалася термодинаміка та кінетика процесу виділення паладію з вторинної сировини, які дозволили визначити необхідні умови його проведення. За результатами проведених розрахунків було обрано оптимальний режим вилуговування з максимальним виділенням паладію у розчин.

У результаті проведеної роботи було вивчено процес вилуговування паладію з застосуванням хлоридної кислоти та окисника ферум (III) хлориду, який дешевший та менш токсичний порівняно з ціанідами:

$$2Pd + 2HCl + 2FeCl_3 \rightarrow 2PdCl_2 + 2FeCl_2 + H_2. \quad (1)$$

Для дослідження швидкості перебігу реакції вилуговування паладію вивчено кінетику цього процесу.

Експериментально досліджено залежність ступеню вилуговування від часу (рис. 1). Встановлено, що при збільшені температури швидкість процесу вилуговування підвищується. Виходячи з цього, оптимальними температурами для проведення процесу є 60-80 ^{o}C, адже при цих температурах швидкість вилуговування є досить великою.

Також була досліджена залежність ступеню вилуговування від концентрації реагентів (рис. 2), та встановлено, що найшвидше процес вилуговування протікає у розчині з найбільшою концентрацією хлоридної кислоти.

Отже, для проведення процесу вилуговування доцільно використовувати концентровану 35 % хлоридну кислоту (11,27 М).

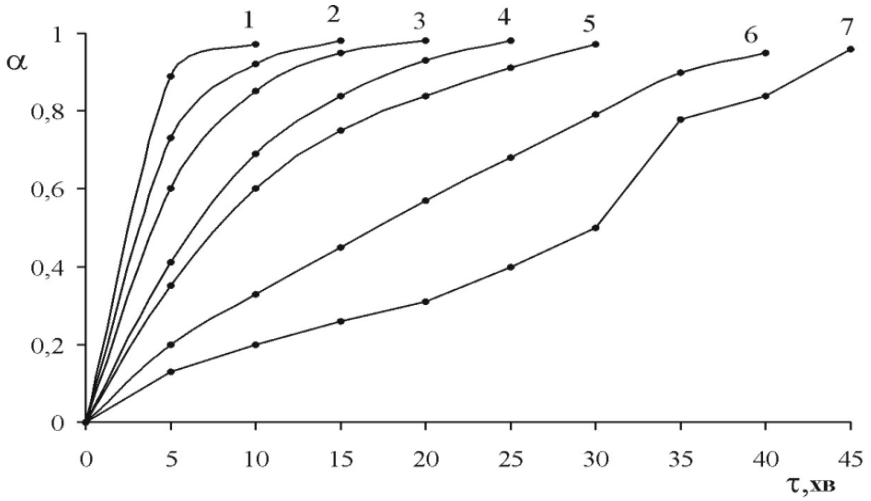


Рис. 1 − Залежність ступеню вилуговування паладію від тривалості процесу при різних температурах °С: 1 – 100; 2 – 90; 3 – 80; 4 – 70; 5 – 60; 6 – 50; 7 – 40.

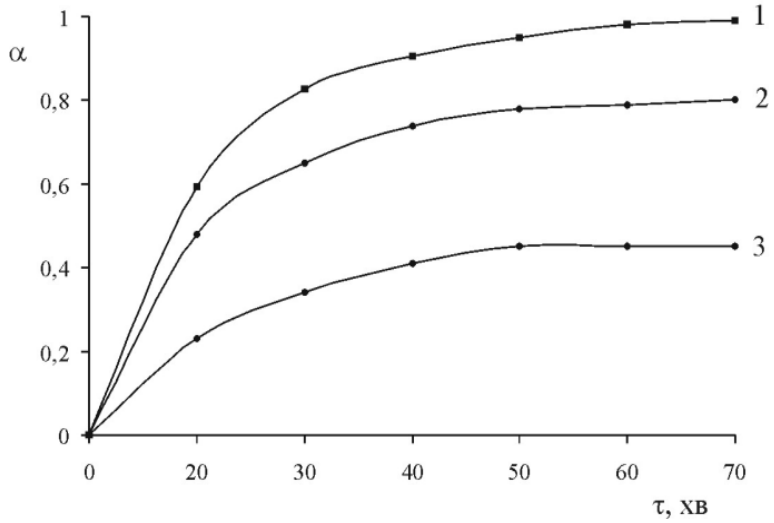


Рис. 2 − Залежність ступеню вилуговування паладію при різних початкових концентраціях хлоридної кислоти C_o: 1 – 11,27 М HCl; 2 – 7,71 М HCl; 3 – 4,41 М HCl.

Проаналізувавши визначені кінетичні характеристики процесу, можна зробити висновок, що максимальне видалення паладію та найбільша швидкість процесу вилуговування спостерігається при використанні в якості розчину вилуговування суміші 35,6 % хлоридної кислоти і 5 % ферум (III) хлориду та оптимальному температурному режимі 60-80 °С.

Список літератури:

1. *Байрачний, Б. І.* Рідкісні розсіяні і благородні елементи. Технологія виробництва та використання: підручник / *Б. І. Байрачний, Л. В. Ляшок* // Харків: НТУ «ХПІ». – 2007. – 288 с.

2. *Байрачний, Б. І.* Технічна електрохімія: підручник: в 5 ч. – Ч. 4: Гідроелектрометалургія / *Б. І. Байрачний, Л. В. Ляшок* // Харків: НТУ «ХПІ». – 2012 – 496 с.

3. *Букин, В. И.* Переработка производственных отходов и вторичных сырьевых ресурсов, содержащих редкие, благородные и цветные металлы / *В. И. Букин* // М. – 2002. – 556 с.

