

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
Навчально-науковий інститут енергетики, автоматики і
енергозбереження



**Проблеми сучасної енергетики і автоматики
в системі природокористування**
(теорія, практика, історія, освіта)

Матеріали
Міжнародної
науково-технічної конференції
м. Київ, 14-18 листопада 2016 р.

**Проблемы современной энергетики и автоматики в системе
природопользования**
(теория, практика, история, образование)

Материалы
Международной
научно-технической конференции
г. Киев, 14-18 ноября 2016 г.

**Problems of modern power engineering and automation in the
system nature management**
(theory, practice, history, education)

Proceedings of the
International
Scientific-Technical Conference Kiev, 14-18 of November, 2016

Київ 2016

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
Навчально-науковий інститут енергетики, автоматики і
енергозбереження

**Проблеми сучасної енергетики і автоматики
в системі природокористування
(теорія, практика, історія, освіта)**

Матеріали
Міжнародної науково-технічної конференції
м. Київ, 14-18 листопада 2016 р.

**Проблемы современной энергетики и автоматики в системе
природопользования
(теория, практика, история, образование)**

Материалы
Международной научно-технической конференции
г. Киев, 14-18 ноября 2016 г.

**Problems of modern power engineering and automation in the
system nature management
(theory, practice, history, education)**

Proceedings of the
International Scientific-Technical Conference
Kiev, 14-18 of November, 2016

Київ 2016

УДК 621+536

Голова організаційного комітету конференції

Козирський В.В., директор ННІ енергетики, автоматики і енергозбереження Національного університету біоресурсів і природокористування України, д.т.н., професор, Заслужений діяч науки і техніки України

Співголови організаційного комітету конференції

Жильцов А.В., завідувач кафедри електричних машин і експлуатації електрообладнання Національного університету біоресурсів і природокористування України, д.т.н., доцент

Відповідальний секретар оргкомітету

Мірських Г.О., к.т.н., доцент, Україна

Секретарі оргкомітету конференції

Васюк В.В., асистент, Україна

Ликтей В.В., лаборант, Україна

Члени організаційного комітету

Кондратенко І.П., д.т.н., член-кореспондент, Україна; Яцкевич Ю. (Yatskevych Yu.), PhD, професор, Канада; Єрошенко Г.П., д.т.н., професор, Росія

Проблеми сучасної енергетики і автоматик в системі природокористування: Матеріали наук.-техн конф., м. Київ 14-18 листопада /
У збірнику містяться матеріали доповідей, що розглядають проблеми сучасної енергетики і автоматики в системі природокористування (теорія, практика, історія, освіта)
Видання розраховане на науковців, аспірантів, студентів.

©НУБіП 2016

ЗМІСТ

СЕКЦІЯ 1.	
ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЇ В БІОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМАХ	12
ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОДНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ НАСІННЯ СТРІЧКОВИМ КОНВЕЄРОМ У ПОЛІ КОРОННОГО РОЗРЯДУ <i>(Герасимчук Ю.В., Берлінець Ю.М., Сахневич В.Г.)</i>	12
ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЇ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ <i>(Гулевський В.Б., Ковальов О.В.)</i>	14
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ СВІЛОТЕХНІЧНИХ УСТАНОВОК <i>(Червінський Л.С., Сторожук Л.О.)</i>	16
ОСОБЛИВОСТІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ АВТОНОМНИХ СОНЯЧНИХ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ <i>(Сиротюк В.М., Сиротюк С.В.)</i>	17
ЕНЕРГЕТИЧНА ОЦІНКА ВИКОРИСТАННЯ АЕРОІОННОЇ ОБРОБКИ В СХОВИЩАХ РОСЛИННОЇ ПРОДУКЦІЇ З СОКОВИТИМИ ТКАНИНАМИ <i>(Музиченко В.А.)</i>	19
PRIMARY MECHANISM OF ACTION OF OPTICAL RADIATION ON LIVING ORGANISMS <i>(L.S. Chervinsky, L.O. Storozhyk)</i>	20
ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНА СИСТЕМА ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ НА БАЗІ МАЛОГАБАРИТНОГО ҐРУНТООБРОБНОГО МОТОБЛОКУ <i>(Ковальов О.В., Гулевський В.Б.)</i>	21
ОБРОБКА НАСІННЯ ЗЕРНОВОГО МАТЕРІАЛУ У ХМАРІ ЗАРЯДЖЕНОГО АЕРОЗОЛЮ <i>(Новіков Г.В., Діордієв В.Т.)</i>	23
БЕЗКОНТАКТНЕ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ АПАРАТУ «ШТУЧНЕ СЕРЦЕ» <i>(Олійник В.П., Телічко Д.В.)</i>	25
ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ЕНЕРГІЇ НА ПРОЦЕСИ РОСТУ ПРОДУКЦІЇ РОСЛИННИЦТВА <i>(Іноземцев Г.Б.)</i>	27
РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ВИЗНАЧЕННЯ ПРОСТОРОВОЇ ФОТОСИНТЕЗНОЇ ОПРОМІНЕНОСТІ <i>(Луцак Я.М., Червінський Л.С.)</i>	29
МЕТОД ПРОГНОЗУВАННЯ ЛЕЖКОСТІ РОСЛИННИХ ПРОДУКТІВ З СОКОВИТИМИ ТКАНИНАМИ <i>(Окушко О.В.)</i>	31
ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНИХ РЕЖИМІВ ФОТОСИНТЕЗНОГО ОПРОМІНЕННЯ <i>(Бойко А.М., Червінський Л.С.)</i>	33