УДК 621.35

ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРЕНОСУ ВОДИ ЧЕРЕЗ КАТІОНООБМІННУ МЕМБРАНУ

***Б.В. ПАВЛОВ*[1*], *Г.Г. ТУЛЬСЬКИЙ*[2]**

[1] *магістрант кафедри технічної електрохімії, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2] *завідувач кафедри технічної електрохімії, докт. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, Україна*
[*] *email: lonely_page@mail.ru*

Мембранний електроліз водних розчинів NaCl є основою для одержання оксигенвмісних сполук хлору високої чистоти. В залежності від умов проведення електрохімічного синтезу мембранний електроліз дозволяє керувати напрямком перебігу анодної реакції з метою одержання газоподібного хлору, NaClO, діоксиду хлору. Для складання матеріального балансу електролізу необхідно дослідити вплив умов проведення процесу на перенос протонованої води через мембрану.

Метою дисертаційної роботи є удосконалення електрохімічного синтезу «активного хлору» у виробництві концентрованих розчинів NaClO.

Електроосмотичне проникнення відіграє суттєву роль при мембранному електролізі. Перенос води в гідратних оболонках іонів лімітує максимально досяжну концентрацію електроліту в електродних камерах [1–2]. Хоча числа переносу води через мембрани зростають з розбавленням розчину, електроосмотичний перенос несуттєвий при мембранному електролізі розведених розчинів, оскільки об’єм перенесеної таким чином води малий у порівнянні із загальною кількістю води в анодній і катодній камерах.

При накладанні електричного поля заряджена вода рухається у напрямку руху протиіонів, причому діюча на неї сила пропорційна заряду матриці і напруженості електричного поля, а сила опору руху – обернено пропорційна гідравлічному проникненню мембрани.

Результуюче число переносу води дорівнює сумі перносу протонованої і дрейфуючої води: $t_w = (t_w)_h + (t_w)_d$. Рівняння правильно відображає вплив низки факторів на електроосмотичну проникність мембран. Так, зменшення кристалографічного радіусу (r_x) призводить до росту радіусу гідратованого іону (r_i).

Разом з тим збільшується як $(t_w)_h$ (оскільки в гідратній оболонці переноситься більше число молекул води), так і $(t_w)_d$ (оскільки зростання r_i як видно з рівнянь, призводить до підсилення фрикційної взаємодії протиіон-вода). Теорія Бреслау та Міллера також якісно вірно відображає вид залежності електроосмотичної проникності від концентрації розчину.

Відповідно до формули, $(t_w)_h$ не залежить від концентрації (хоча, по-видимому, в області високих концентрацій (> 1 моль·дм$^{-3}$) відбувається часткова дегідратація іонів в мембрані при зниженні pH аноліту); $(t_w)_d$

зменшується з ростом концентрації, головним чином, із-за зменшення відношення c_w/c_i Так, при збільшенні зовнішньої концентрації розчину NaCl, що знаходиться в контакті з мембраною Nafion-125, від 0,01 до 4 моль·дм$^{-3}$, концентрація води у фазі мембрани зменшується від 9,7 до 7,2 ммоль·см$^{-3}$, в той час концентрація протиіонів зростає від 3,5 до 7,7 ммоль·см$^{-3}$.

Результати розрахунку для системи Nafion 125 – розчин NaCl. Експериментальні результати були одержані при роботі мембранного електролізеру без протоку електроліту в анодній камері. Експериментальні результати представлені у вигляді пунктирної лінії і змінювались від t_w = 4,3 моль·F^{-1} при c = 5,13 моль·дм$^{-3}$ до значення t_w = 9,6 моль·F^{-1} при c = 2 моль·дм$^{-3}$. Порівняння експериментальних та розрахункових результатів показує що модель, яка запропонована авторами [1, 2], адекватно описує процес переносу гідратованої води в досліджуваній нами області концентрації NaCl (4-5 моль·дм$^{-3}$).

Розходження експериментальних та розрахункових даних при концентрації NaCl менше 4 моль·дм$^{-3}$ пов'язане з частковою гідратацією іонів в мембрані при зниженні pH аноліту в процесі електролізу.

Але для досліджуваного, а тим більш для робочого діапазону концентрації NaCl застосування моделі є допустимим. При використані у якості аноліту водного розчину NaCl з концентрацією 280 г·дм$^{-3}$ через поверхню мембрани в 0,05 м^2 при проходженні 100 А·год електрики буде перенесено 300 ± 0,5 г H_2O.

При обраній концентрації 280 г·дм$^{-3}$ (ρ = 1,178 г·см$^{-3}$) в 900 см^3 буде знаходитись 254 г NaCl і 806 г H_2O.

У відповідності до закону Фарадея при проходженні 100 А·год струму маса NaCl зменшиться на 206 г ($BC \approx 95$ %). Через одну годину електролізу з густиною струму 2000 А·м$^{-2}$ в анодній камері мембранного електролізера залишиться 254–206 = 48 г NaCl.

За той же час у відповідності з дослідженими числами переносу води з вихідних 806 г H_2O через мембрану буде перенесено 302 г H_2O, тобто залишиться 504 г H_2O. Таким чином в результаті електролізу аноліт міститиме 8 % розчин NaCl, що відповідає концентрації NaCl 85 г·дм$^{-3}$.

Порівняння експериментальних та розрахункових результатів показує, що застосована модель адекватно описує процес переносу гідратованої води через мембрану в діапазоні робочих (4-5 моль·дм$^{-3}$) концентрацій хлориду натрію.

Список літератури:

1. *Бахир, В. М.* Химический состав и функциональные свойства хлорсодержащих дезинфицирующих растворов / *В. М. Бахир, Б. И. Леонов, С. А. Паничева* // Вестник новых медицинский технологий. – 2003. – № 4. – С. 8 – 15.

2. *Романова, Р. Г.* Динамика изменений анионного состава растворов хлорида натрия в проточном электролизере / Р. *Г. Романова, С. И. Агаджанян, Г. В. Коршин* // Журнал прикладной химии. – 2001. – Т. 74. – № 5. – С. 721 – 724.

УДК 661.566

МАТЕМАТИЧНЕ ОПИСАННЯ ПРОЦЕСУ ОКИСНЕННЯ NO КИСНЕМ

***Г.О. ПОХИЛ*[1], *О.В. КОБЗЄВ*[2*]**

[1] *магістрант кафедри хімічної технології неорганічних речовин, каталізу та екології, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*

[2] *доцент кафедри хімічної технології неорганічних речовин, каталізу та екології, канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*

[*] *email: a.kobzev@ua.fm*

В теперішній час виробництво азотної кислоти базується на каталітичному окисненні синтетичного аміаку киснем повітря з наступним окисненням одержаного оксиду азоту (II) до вищих оксидів (NO_2) таїх абсорбцієюводою в абсорбційній колоні.

Окиснення оксиду азоту (II) потребує найбільшого часу і лімітує весь процес кислотоутворення.

Для розрахунків процесу окиснення оксиду азоту (II) киснем як правило використовують кінетичне рівняння М. Боденштейна, яке зв'язує ступінь окиснення NO, тривалість процесу окиснення, початкові вмісти оксиду азоту та кисню в газі, тиск і температуру.

Це рівняння має деяку незручність при використанні у розрахунках. Вона пов'язана з тим, що основна розрахункова величина, ступінь окиснення, входить до рівняння в неявному вигляді і для свого визначення потребує використання математичних методів таких, наприклад, як метод половинного ділення.

Вивчення впливу на процес окиснення оксиду азоту (II) різних технологічних параметрів проводиланизка дослідників кафедри хімічної технології неорганічних речовин, каталізу та екології НТУ «ХПІ».

Нами було систематизовано одержані ними дані, результатом чого став чисельний масив, що зв'язує ступінь окиснення оксиду азоту (II) з такими параметрами, як тривалість процесу окиснення, початкові парціальні тиски оксиду азоту та кисню в газіі температура.

Подальша комп'ютерна математична обробка вказаного масиву даних дозволила одержати математичне рівняння виду:

$$\alpha = \frac{\beta}{1+\beta} \qquad (1)$$

де β – коефіцієнт, що є функцією $\beta = f(\tau, P(\mathrm{NO}), P(\mathrm{O_2}), T)$.

Отримане рівняння в явному вигляді зв'язує ступінь окиснення оксиду азоту (II) киснем з технологічними параметрами процесу, адекватно описує процес і може бути використане для проведення інженерних розрахунків з необхідною для цього точністю.

УДК 666.651

РАДІОПРОЗОРА КЕРАМІКА НА ОСНОВІ СИСТЕМИ $SrO – Al_2O_3 – SiO_2 – ZnO$

***М.С. ПРИТКІНА*[1*], *О.Ю. ФЕДОРЕНКО*[2]**

[1]*магістрант кафедри технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*

[2]*професор кафедри технології кераміки, вогнетривів, скла та емалей, докт. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*

[*]*email: evilpsycho@yandex.ua*

Головні обтічники для ЛА виготовляються з радіопрозорих матеріалів які служать для захисту корпусу апарату і радіотехнічних систем від електромагнітного та радіаційного випромінювання та забезпечують надійність керування та точність наведення на ціль. Відповідно, до радіопрозорих матеріалів пред'являються високі вимоги щодо їх термостійкості, щільності та міцності, тепловому розширенню, а також електрофізичних властивостей та їх стабільності в інтервалі робочих температур. Задачею досліджень є створення високоресурсних керамічних радіопрозорих матеріалів, здатних витримувати механічні та теплові навантаження, які відповідають експлуатації ЛА та зберігати задані діелектричні властивості ($tg\delta = 10^{-2} \div 10^{-5}$, $\varepsilon<10$).

У роботі розглянута можливість отримання радіопрозорої кераміки на основі системи $SrO – Al_2O_3 – SiO_2 – ZnO$ на основі славсоніту ($SrAl_2Si_2O_8$) та віллеміту (Zn_2SiO_4). Як відомо, славсоніт відрізняється високою температурою плавлення (1765 ºС), низькою діелектричною проникністю (ε = 6,2-6,8) і ТКЛР = $0{,}48 \cdot 10^{-6}$ $К^{1}$. Віллеміт плавиться при температурі 1512 °С та характеризується проникністю ε = 5,5 та ТКЛР=$3{,}5 \cdot 10^{-6}$ $К^{1}$[1, 2].

В ході експерименту досліджували три композиції, склад яких дозволяє оцінити вплив на фазовий склад та властивості кераміки відхилень від стехіометричного співвідношення фазоутворюючих оксидів для віллеміту та славсоніту. З урахуванням даних про умови утворення заданих фаз, вибрана температура синтезу радіопрозорої кераміки та досліджена можливість її зниження при використанні добавок мінералізаторів (TiO_2, B_2O_3, MgO, CaO, NaF, Li_2O). Також, досліджено вплив оксидів-мінералізаторів на електрофізичні та механічні властивості отриманих матеріалів.

Список літератури:

1. *Ромашин, А. Г.* Радиопрозрачные обтекатели летательных аппаратов. Проектирование, конструкционные материалы, технология производства, испытания / *А. Г. Ромашин, В. Е. Гайдачук, Я. С. Карпов, М. Ю. Русин.* // Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ». – 2003.