СЕКЦІЯ 2. ПРОЦЕСИ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМАХ. ПРОЦЕСИ ТА СИСТЕМИ ПЕРЕТВОРЕННЯ ЕНЕРГІЇ ВІДНОВЛЮВАНИХ І НЕТРАДИЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ	35
ЕНЕРГООЩАДНІ СХЕМНІ РІШЕННЯ В РОЗПОДІЛЬНИХ МЕРЕЖАХ <i>(Мірошник О.О., Демура Є.В., Сивенко М.М.)</i>	35
ЕНЕРГОЄМНІСТЬ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ ПОСІВНОГО ЗЕРНА НА ЗЕРНОПУНКТАХ <i>(Постнікова М.В.)</i>	37
АНАЛІЗ ПРАКТИКИ ОЦІНЮВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ РОЗПОДІЛЬНИХ МЕРЕЖ <i>(Трунова І.М.)</i>	39
ОЦІНКА СТІЙКОСТІ ЕЛЕКТРОПРИВОДА ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ПОТОКОВИХ ЛІНІЙ БІОГАЗОВИХ УСТАНОВОК <i>(Подобайло В.Г., Потапенко М.В., Гайдукевич С.В., Шаріонь В.Л.)</i>	41
РЕКОНСТРУКЦІЯ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПРИ НАЯВНОСТІ НЕВИЗНАЧЕНОСТЕЙ <i>(Подобайло В.Г., Потапенко М.В., Стрільчук Р.О.)</i>	43
МЕТОДИКА ОПТИМІЗАЦІЇ КОМПОНЕНТІВ КОМБІНОВАНОЇ СИСТЕМИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ З АЛЬТЕРНАТИВНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ <i>(Дудніков С.М., Чумак Д.А.)</i>	45
СЕКЦІЯ 3. SMART GRID ТЕХНОЛОГІЇ В СИСТЕМАХ ЕНЕРГОЖИВЛЕННЯ	47
ПЕРСПЕКТИВА РОЗВИТКУ РОЗПОДІЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ В УКРАЇНІ <i>(Мороз О.М., Попадченко С.А., Пазій В.Г.)</i>	47
ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ <i>(Питолін В.Е.)</i>	49
ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО МЕТОДИКИ ОПТИМАЛЬНОГО РОЗМІЩЕННЯ ДЖЕРЕЛ РОЗПОДІЛЕНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ ТА ЙОГО ПОТУЖНОСТІ В РОЗПОДІЛЬНІЙ ЕЛЕКТРИЧНІЙ МЕРЕЖІ <i>(Кожан Д.П.)</i>	51
СЕКЦІЯ 4. РЕЛЕЙНИЙ ЗАХИСТ ТА АВТОМАТИКА РОЗПОДІЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ	54
ЗАСТОСУВАННЯ АЛГОРИТМІВ ТА МЕТОДІВ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ <i>(Бунько В.Я.)</i>	54

СЕКЦІЯ 5. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ, РОБОТОТЕХНІКА І АВТОМАТИКА У ПРИРОДОКОРИСТУВАННІ	56
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОЗДАНИИ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ БИОНИЧЕСКИХ ПРОТЕЗОВ <i>(Кулиш С.Н.)</i>	56
ГЕОМЕХАТРОННИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ГЕОМЕХАНІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ВНУТРІШНЬОГО КОНТУРУ ВИРОБКИ <i>(Шевчук С.П., Зайченко С.В., Ваннічна В.В.)</i>	58
АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА БЕЗОПАСНОСТИ <i>(Волошин Ю.А.)</i>	60
МОДЕЛЮВАННЯ ТА СИМУЛЯЦІЯ РАДІОКЕРОВАНИХ ВБУДОВАНИХ СИСТЕМ <i>(Головін В.А.)</i>	61
ДІАГНОСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ У РОСЛИННИЦТВІ ЗАКРИТОГО ҐРУНТУ МАЛИХ ПІДПРИЄМСТВ <i>(Каишкар'єв А.О.)</i>	62
АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ВИПАЛЮВАННЯ ВУГЛЕГРАФІТОВИХ ВИРОБІВ <i>(Коротинський А.П., Жученко О.А.)</i>	64
АППАРАТНЫЕ СРЕДСТВА УПРАВЛЕНИЯ ОТОПИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМОЙ <i>(Яценко С.А.)</i>	66
НЕЧІТКІ ШТУЧНІ НЕЙРОННІ МЕРЕЖІ І ЇХ ВИКОРИСТАННЯ В ЗАДАЧАХ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ <i>(Жильцов А.В., Єрошенко Г.П.)</i>	67
CONSTRUCTION PRINCIPLES OF CONTROL SYSTEMS WITH NEURAL NETWORKS <i>(Dudnyk A.O.)</i>	69
ОСОБЛИВОСТІ ВІДМОВ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ <i>(Реутська Ю.Ю., Мірських Г.О., Stinen O.)</i>	71
ОСОБЛИВОСТІ ОБЧИСЛЕННЯ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ <i>(Реутська Ю.Ю., Мірських Г.О., Волюченко А.Г.)</i>	73
МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СУШАРКИ У ПРОЦЕСІ ОЧИЩЕННЯ МАСЕЛ АДСОРБЕНТАМИ <i>(Ярошук Л.Д., Тюріна Є.О.)</i>	75
ЗМІСТОВНА СТРУКТУРА ПОНЯТТЯ БЕЗПЕКИ ПРОГРАМНО- ТЕХНІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ <i>(Реутська Ю.Ю., Мірських Г.О.)</i>	77