2. *Лисачук, Г. В.* Перспективные радиопрозрачные керамические материалы для ракетной и космической техники // *Г. В. Лисачук, Р. В. Кривобок, А. В. Захаров* // Вестник НТУ «ХПІ». – 2014. – № 28 (1071). – С. 72 –79.

УДК 66.097:661.566

ДОСЛІДЖЕННЯ ОКСИДУ ВУГЛЕЦЮ (IV) ТА ВОДЯНОЇ ПАРИ ЯК АГЕНТІВ ПАСИВАЦІЇ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНИХ КАТАЛІЗАТОРІВ КОНВЕРСІЇ СО

В.А. РІДНА[1*], І.О. СЛАБУН[2], В.А. МАРШАЛА[3], М.М. НОЗДРАЧОВ[4]

[1] магістрант кафедри ХТНР,К та Е, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА
[2]професор кафедри ХТНР,К та Е, канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА
[3]м.н.с. кафедри ХТНР,К та Е, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА
[4]с.н.с. кафедри ХТНР,К та Е, канд. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА
[*]email: i.a.slabun@gmail.com

Другий ступінь конверсії оксиду вуглецю (II) виробництва аміаку проводять на низькотемпературних оксидних мідь-цинк-алюмінієвих або мідь-цинк-хромових каталізаторах. Для переведення каталізаторів в активну форму їх відновлюють, воднем в інтервалі (140–230) °С. При цьому оксид міді (II) відновлюється до міді: $CuO + H_2 = Cu + H_2O + 76{,}54$ кДж.

Інші оксиди за даних температур не відновлюються. Відновлені каталізатори пірофорні, тому перед розкриттям апарата або за необхідності його перевантаження, їх пасивують [1]. За регламентом (агрегат АМ-76) пасивацію низькотемпературного каталізатора конверсії СО проводять киснем ($N_2 + O_2$) за поступовим підвищенням концентрації кисню до 5 % об. при температурі в шарі каталізатора не вище 65 °С. Тривалість пасивації декілька діб. Для низькотемпературних каталізаторів марок К-СО та СНК-2 [2] установлено, що пасивація кисневмісними сумішами починається при кімнатній температурі та перебігає з великою швидкістю. Метою досліджень було встановлення впливу попередньої обробки відновленого каталізатора сумішами CO_2 та водяною парою на подальшу пасивацію каталізатора кисневмісними сумішами.

Встановлено, що попередня обробка каталізатора марки СНК-2 при атмосферному тиску сумішами з концентрацією CO_2 об. д., %: 0,3; 0,5; 11 + N_2 (залишок) та 100 % CO_2, при t = 23; 45; (150-90) °С та сумішами з концентрацією H_2O об. д., %: 4,5; 49 + N_2 (залишок) при t = 45; (150-90) °С не впливає на швидкість його подальшої пасивації кисневмісними сумішами.

Таким чином, найбільш надійним агентом пасивації низькотемпературних каталізаторів конверсії СО порівняно з CO_2 та H_2O є кисень.

Список літератури:

1. Справочник азотчика: Физико-химические свойства газов и жидкостей. Производство технических газов…/ [2-е изд., перераб.]. – М.: Химия, 1986. – 512с.

2. *Кузнецов, Б. Н.* Формирование поверхности промышленного медь-цинк-хром-алюминиевого катализатора конверсии монооксида углерода водяным паром по данным РФЭС/ *Б. Н. Кузнецов, М. Г. Чудинов, А. М. Алексеев, В. И. Якерсон* // Кинетика и катализ. – 1995. – Т.36, №4. – С.581 – 585.

УДК 621.35

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ОРГАНИЗАЦИИ СОВРЕМЕННОГО ГАЛЬВАНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

***В.И. СЕНДЕЦКАЯ*[1*], *В.М. АРТЕМЕНКО*[2]**

[1] *магистрант кафедры технической электрохимии, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[2] *доцент кафедры технической электрохимии, канд. техн. наук НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[*] *email: a.maizelis@gmail.com*

Анализ данных системных исследований предприятий машиностроительной и приборостроительной промышленности показал, что по ресурсо-, энергоёмкости, неблагоприятному воздействию на окружающую среду гальваническое производство занимает одно из первых мест в промышленных центрах Украины, к которым относится и г. Харьков. Одной из причин является использование на большинстве предприятий данного профиля устаревших технологий и оборудования, что также отрицательно сказывается и на качестве продукции, и на условиях работы обслуживающего персонала. В связи с этим применение технологий нанесения гальванических покрытий и оборудования, отвечающих современным требованиям, назрело уже давно и является актуальным.

В данной работе сделана попытка решить некоторые проблемы организации современного гальванического производства на примере проекта участка для нанесения цинковых покрытий.

Выбор цинкования обусловлен тем, что этот процесс продолжает оставаться одним из самых распространенных в гальваностегии, так как цинковые покрытия обеспечивают надежную защиту от коррозии, имеют сравнительно низкую стоимость, поэтому участки цинкования имеются практически на каждом промышленном предприятии. Учитывая, что к цинковым покрытиям в настоящее время часто предъявляются также требования и декоративного внешнего вида, в качестве объекта исследований выбраны электролиты блестящего цинкования: из простых электролитов – хлоридный, из комплексных – аммиакатный и щелочной.

В результате проведенных исследований получены данные относительно качества покрытий, их защитных свойств, диапазона рабочих плотностей тока, зависимости катодных выходов по току от плотности тока, рассеивающей способности электролитов, на основании которых сделаны соответствующие рекомендации по применению указанных электролитов. Для реализации технологического процесса взамен устаревшего предложено использование оборудования из современных высококачественных полимерных материалов, которое изготовляется научно-производственным предприятием «Полимер-механика», г. Харьков.

УДК 621.039.7(075)

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДУ ДЕЗАКТИВАЦІЇ ІОНООБМІННИХ СМОЛ ВІД РАДІОНУКЛІДІВ

***А.М. СОЛОВЕЙ*[1*], *Г.Г. ТУЛЬСЬКИЙ*[2]**

[1] *магістрант кафедри технічної електрохімії, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[2] *завідуючий кафедрою технічної електрохімії, докт. техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*
[*] *email: tgg@kpi.kharkov.ua*

Рідкі радіоактивні відходи (РРВ) на ЧАЕС складаються, в основному, з кубового залишку, іонообмінних смол и перліту. Сумарна активність таких радіоактивних відходів оцінюється в 4,18E+05 ГБк (1,13E+4 Ки). Для приведення в стан, що дозволяє захоронення у приповерхневому сховищі, в теперішній час ці радіоактивні відходи поступають на завод з переробки рідких радіоактивних відходів для переробки та затвердіння. Іонообмінні смоли (ІОС) застосовуються на ЧАЕС для очистки технологічних середовищ від радіонуклідів і розчинених солей і являють собою полістирольні гранульовані катіоніти і аніоніти гелевої структури типу КУ-2-8 і АВ-17-8 або їхні закордонні аналоги. Відпрацьовані аніонообмінні і катіонообмінні смоли зберігаються в ємностях спільно. Усереднена характеристика ІОС на ЧАЕС (%) ^{137}Cs-67,15; ^{134}Cs-0,22; ^{60}Co-28,72; ^{90}Sr-3,91. Ці радіонукліди, що визначають радіоактивність теплоносіїв та рідких радіоактивних відходів АЕС, є довго живучими: ^{137}Cs ($T_{1/2}$ = 30,17 року), ^{134}Cs ($T_{1/2}$ = 2,06 року), ^{60}Co ($T_{1/2}$ = 5,27 року) і меншою мірою ^{90}Sr ($T_{1/2}$ = 30 років) [1, 2].

Найбільш перспективним методом дезактивації таких іонообмінних смол є їх регенерація спеціально підібраними розчинами, що забезпечують високу ступінь елюювання радіонуклідів [2, 3].

Основною задачею при розробці технології дезактивації таких іонообмінних смол є інтенсифікація процесу.

Регенерація ІОС – трудомісткий і витратний процес, при якому утворюються великі кількості вторинних РРВ у вигляді відпрацьованих дезактивуючих розчинів. Внаслідок цього на багатьох підприємствах регенерація та знешкодження ІОС не передбачені, і після виснаження обмінної ємності їх направляють на зберігання і далі на поховання.

В якості можливого вирішення проблеми переробки радіоактивних ІОС пропонується їх відмивання, із застосуванням для інтенсифікації процесу ультразвукових коливань. Ультразвукові коливання поширюються в середовищі водних розчинів спеціально підібраних реагентів.

Ультразвук давно використовують для інтенсифікації багатьох технологічних процесів – диспергування, емульгування, дегазації, локального нагріву. Однак найбільший ефект його застосування дає при очистці поверхонь від різних забруднюючих речовин, у тому числі, радіоактивних. Процес

заснований на явищі кавітації в рідинах, що сприяє відділенню і розчиненню забруднюючих плівок, активному підводу до поверхонь свіжих порцій дезактивуючого розчину, а також виникненню звуко-капілярного ефекту, що обумовлює проникнення розчину в найдрібніші пори. Останнє має особливе значення для дезактивації відпрацьованих ІОС. Джерелом низькочастотного (20 кГц) потужного ультразвуку служив кавітатор виробництва НВК «Медпромпрілад», м.Київ.

Відпрацьовані ІОС очищали порціями в три етапи по 15 хвилин із заміною розчинів на свіжі. Встановлено, що за один етап ультразвукової дезактивації зі смол ІР-100 витягується від 74 до 91 % активності (найбільша ефективність спостерігається на першому етапі), з смол ЮУ АЕС – від 92 до 97 % (ефективність дезактивації зростає з кожним етапом). Після очистки у зразках ІОС дослідницького реактора γ-випромінюючі радіонукліди не виявлені, в зразках ІОС системи СВО-5 зафіксована невисока залишкова активність ^{134}Cs.

Відпрацьовані дезактивуючі розчини, що представляють собою низькоактивні РРВ, утилізують будь-яким з відомих способів, переважно сорбцією на порошкових неорганічних сорбентах. В результаті такого технологічного процесу утворюється невеликий об’єм використаного сорбенту, який іммобілізують в цементну матрицю, і очищений дезактивуючий розчин для повторного використання після коректування складу. Розчин, одержаний при відмивки відпрацьованих ІОС, обробляють розчином нітрату натрію, підкисленого нітратною кислотою. Від ^{60}Co отриманий розчин нітратів очищують переводом кобальту у важкорозчинний гідроксид при pH = 6…8. Sr^+ та Cs^+ залишаються у розчині. $Co(OH)_2$ відділяється від розчину фільтруванням.

Розчин, що містить Sr^+ та Cs^+ підлужують до pH = 10…12 і пропускають через колони сорбції, в яких у якості сорбентів використовується гексаціаноферат (II) нікелю, закріплений на алюмосилікаті (силікагелі). Sr^+ та Cs^+ сорбуються силікагелем у вигляді комплексних іонів. Силікагель має високу радіаційну та термічну стійкість, фізико-хімічну стійкість і селективність. Розчини, які містять інші домішки, спрямовуються на випарювання і утилізуються шляхом цементування.