ВИКОРИСТАННЯ ЛАЗЕРНОЇ СПЕКТРОФЛУОРИМЕТРІЇ ДЛЯ ОЦІНКИ РОСТУ І РОЗВИТКУ ОВОЧЕВИХ КУЛЬТУР <i>(Кожем'яко Я.В.)</i>	79
АЛГОРИТМ СИНТЕЗУ ШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ НА ПІДСТАВІ КОНСЕРВАТИВНИХ БЛОКІВ <i>(Жильцов А.В., Berndsmen Dr.)</i>	80
СЕКЦІЯ 6. ТЕОРЕТИЧНА ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОФІЗИКА	82
ВПЛИВ П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНОГО ЕФЕКТУ НА ВЛАСТИВОСТІ ЗВОРОТНИХ ХВИЛЬ ЛЕМБА У ПЛАСТИНАХ КУБІЧНИХ КРИСТАЛІВ <i>(Ільїн П.П.)</i>	82
ДОСЛІДЖЕННЯ ПООДИНОКИХ РОЗРЯДІВ В ПОВІТРЯНИХ ПРОМІЖКАХ <i>(Кривда В.І., Переста В.В.)</i>	84
ЛЮМІНЕСЦЕНЦІЯ ПОДВІЙНИХ ФОСФАТІВ ЦИНКУ / МАНГАНУ <i>(Бойко В.В., Гоменюк О.В., Неділько С.Г.)</i>	86
НАПІВПРОВІДНИКОВІ СЕНСОРИ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ВИТОКУ ХОЛОДОАГЕНТІВ - ФРЕОНІВ <i>(Бойко В.В., Булах Г.І., Гуменюк Я.О., Ільїн П.П., Малюта М.В.)</i>	87
ОБҐРУНТУВАННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА В ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНІЙ СИСТЕМІ ДЛЯ ЕЛЕКТРОДИНАМІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ <i>(Жильцов А.В., Васюк В.В.)</i>	88
СИНХРОТРОННЕ ВИПРОМІНЮВАННЯ ПРИСКОРЮВАЧА DESY ТА ЙОГО ВИКОРИСТАННЯ В ОПТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ <i>(Бойко В.В., Неділько С.Г.)</i>	89
АЛГОРИТМ ОБРАБОТКИ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ПОЛЯРИМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ СВЕТОВЫХ ПОТОКОВ В ПОЛЯРИМЕТРАХ С ВРАЩАЮЩИМСЯ ПОЛЫМ РОТОРОМ <i>(Видьмаченко А.П.)</i>	90
ТЕМПЕРАТУРНА ЗАЛЕЖНІСТЬ ЕЛЕКТРООПОРУ НЕВПОРЯДКОВАНИХ СПЛАВІВ ПРИ ВРАХУВАННІ ЕЛЕКТРОН-ФОНОННОЇ ВЗАЄМОДІЇ <i>(Годлевська О.О.)</i>	92
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТАНДАРТНОЙ ADVANTECH PCL-830 ПЛАТЫ В СИСТЕМЕ ОБРАБОТКИ ПОЛЯРИМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ С ПОЛЯРИМЕТРОМ, ИМЕЮЩИМ ВРАЩАЮЩИЙСЯ ПОЛЫЙ РОТОР <i>(Видьмаченко А.П., Неводовский П.В.)</i>	94

ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНА СИСТЕМА ДЛЯ ЕЛЕКТРОДИНАМІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ <i>(Жильцов А.В., Васюк В.В.)</i>	96
МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ АНАЛІЗУ РЕЖИМІВ РОБОТИ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ ГОЛОВНИХ ЦИРКУЛЯЦІЙНИХ ПОМП ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА ВВЕР-1000 АТОМНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ <i>(Василів К.М., Василенко В.В.)</i>	98
ВЕКТОРНИЙ АНАЛІЗ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПРОЦЕСІВ ЗВАРЮВАЛЬНОГО ТРАНСФОРМАТОРА <i>(Брагіда М.В.)</i>	99
МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ВЕНТИЛЬНОЇ СИСТЕМИ ЗБУДЖЕННЯ СИНХРОННОГО ТЕРБОГЕНЕРАТОРА <i>(Василів К.М., Василенко В.В.)</i>	101
ВДОСКОНАЛЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ РОЗРАХУНКУ ХАРАКТЕРИСТИК МАГНІТНОГО ПОЛЯ У ВЕНТИЛЬНОМУ ЕЛЕКТРОДВИГУНІ З ЗАКРИТИМИ ПАЗАМИ З УРАХУВАННЯМ НЕЛІНІЙНОГО ХАРАКТЕРУ МАГНІТНОЇ ПРОНИКЛИВОСТІ <i>(Жильцов А.В., Романов В.П., Ликтей В.В.)</i>	102
СЕКЦІЯ 7. ЕЛЕКТРИЧНІ МАШИНИ ТА АПАРАТИ	105
ОБЕРТАЛЬНА СИСТЕМА ВІДЛІКУ В ТЕОРІЇ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА <i>(Більмак Т.С., Чернишев В.І.)</i>	105
УДОСКОНАЛЕННЯ ЕКРАНУВАННЯ НАДПРОВІДНОГО ІНДУКТИВНО-РЕЗИСТИВНОГО СТРУМООБМЕЖУВАЧА <i>(Гончаров Є.В.)</i>	107
ВПЛИВ КОНФІГУРАЦІЇ МАГНІТНОЇ СИСТЕМИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МАШИНИ З ПОСТІЙНИМИ МАГНІТАМИ <i>(Гребеніков В.В., Приймак М.В.)</i>	109
ВИКОРИСТАННЯ ЗАСОБІВ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ДВИГУНА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ В ЛАБОРАТОРНОМУ ПРАКТИКУМІ З ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ <i>(Корюков С.В.)</i>	111
ПЕРЕВАГИ ВПРОВАДЖЕННЯ РЕГУЛЬОВАНИХ БЕЗДАТЧИКОВИХ ЕЛЕКТРОПРИВІДІВ В ХОЛОДИЛЬНІЙ ТЕХНІЦІ <i>(Толбатов А.В., Балаховський Є.С., Нестеренко О.Д.)</i>	113
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВОСТРЕБОВАННОСТИ РАЗНЫХ ТИПОВ ГЕНЕРАТОРОВ С УЧЕТОМ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ <i>(Шевченко В.В., Строкоус А.В.)</i>	115