Для збільшення ступеня вилучення катіонів металів використовують ультразвукову обробку в реакторі вилуговування. Після 3-х кратної обробки ступінь вилучення радіоактивних елементів складає (%): ^{90}Sr – 99,98, ^{137}Cs – 98,85, ^{60}Co – 99,99.

Список літератури:

1. *Жерин, И. И.* Химия тория, урана, плутония: учебное пособие / *И. И. Жерин, Г. Н. Амелина* // Томск: изд-во ТПУ. – 2010. – 147 с.

2. Ядерные делящиеся материалы (практика обращения, обзор технологий, проблемы и перспективы // СпБ: ЭПЦ Беллона. – 2012. – 154 с.

3. *Синев, Н. М.* Экономика ядерной энергетики: основы технологии и экономики производства ядерного топлива. Экономика АЭС / *Н. М. Синев* // М: Энергоатомиздат. – 1987. – 480 с.

УДК 665.9

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ОСАЖДЕНИЕ НИОБИЕВЫХ ПОКРЫТИЙ

***Е.Н. ТАШЛИКОВИЧ*[1*]*, Л.В. ЛЯШОК*[2]

[1] *магистр кафедры технической электрохимии, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[2] *профессор кафедры технической электрохимии, канд. тех. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*
[*]*email: tashlikovich1994@mail.ru*

Электрохимическое нанесение однослойных и композиционных покрытий ниобием является перспективным направлением создания устройств и оборудования с различными уникальными характеристиками. Экономия металла, снижение веса изделия, придание ему нужной формы без механической обработки – это неполный перечень преимуществ использования металлических покрытий.

Целью работы являлась разработка методов осаждения ниобия на медную подложку из ионного расплава. Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

− исследовано химическое и электрохимическое растворение металлического ниобия в различных растворителях;

− выбран наиболее эффективный режим выщелачивания;

− осуществлен синтез соли K_2NbF_7;

− реализован метод осаждения ниобиевого покрытия: выбран состав ионного расплава, режим осаждения, исследованы свойства покрытий.

Для достижения коррозионной стойкости, покрытия должны быть беспористыми, мелкозернистыми, с высокой когезией между зернами и адгезией к основе.

Осаждение ниобиевых покрытий проводили в солевых расплавах эвтектического состава, % (масс): 1) LiF − 29, NaF − 12, KF – 59, 15-30 K_2NbF_7 (температура плавления 727 К); 2) NaF – 27,5; NaCl – 72,5; 15-30 % K_2NbF_7 (температура плавления 913 К). Электролиз вели при катодной плотности тока j_k= 2,5; 5,0; 10 А/дм^2 при температурах 700-900 °С. Толщина покрытия колебалась от 20 до 50 мкм.

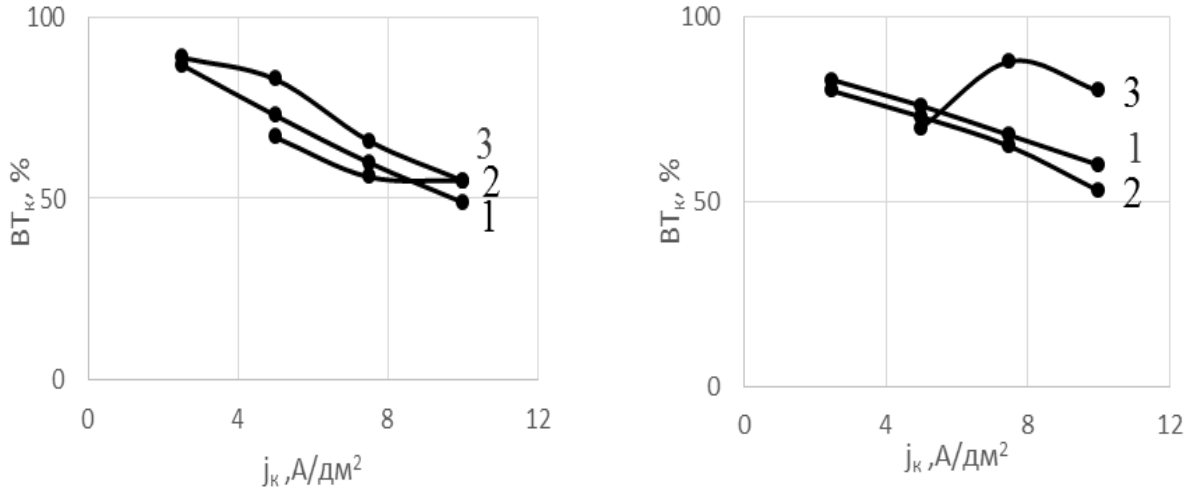
Хлоридно-фторидные расплавы более удобны в работе, так как они негигроскопичные, нелетучие, устойчивые против диспропорционирования и имеют равновесную валентность, близкую к максимальной.

Недостаточное обезвоживание фторида калия – сильно гигроскопичного соединения, приводит к осаждению пористых слоев ниобия. Поэтому в наших работах особое внимание было уделено обезвоживанию фторида калия и разработке электролитов на основе фторидов лития, натрия и калия с добавкой K_2NbF_7.

Свойства и структура ниобиевых покрытий определяются, главным образом, условиями электроосаждения: природой и составом электролита,

режимом электролиза (плотностью тока, температурой) и конструктивными особенностями электролизера.

Во всех применяемых электролитах при оптимальных температурах были получены компактные, без трещин и пор покрытия различной толщины.



а *б*

Рис. 1 – Влияние плотности тока на выход по току при осаждении ниобиевых покрытий в хлоридно-фторидном (*а*) и фторидном (*б*) электролитах с различным содержанием K_2NbF_7 (1 – 10 %; 2 – 15 %; 3 – 25 %).

Анализ полученных зависимостей показал, что увеличение концентрации ниобия в электролите позволяет вести процесс осаждения при более высоких плотностях тока. Оптимальной температурой для работы во фторидном расплаве является 750 °С.

Катодная плотность тока существенно влияет на качественные, количественные и внешние характеристики ниобиевых осадков. Снижение катодной плотности тока способствует повышению выхода по току и улучшению качества покрытия

Микрофотография поперечного шлифа образца свидетельствовала о том, что при небольших толщинах ниобий кристаллизуется на медной подложке в форме мелких зерен, которые по мере роста толщины осадка, укрупняются.

Таким образом, показана возможность элетроосаждения ниобия на меди при незначительной взаимной диффузии и отсутствием сплавообразования между покрытием и основой.

Список литературы:

1. *Антропов, Л. І.* Теоретична електрохімія / *Л. І. Антропов* // К.: Либідь. – 1994. – 544 с.

2. *Байрачний, Б. І.* Рідкісні розсіяні і благородні елементи. Технологія виробництва : підручник / *Б. І. Байрачний, Л. В. Ляшок* // Х.: НТУ «ХПІ». – 2007. – 288 с.

3. *Байрачний, Б. І.* Технічна електрохімія : підручник у 4-х ч. Ч. 4. Гідрометалургія / *Б. І. Байрачний, Л. В. Ляшок* // Х.: НТУ «ХПІ». – 2012. – 496 с.

УДК 669.292

ТЕХНОЛОГІЯ ОТРИМАННЯ СПОЛУК ВАНАДІЮ ТА МОЛІБДЕНУ З ВІДПРАЦЬОВАНИХ КАТАЛІЗАТОРІВ

***А.В. ХОЛОД*[1*], *Д.С. ЦАЛІНА*[1], *Г.І. ГРИНЬ*[3]**

[1] *магістрант кафедри хімічної технології неорганічних речовин, каталізу та екології, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*

[2] *професор кафедри хімічної технології неорганічних речовин, каталізу та екології, доктор техн. наук, НТУ «ХПІ», Харків, УКРАЇНА*

[*] *email: pnebudet2@mail.ru*

Ванадій, молібден та нікель знаходять широке використання в хімічній, металургійній та інших галузях промисловості. Через відсутність діючих підприємств з переробки рудної сировини, яка містить ванадій та молібден, Україна змушена імпортувати сполуки цих металів. Водночас, щорічно в нафтохімічній промисловості утворюється до 15000 т відпрацьованих нікель-молібденових каталізаторів, що використовуються в процесах гідроочищення нафти. Зазначені відпрацьовані каталізатори містять цінні компоненти в кількостях, достатніх для їх ефективного вилучення: вміст V_2O_5 досягає 7 %, MoO_3 – 3 %, NiO – 3 % і ці компоненти утворюють складні системи, які потребують додаткового дослідження. Через багатокомпонентний склад такої сировини в Україні відсутні технології переробки відпрацьованих каталізаторів нафтохімічної промисловості, котрі враховують усі екологічні та економічні вимоги до сучасних технологій.

Створення технології вилучення металів з відпрацьованих нікель-молібденових каталізаторів дозволить не тільки повернути ці компоненти у виробничий цикл, а й суттєво зменшити забруднення навколишнього середовища токсичними відходами. Фізико-хімічні властивості багатокомпонентних систем, що включають перехідні метали, практично повністю відсутні, тому вивчення хімізму та властивостей багатокомпонентних систем, що містять полівалентні та перехідні метали має актуальне наукове значення і дозволить розробити технологію переробки нікель-молібденових каталізаторів та поширити отримані закономірності на інші технології.

Фазовий склад відпрацьованого каталізатора при різних температурах випалу, ф = 60 хв наведений у табл. 1.

Таблиця 1 – Фазовий склад відпрацьованого каталізатора при різних температурах випалу, ф = 60 хв

Т, К	Фазовий склад
1	2
298	Al_2O_3, $V_{5.15}S_8$, V_5S_8, V_3S_4, $MoVS_4$
393	Al_2O_3,$V_{5.15}S_8$, V_5S_8, V_3S_4, $MoVS_4$

Продовження таблиці

1	2
573	γ-Al_2O_3, $V_{5.15}S_8$, $MoVS_4$
773	γ-Al_2O_3 , $MoV_2O_{7.5}$, V_xO_y
973	γ-Al_2O_3, $Ni_{0.5}V_6O_{15}$, $(Ni, Mo)_xV_xV_{6-x}O_{15}$
1073	γ-Al_2O_3, $Ni_{0.5}V_6O_{15}$, $(Ni, Mo)_xV_xV_{6-x}O_{15}$

Оптимальна температура процесу випалу складає 773 – 873 К, а розмір часток каталізатору повинен бути не більше 0,5 мм. Температура випалу повинна підтримуватися в інтервалі 773 – 873 К, тому що утворення оксидів металів проходить при температурах не нижче 773 К, а при температурах вищих 873 К можлива сублімація MoO_3. При розчиненні V_2O_5 і NH_4VO_3 у водних розчинах аміаку концентрація ванадію (в перерахунку на V_2O_5) практично не відрізняється. Експериментальна максимальна концентрація складає 22 г/дм^3 (в перерахунку на V_2O_5) при вмісті аміаку в розчині 60 г/дм^3. Розчинність сполук молібдену у водних розчинах аміаку та у воді при концентрації аміаку до 60 г/дм^3 є максимальною і становить 400 г/дм^3. Процес розчинення MoO_3 у розчинах аміаку багатостадійний: на першій стадії концентрація MoO_3 у розчині може досягати 400 г/дм^3, на другій стадії, яка триває 10 хв, концентрація зменшується в 1,7 рази, що пов'язано з утворенням полімолібдатів та на третій стадії стабілізується значення концентрації MoO_3 у розчині на рівні 150 г/дм^3.