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДВИГАТЕЛЕЙ С ПОЛЫМ РОТОРОМ ДЛЯ МОДУЛЯТОРА СВЕТОВОГО ПОТОКА В ПОЛЯРИМЕТРАХ (<i>Видьмаченко А.П., Неводовский П.В.</i>)	117
СПОСОБИ ОЦІНКИ ТЕРМІНУ СЛУЖБИ КОНТАКТІВ (<i>Мрачковський А.М.</i>)	119
СОЗДАНИЕ И ИЗМЕРЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКОГО МОМЕНТА НА ВАЛУ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ПРИ ЕГО ИСПЫТАНИИ (<i>Авдейко В.П., Вершинин А.С.</i>)	121
ЕЛЕКТРОПЛАСТИЧНИЙ ЕФЕКТ ЯК СПОСІБ ЗНИЖЕННЯ ЗАЛИШКОВИХ НАПРУЖЕНЬ (<i>Васюк В.В.</i>)	123
ГАЗОДИНАМІЧНІ І ТЕМПЕРАТУРНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕПЛООВОГО АПАРАТУ ІНДУКЦІЙНОГО ТИПУ ДЛЯ НАГРІВАННЯ ПОВІТРЯНОГО ПОТОКУ (<i>Березюк А.О.</i>)	124
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОСТОЯННОЙ НАГРЕВА. КРИТЕРИЙ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ БОЛТОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ (<i>Кривонос В.Е., Азархов А.Ю., Шайко-Шайковский А.Г.</i>)	126
ГАРМОНІЧНИЙ СКЛАД ВИХІДНОЇ НАПРУГИ РЕГУЛЯТОРА З ШІП ПРИ РОБОТІ НА АКТИВНЕ НАВАНТАЖЕННЯ (<i>Санченко О.В., Голодний І.М.</i>)	127
THE DEVELOPMENT OF TECHNICALLY ENERGY-EFFICIENT ELECTRICAL COMPLEX FOR DRYING BULK MATERIALS BASED ON INDUCTION TYPE HEAT GENERATOR (<i>Zhiltsov A., Bereziuk A.</i>)	129
ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТЕПЛОГЕНЕРАТОРА ІНДУКЦІЙНОГО ТИПУ ДЛЯ СУШІННЯ ЗЕРНОВИХ (<i>Березюк А.О.</i>)	130
РОЗРАХУНОК ТЕПЛООВОГО ПОЛЯ І ВИХІДНОЇ ТЕМПЕРАТУРИ ГЕНЕРАТОРА ТЕПЛА ІНДУКЦІЙНОГО ТИПУ (<i>Березюк А.О.</i>)	132
КЛАСИФІКАЦІЯ ЗАЛИШКОВИХ НАПРУЖЕНЬ (<i>Кондратенко І.П., Жильцов А.В., Васюк В.В., Тратак С.Н.</i>)	134
THE ELECTROMAGNETIC FIELD OF THE THREE-PHASE CYLINDRICAL INDUCTOR WHICH IS POWERED BY A FREQUENCY CONVERTER IN NON-STATIONARY MODES (<i>Zhiltsov A., Bereziuk A.</i>)	136
ПОВЕРХНЕВІ ПЛІВКИ НА ЕЛЕКТРИЧНИХ КОНТАКТАХ (<i>Мрачковський А.М.</i>)	137
ВИЗНАЧЕННЯ ВЕЛИЧИНИ ЕРОЗІЇ КОНТАКТІВ АПАРАТІВ КЕРУВАННЯ І ЗАХИСТУ (<i>Коробський В.В., Мрачковський А.М.</i>)	139

ПРОГНОЗУВАННЯ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРОПРИЛАДІВ (Щепотьєв О.І., Жильцов А.В., Васюк В.В., Свиридов Д.О.)	140
ВІДНОВЛЕННЯ І ЗМІЦНЕННЯ КОНТАКТІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ АПАРАТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ (Коробський В.В., Щербатов Д.С.)	142
РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗВАРЮВАЛЬНОГО ТРАНСФОРМАТОРА (Брагіда М. В.)	143
СЕКЦІЯ 8. ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКА	146
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ГЕНЕРАЦІЇ 3D-СІТКИ ПРОМИСЛОВОЇ ТЕПЛИЦІ МЕТОДОМ КІНЦЕВИХ ЕЛЕМЕНТІВ В ANSYS MESHING (Троханяк В.І., Куляк Б.В., Решетюк В.М.)	146
СЕКЦІЯ 9. ЕНЕРГЕТИЧНИЙ АУДИТ І МЕНЕДЖМЕНТ	148
ОСОБЛИВОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ ПОТЕНЦІАЛУ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЧЕРЕЗ ЗАПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ (Горбань В.Б.)	148
К ВОПРОСУ МОНИТОРИНГА ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ КРАНОВ (Неженцев А.Б.)	150
ЭНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ ИСТОРИЧЕСКОЙ ЗАСТРОЙКИ ОДЕССЫ (Постернак И.М., Постернак С.А.)	152
ЕЛЕКТРИЧНА ЗНОСОСТІЙКІСТЬ ЯК ФАКТОР ЕФЕКТИВНОЇ РОБОТИ ТРАНСФОРМАТОРА (Мархонь М.В.)	154
СЕКЦІЯ 10. ІСТОРІЯ ТА ФІЛОСОФІЯ НАУКИ І ТЕХНІКИ. МЕТОДОЛОГІЯ ВИЩОЇ ТЕХНІЧНОЇ ОСВІТИ	155
СУТНІСТЬ ТА ПРОБЛЕМИ МЕТОДОЛОГІЇ СИСТЕМНОГО НАВЧАННЯ (Кіндер М.В.)	155
САМОСТІЙНА РОБОТА ЯК ЧАСТИНА НАВЧАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ СТУДЕНТА (Нестерчук Д.М.)	161
ВИНИКНЕННЯ ІНЖЕНЕРНОЇ ОСВІТИ (Оберська Н.В., Михайлишин М.С.)	163
РОЛЬ ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ ПРИ ПІДГОТОВЦІ ВИСОКОКВАЛІФІКОВАНИХ СПЕЦІАЛІСТІВ (Піддуній В.О., Піддубний А.О.)	165

СТВОРЕННЯ ЕЛЕКТРОННОГО НАВЧАЛЬНОГО КУРСУ З ДИСЦИПЛІНИ ФІЗИКА З ВИКОРИСТАННЯМ ПЛАТФОРМИ ДИСТАНЦІЙНОЇ ОСВІТИ MOODLE <i>(Гуменюк Я.О.)</i>	167
ЗДОРОВИЙ СПОСІБ ЖИТТЯ ЯК ФАКТОР УСПІШНОСТІ СТУДЕНТА <i>(Ковтун П.М.)</i>	168
ЩОДО ЯКОСТІ ВИЩОЇ ІНЖЕНЕРНОЇ ОСВІТИ <i>(Лут М.Т.)</i>	169
ПОЗИЦІОНУВАННЯ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ ЗНАНЬ В ТЕХНІЧНИХ ДИСЦИПЛІНАХ У КОНТЕКСТІ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ <i>(Несторук Н.А.)</i>	171

СЕКЦІЯ 1.
ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЇ В БІОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМАХ

**ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОДНОЇ СИСТЕМИ
ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ НАСІННЯ СТРІЧКОВИМ КОНВЕЄРОМ У
ПОЛІ КОРОННОГО РОЗРЯДУ**

*Герасимчук Ю.В., к.т.н., с.н.с., зав. відділу; Берлінець Ю.М., наук.
співроб.; Сахневич В.Г., пров. інж.*

*Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації
сільського господарства» НААН України,
смт. Глеваха, Україна.
ger_yuri@mail.ru*

На показники якості насіння впливає рівень його травмування. Згідно досліджень проведених в Миронівському інституті пшениці імені В.М. Ремесла [1] у господарствах України травмування насіння становить 50 – 60 %, а подекуди 70 – 90 %. Високий рівень травмування насіння в процесах післязбиральної та передпосівної обробки спричинений наявністю великої кількості транспортуючих засобів для переміщення посівного матеріалу. Це насамперед норії, скребкові транспортери, шнеки, пневмотранспортери. На їх долю припадає до 80 % зерна травмованого при післязбиральному та передпосівному обробленні [2]. Для усунення травмування насіння у процесі транспортування запропоновані ощадні норії [3], які мають вертикальну та нахилену ділянки транспортування зерна. Ковші замінені на лотки відкритого типу, а швидкість руху лотків регулюється. Встановлений пневмопристрій для повернення насіння, що просипалося при завантаженні. Відомий гвинтовий конвеєр [4] на робочій поверхні гвинта якого, встановлена накладка із резинового матеріалу. Однак, використання таких засобів тільки частково зменшує травмування насіння в процесах передпосівної підготовки тому, що не усувається основна причина травмування – це механічна взаємодія окремих зернівок з ребрами робочих органів транспортуючих засобів. Встановлена можливість використання електричного поля, як складового елемента для сортування насінневого матеріалу та його транспортування вантажно-вивантажувальними пристроями робочих машин [5]. При цьому, суттєве зменшення травмування у процесі переміщення посівного матеріалу відбувається завдяки використанню стрічкового конвеєра та силової дії електричного поля коронного розряду, яка утримує насінневу масу на висхідній частині стрічки.

Мета досліджень. Визначити раціональні параметри вістрьової електродної системи з урахуванням силової дії поля коронного розряду на насіння для його переміщення стрічковим конвеєром.

Результати досліджень. Для визначення раціональних параметрів вістрьової електродної системи були проведені двохфакторні експерименти з використанням похилої площини розташованої під кутом 60° та насіння пшениці і ячменю. Як фактори приймалися основні параметри електродної системи – відстань між вістрями коронуючого електроду d , м, та висота їх розташування h , м. Функція відгуку – питома потужність електродної системи, яка необхідна для утримання насіння на похилій площині. Інтервали і рівні варіювання досліджуваних факторів на основі аналізу експериментальних даних попередньо проведених досліджень приймалися такими:

- відстань між вістрями коронуючих електродів, d – 0,02 м, 0,05 м, 0,08 м;

- висота розташування вістря коронуючого електрода h – 0,04 м, 0,06 м, 0,08 м.

Отримані експериментальні залежності питомої потужності електродної системи, яка необхідна для утримання на стрічці конвеєра розташованої під кутом 60° насіння пшениці P_n , Вт·м⁻², і насіння ячменю $P_я$, Вт·м⁻², у такому вигляді:

$$P_n = 49,65 + 829,8 \cdot h - 1895,65 \cdot d - 13958,3 \cdot d \cdot h + 23314,8 \cdot d^2 \quad (1)$$

$$P_я = -3,85 - 1384,35 \cdot d + 2517,71 \cdot h + 19754,6 \cdot d^2 - 13645,8 \cdot d \cdot h - 12645,8 \cdot h^2 \quad (2)$$

Висновок. Питома потужність електродної системи, яка необхідна для утримання насіння на конвеєрній стрічці, залежить від висоти розташування над висхідною частиною стрічки вістрів коронуючих електродів і відстані між ними. Для утримання насіння пшениці на стрічці конвеєра розташованої під кутом 60° питома потужність електродної систем має бути не меншою 18,4 Вт·м⁻², а для утримання насіння ячменю – 29,51 Вт·м⁻². При цьому відстань між вістрями коронуючого електроду становить 0,055 м та 0,05 м відповідно, а висота їх розташування над конвеєрною стрічкою – 0,04 м.

Література

1. Кавунець В. П. Насінництво озимої м'якої пшениці. / В. П. Кавунець, В. С. Кочмарський, А. П. Ворона // Селекція, насінництво і технології вирощування зернових колосових культур у Лісостепу України / За ред. В. Т. Колючого, В. Н. Власенка, Г. Ю. Борсука. – К.: Аграрна наука, 2007. – С. 327 – 381.

2. Тарасенко А. П. Снижение травмирования семян при уборке и послеуборочной обработке. / А. П. Тарасенко. – Воронеж: ФГОУ ВПО ВГАУ, 2003. – 331с.

3. Фадеев Л. В. Линия очищающе-колибрующих машин / Л. В. Фадеев. – К.: Насінництво. – №3 - 2011. – С.22 – 27.

4. Патент на винахід 69808 Україна, МПК (2009) A01F 12/46 Гвинтовий конвеєр / С.М. Герук, Р.С. Грудовий – № а2011 13598; заявл. 18.11.2011; опубл. 10.05.2012, бюл. № 9.

5. Герасимчук Ю. В. Перспективи використання електричного поля для зниження травмування насіння в процесах передпосівної підготовки / Ю. В. Герасимчук, В. Г. Сахневич // Механізація та електрифікація сільського господарства. Глеваха, 2012. - Вип. 96. - С. 444 - 453.

ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЇ В СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

Гулевський В.Б, к.т.н., доцент; Ковальов О.В., ст. викладач

Таврійський державний агротехнологічний університет,

м. Мелітополь, Україна.

v_gul@bk.ru

Сільськогосподарські продукти обробки надзвичайно складні по складу і великі по асортименту. Серед них зустрічаються діелектрики, напівпровідники і провідники, а також їх композиції в різних поєднаннях, тому досить складно представити єдиний опис їх електрофізичних властивостей, але, проте, можна виявити основні закономірності, що характеризують електротехнологічні процеси.

Сільськогосподарські матеріали, що піддаються електричній обробці, умовно можна розділити на дві групи: до першої групи відноситимемо сільськогосподарські матеріали з вологістю 12...35 %, до другої - матеріали, у яких вологість складає більше 35 %. Таке умовне ділення засноване на формі і енергії зв'язку вологи з матеріалом. Різні форми пов'язаної вологи обумовлюють різні за величиною і природі енергії зв'язку з сухою речовиною. За сучасним уявленням розрізняють наступні форми зв'язку вологи з матеріалом у порядку убавання величини енергії зв'язку: хімічні (строго певне стехіометричне співвідношення вологи і сухої речовини), що включають іонні і молекулярні зв'язки; фізико-хімічні (різні, але не строго визначені співвідношення), що включають адсорбційний і осмотичний зв'язок; фізико-механічні (невизначене співвідношення вологи і сухої речовини), що включають капілярну вологу різних видів [1].

Електротехнологічну дію на рослини можна здійснювати з метою стимуляції їх зростання, розвитку, підвищення врожайності і з метою досягнення летального ушкодження для прискорення дозрівання, сушки, збільшення соковіддачі, знищення бур'янів і так далі [2]. До теперішнього часу отримана достатня інформація про електричні явища, що супроводжують у рослинах процеси фотосинтезу, дихання, пересування речовин по їх тканинах. Відкриті електричні ритми рослин.

У зв'язку з великою різноманітністю прийомів дії електрики на рослини назріла необхідність систематизації в цій частині електротехнології. До того ж несистемна різноманітність використовуваних методів не сприяє виявленню механізму форм реакцій у відповідь рослин, який досі багато в

чому не вивчений.

Різноманіття видів і способів електричної обробки сільськогосподарської сировини можна розбити на дві великі групи: обробка електроконтактна та у високочастотному і надвисокочастотному полях. При цьому сама дія може виконуватися різними видами електричних і магнітних полів, різними видами і стадіями електричних розрядів, і різнорідними електричними струмами : постійним, імпульсним, змінним синусоїдальним, змінним несинусоїдальним струмами з використанням електроіскрового розряду і без нього і так далі [3].

Загальними закономірностями для цих видів обробки є досить рівномірний нагрів оброблюваного матеріалу за усім обсягом незалежно від коефіцієнтів електропровідності і товщини продукту обробки. Для одного і того ж процесу можна використовувати ряд методів, а також комбінувати різні методи обробки і ідентичних результатів обробки домагатися при використанні різних методів. Нині використовують різні способи - за допомогою створення кистьового електричного заряду, створення в ґрунті і в атмосфері високовольтного малопотужного безперервного дугового розряду змінного струму [4].

У основу класифікації дії електрики на рослини покладені наступні ознаки: спосіб дії, час дії в агротехнологічному циклі, рослинні органи, на які здійснюється дія і характер реакції у відповідь рослини.

Для реалізації цих способів використовується електрична енергія зовнішніх джерел електричної енергії [5]. Проте для використання таких методів потрібна принципово нова технологія обробки сільськогосподарських культур. Це дуже складне і дороге завдання, що вимагає використання джерел живлення, крім того, виникає питання про те, як обробляти таке поле з навішеними над ним і укладеними в нім дротами.

Отже, тут особливо чітко необхідно представляти механізм дії енергії, що підводиться, з точки зору зміни структури матеріалу, його структурно-механічних і енергетичних властивостей, мети обробки, і дуже ретельно розглядати енергетичні і економічні витрати на реалізацію того або іншого способу обробки.

Література

1. Гордеев А. М. Электричество в жизни растений / А. М. Гордеев, В. Б. Шешнев. – М. : Наука, 1991. – 160 с.
2. Электротехнология [Текст] / А. М. Басов, В. Г. Быков, А. В. Лаптев, В. Б. Файн. – М. : Агропромиздат, 1985. – 256 с.
3. Баев В. И. Результаты исследований электротехнологий на факультете электрификации сельского хозяйства [Текст] / В. И. Баев // Техника в сельском хозяйстве. – 2012. – № 2. – С. 4 - 5.
4. Электронно-ионная технология в процессах растениеводства. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://skutis.ucoz.ru/publ/26-1-0-41> - Название с экрана;

5. Пат. 84935 Україна, МПК⁷ А01С 1/00. Пристрій для передпосівної електричної обробки насіння / Кузнецов І. О., Гулевський В. Б., Філіпішин М. В., Червонченко С. С. (Україна). – № u201303793; Заявл. 27.03.2013; Опубл. 11.11.2013; Бюл. № 21. – 3 с.

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ СВІЛОТЕХНІЧНИХ УСТАНОВОК

*Червінський Л.С., д.т.н., професор; Сторожук Л.О., к.і.н., доцент
Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ, Україна. lchervinsky@gmail.com*

Енергоефективність освітлювальних установок пов'язана з питаннями комплексного зниження затрат. Для будь-якого споживача важливе не тільки зниження енергоємності, але і термін окупності витрат на нове або модернізоване обладнання освітлювальних установок. Загалом ефективність освітлювальних установок визначається вартістю світлової енергії, що генерується протягом терміну служби і в значній ступені залежної від затрат на електроенергію. Структура вартісних показників в освітлювальних установках складається таким чином:

- капітальні витрати на освітлювальні прилади і джерела світла – 10-15 %;

- витрати на монтаж і обслуговування освітлювальних приладів – 15 %;

- вартість електроенергії 70-75 %.

Враховуючи ці співвідношення основні витрати становить живлення мережі освітлювальних мереж. При розгляді питання економії електроенергії на освітлення не допускається зниження норм освітленості, відключення частини освітлювальних приладів або відмови від використання штучного освітлення при недостатньому рівні природного світла. Втрати від погіршення умов освітленості значно переважають вартість електроенергії що економиться.

Ефективною є така освітлювальна установка, яка створює високоякісне освітлення і зберігає свої характеристики протягом тривалої роботи при найменших капітальних та експлуатаційних витратах при мінімальних енергоспоживанні.

Ефективність освітлювальних установок насамперед залежить від:

- світлової віддачі джерел світла та їхнього терміну служби;

- світлотехнічних і енергетичних параметрів освітлювальних приладів;

- стабільності протягом експлуатації параметрів світильників, і зокрема характеристик джерел світла при їх роботі в світильниках;

- тарифів на електроенергію;

- тривалості використання освітлювальних установок за рік.