Запропоновано принципову технологічну схему та основне обладнання для отримання сполук ванадію та молібдену з відпрацьованих каталізаторів.

На підставі розрахунку матеріальних потоків запропонованої технологічної схеми та запропонованого обладнання розраховано техніко-економічні показники виробництва. При потужності виробництва 200 т на місяць з вартістю обладнання близько 1,7 млн. грн. прибуток складає 2663 грн. на 1 т переробленого каталізатору або 5859568 грн/рік.

Список літератури:

1. *Гринь, Г.И.* Изучение процесса удаления органических веществ из отработанных Ni-Мокатализаторов / *Г.И.Гринь, П.А.Козуб, Н.Н.Дробоног*// Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» – Харків: НТУ «ХПІ». – 2003. –Т.1, № 11. – С. 45–48.

2. *Гринь, Г.И.* Исследование растворения соединений молибдена различной степени окисления в водних растворах/ *Г.И. Гринь, П.А. Козуб, Н.Н. Дробоног*// Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» – Харків: НТУ «ХПІ». – 2004. – №13. – С. 93–96.

3. *Козуб, П.А.*Термическаяобработкаотработанных Ni-Mo катализаторов/ *П.А. Козуб, Г.И. Гринь, Н.Н. Дробоног*// Восточно-Европейский журнал передових технологий. – Харьков. – 2005. – № 3/2 (15). – С.110–114.

4. *Гринь, Г.И.* Исследование процесса извлечения соединений ванадия из вторичного сырья аммиачными растворами/ *Г.И. Гринь, П.А. Козуб, Н.Н. Дробоног*// Інтегровані технології та енергозбереження. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2005. – №3. – С.70–74.

УДК 666.651

РАДИОПРОЗРАЧНЫЕ КЕРАМИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ АЛЮМОСИЛИКАТОВ СТРОНЦИЯ И БАРИЯ

***Е.В. ЧЕФРАНОВ*[1*], *Е.Ю. ФЕДОРЕНКО*[2]**

[1] *магистрант кафедры технологии керамики, огнеупоров, стекла и эмалей, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[2] *профессор кафедры технологии керамики, огнеупоров, стекла и эмалей, докт. техн. наук, НТУ «ХПИ», Харьков, УКРАИНА*

[*]*email: eugene@chefranov.name*

Главные антенные обтекатели являются одним из важных элементов конструкции летательных аппаратов, которые в значительной степени определяют аэродинамические характеристики, надежность навигации с земли и точность наведения на цель. Для производства обтекателей используют радиопрозрачные материалы, которые являются диэлектриками и отражают не более 1 % электромагнитного потока. Радиопрозрачность обеспечивается малыми диэлектрическими потерями материала ($tg\delta = 10^{-2} \div 10^{-5}$, $\varepsilon < 10$) и низким значением коэффициента отражения радиоволн.

К радиопрозрачным материалам предъявляется комплекс требований по стабильности диэлектрических свойств в диапазоне рабочих температур (~2000 °С), огнестойкости, термостойкости, эрозионной стойкости, а также стабильности в условиях длительной эксплуатации при воздействии ионизирующих излучений и сверхвысокого вакуума.

Как перспективные материалы в этом направлении рассматривается керамика на основе славсонита и цельзиана. Так, цельзиановая керамика характеризуется диэлектрической проницаемостью ($\varepsilon = 6,5$), ТКЛР = $(2,1 \div 2,2) \cdot 10^{-6}$ K^{-1} и температурой плавления 1650°С. Славсонитовая керамика отличается стабильно низкой диэлектрической проницаемостью и незначительными диэлектрическими потерями в широком интервале температур [1].

В лабораторных условиях изготовлена серия образцов, состав которых отвечает стехиометрическому соотношению фазообразующих оксидов в составе заданных фаз ($SrAl_2Si_2O_8$ и $BaAl_2Si_2O_8$). Проведены исследования, в результате которых установлено, что для обеспечения заданного уровня диэлектрических характеристик цельзиановой и славсонитовой керамики необходимо использование технического сырья, свободного от примесей, а также установлены технологические параметры обжига изделий, которые обеспечивают максимальное уплотнение материала и формирование заданного фазового состава.

Список литературы:

1. *Михеев, С.В.* Керамические и композиционные материалы в авиационной технике / *С. В. Михеев, Г. Б. Строганов, А. Г. Ромашин //* Альтекс. – 2002. – 275 с.

Наукове видання

X Міжнародна науково-практична студентська конференція магістрантів

(05–08 квітня 2016 року)

Матеріали конференції

У трьох частинах

Частина 2

Відповідальний за випуск *к.т.н., доц. Томашевський Р.С.*
Комп'ютерна верстка *к.т.н. Грабовський А.В.*
Дизайн *к.т.н., доц. Заковоротний О.Ю.*

Матеріали тез надані в авторській редакії

Підп. До друку 11.03.2016р. Формат 60х84 1/16. Папір офісний.
Riso-друк. Гарнітура Таймс. Ум. друк. арк. 15,11.
Наклад 100 пр., 1-й з-д 1-34. Зам. № 41. Ціна договірна.

Видавець і виготовлювач
Видавничий центр НТУ «ХПІ»
вул. Фрунзе, 21, м. Харків-2, 61002,

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3657 від 24.12.2009 р.