Звідси формується необхідність при вирішенні питання енергозбереження розглянути технічні характеристики, ефективність застосування, масштаби застосування різних груп:

- джерел світла;
- освітлювальних приладів;
- пускорегулюючої апаратури;
- систем автоматизованого керування освітленням;
- способів збереження характеристик освітлювальних пристроїв в процесі тривалої роботи.

Разом з тим важливе значення мають енергозберігаючі способи освітлення і сучасні методи і режими експлуатації освітлювальних пристроїв.

Література

1. Червінський Л. С. Електричне освітлення та опромінення. / Л. С. Червінський, Л. О. Сторожук. – К. : ТОВ «Аграр Медіа Груп», 2014. – 227с.
2. Козинский В. А. Электрическое освещение и облечение. – М. : Агропромиздат, 2003. – 258 с.

ОСОБЛИВОСТІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ АВТОНОМНИХ СОНЯЧНИХ ФОТОЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ

*Сиротюк В. М., к.т.н., професор кафедри електротехнічних систем;
Сиротюк С. В., к.т.н., доцент, завідувач кафедри енергетики*

Львівський національний аграрний університет,

м. Дубляни, Україна.

ssyr@ukr.net

Для оцінки ефективності функціонування фотоелектричних систем із різною конфігурацією необхідним є виконання тривалих натурних експериментальних досліджень. У цих дослідженнях особливої ваги набуває коректність методики проведення експерименту, з врахуванням характеру роботи фотоелектричної панелі в енергетичній системі за різних способів відбору електричної енергії. Особливо це стосується автономних систем електропостачання які працюють на електрохімічний акумулятор.

У таких системах необхідно водночас забезпечувати максимальне сприйняття енергії, виробленої фотоелектричною панеллю і дотримання рекомендованих режимів заряду акумуляторних батарей. У системах порівняльної оцінки ефективності необхідно забезпечити режим заряду з максимально можливим струмом, який відповідає максимальній продуктивності фотоелектричної панелі, а запобігання перезаряду автоматичним відбором енергії від акумулятора, підтримуючи стабільною його напругу.

Для ефективної реалізації завдання забезпечення максимального відбору енергії з фотоелектричної панелі акумуляторною батареєю необхідно виконати низку технічних умов. Зокрема, акумуляторна батарея повинна мати габаритну ємність і рівень зарядженості такою, щоб забезпечити

допустимий максимальний зарядний струм, який відповідає номінальному струму повністю освітленої фотоелектричної панелі. А для забезпечення відповідності відбору енергії з різних систем, необхідно забезпечити однакову напругу на акумуляторних батареях. Це досягається автоматичним узгодженням навантаження блоком контролю розряду розрядних струмів зі струмами заряду акумуляторних батарей.

Щодо контролю оптимальних режимів заряду акумуляторних батарей, то ця функція реалізується використанням серійних МРРТ-контролерів.

До структурної схеми системи моніторингу фотоелектричних установок із різною конфігурацією входять елементи, які відображені на рис.1.

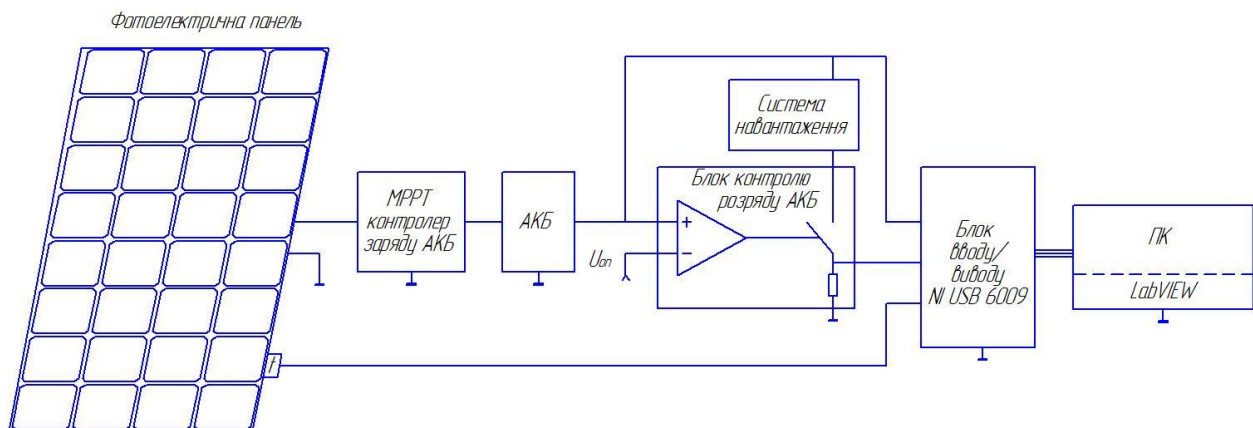


Рис. 1. Структурна схема системи моніторингу автономної фотоелектричної установки

Оптимізація навантаження фотоелектричних панелей з різною конфігурацією забезпечується підтриманням на заданому рівні ступеня заряду окремих акумуляторних батарей незалежно від їх ємності. Ступінь зарядженості підтримується регулюванням розрядного струму широтно-імпульсним способом слідкуючою системою.

Оскільки недоцільно реалізовувати широтно-імпульсний метод регулювання зарядом акумуляторних батарей, через те, що в період паузи відбувається втрата частини можливо виробленої фотопанелями електричної енергії, тому запропоновано здійснення адаптації режиму роботи окремої фотоелектричної панелі з акумуляторною батареєю зі застосуванням широтно-імпульсного блоку керування розрядом акумуляторної батареї, для забезпечення можливості сприйняття нею всієї виробленої електроенергії.

Література

1. Гальчак В. Ефективність підвищення потужності фотоелектричного модуля плоским дзеркальним концентратором. / В. Гальчак, С. Сиротюк, А. Татомир, І. Кузніцький // Вісник Львівського НАУ: Агроінженерні дослідження. – №18. 2014. – С. 294 – 301.

2. Боярчук В. Розробка експериментального стенда для дослідження ефективності застосування пристроїв, які слідкують за сонцем. / В. Боярчук, В. Сиротюк, С. Сиротюк, В. Гальчак, Б. Болтянський // Вісник Львівського НАУ: Агроінженерні дослідження. – №17, 2013. – С. 286 – 293.

3. Боярчук В. Узгодження параметрів акумуляторної батареї з параметрами електричного генератора ВЕУ в умовах мінливості вітрового потоку. / В. Боярчук, В. Сиротюк, С. Сиротюк, В. Воробкевич, В. Гальчак, М. Михалюк // Motrol. Motorization and power industry in agriculture. Volume 13 D. – Lublin, 2011. – С. 217 – 222.

4. Боярчук В. Підвищення електричної продуктивності сонячної фотоелектричної панелі. / В. Боярчук, В. Гальчак, В. Сиротюк, С. Сиротюк, В. Воробкевич, І. Дзиндра, М. Олм // Вісник Львівського НАУ "Агроінженерні дослідження", 2008. – № 12. – Том 2. – С. 507 – 511.

ЕНЕРГЕТИЧНА ОЦІНКА ВИКОРИСТАННЯ АЕРОІОННОЇ ОБРОБКИ В СХОВИЩАХ РОСЛИННОЇ ПРОДУКЦІЇ З СОКОВИТИМИ ТКАНИНАМИ

Музиченко В.А., к.т.н., с.н.с., завідувач відділу

Національний науковий центр

«Інститут механізації та електрифікації сільського господарства»,

с.м.т. Глеваха, Київської області, Україна.

nnc-imesg@ukr.net

Аероіонна обробка рослинної продукції з соковитими тканинами дозволяє зменшити втрати при зберіганні. Аналізуючи літературні дані, [1] можна вважати це зменшення на рівні 20-30%. При цьому, в залежності від рівня втрат, можна отримати 5-10 % додаткової продукції. Результати наших досліджень це підтверджують.

При короткотерміновому зберіганні (сировинні майданчики переробних підприємств, сховища магазинів тощо) достатньо одноразової обробки, яка може здійснюватись при перевантаженні продукції, отже не потребує додаткових витрат на транспортування.

При тривалому зберіганні виникає необхідність в періодичній обробці. Проблема вирішується суміщенням аероіонної обробки з активним вентиляванням. Загальна тривалість роботи системи активного вентилявання складає, в залежності від погодних умов, від 600 до 1000 годин за сезон зберігання.

Джерелом живлення іонізатора є розроблений та виготовлений Сумським відкритим акціонерним товариством «*SELMI*» за нашим технічним завданням розроблено високовольтний блок БВ-30.

Потужність джерела живлення – 90 Вт. Цього достатньо для обробки в засіку 16 тонн картоплі, що підтверджується виробничою перевіркою в картоплесховищі дослідного господарства Інституту картоплярства “Немішаєве” (ТП 813-15-72).

В картоплекховищі місткістю 1200 тонн (ТП 703-29) питомі енерговитрати складають 184 кВт·год/т. При використанні аероїонної обробки вони не перевищать 5,6 кВт·год/т, або 3 %. Вартість електроенергії при цьому не перевищить 10 грн/т.

Література

1. Музиченко В. А. Аналіз режимів аероїонної обробки рослинної продукції з соковитими тканинами [Електронний ресурс] / В. А. Музиченко // Міжнародна інтернет-конференція «Роль земледельческой механіки в соціальному розвитку общества»: зб. наукових доповідей. – Глеваха-Мелітополь: ННЦ «ІМЕСГ»-ТДАТА, 2005. – Т.1. – С. 131–144. – Режим доступу: <http://www.kik.artsv.net>.

PRIMARY MECHANISM OF ACTION OF OPTICAL RADIATION ON LIVING ORGANISMS

*L.S. Chervinsky, D.Sc., prof.; L.O. Storozhyk Ph. D. of historical sciences
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,
Kyiv, Ukraine. lchervinsky@gmail.com*

In today's technological development of human society more and more influence on the lives of biological organisms different electromagnetic radiation. Therefore, the study and analysis of the mechanisms of their effects is an urgent task.

The purpose of research - the study of the primary mechanisms of interaction of photons of optical radiation with the structures of biological objects, using the laws of quantum mechanics and biophysics.

Materials and methods studies are presented on the basis of the use of the provisions of the system analysis.

The results of research. Interaction of electromagnetic radiation (EMR) from the optical range of biologic objects as shown in the wave, and quantum effects in the probability of formation of which varies depending on the wavelength. In assessing the effectiveness of EMR in the optical range, along with such laws of its wave propagation, as a reflection, scattering and absorption, it is also necessary to take into account the effects of corpuscular - photochemical, photoelectric, photolytic and others. Photobiological basis of the mechanism of action of EMR optical range is the energy absorption of light quanta (photons) by atoms and molecules of biological structures (law Grotgus-Draper), which resulted in the formation of electronically excited states of these molecules with the transfer of photon energy (internal photoeffect). This is accompanied by electrolytic dissociation and ionization of biological molecules.

The degree of manifestation of photobiological effects in the body depends on the intensity of the optical radiation, which is inversely proportional to the square of the distance from the source to the irradiated surface. Accordingly, in practice,

determine not the intensity and irradiation dose at a certain distance from the source of exposure by the exposure time.

As a result, we can say that the interaction of EMR optical range with biological tissues of living organisms transformed into other forms of energy (mechanical, chemical, thermal, and others.). Processes caused by the excitation of molecular structures or heating of body tissues, are the starting link physico-chemical and biological reactions, which form the final therapeutic effect. In addition, each of the types of optical radiation is considered to be unique to him physical and chemical processes that determine the specificity of their therapeutic effects and practical application. The phenomenon of selective absorption of optical radiation energy different types of sensing cells and biological structures suggests different mechanisms of their impact and formed their therapeutic effects. This effect is a combination of developing the radiation interrelated processes. The probability of their formation and development is determined by the peculiarities of the energy distribution of the optical radiation in space and time, physical (electrical, magnetic, mechanical, thermal) properties of biological tissues - "targets", selective sensitivity to him and functional reserves of adaptation and reactivity. In the formation of therapeutic effects from exposure to optical radiation energy are making a significant contribution to the processes of various levels of organization of a living organism, starting with the primary biophysical and ending with complex adaptation.

References

1. L.S.Chervinsky The action lights on the derma animal's.// Доп. на міжнар. конф. 1st Congress of the World Association for Laser Therapy «WALT»/ May 5-9, 1996, Jerusalem, Israel.[2922-02]
2. L.S.Chervinsky. Investigation of the Light-Conductivity of the Separate Hair and Skins Translucence.//. PITTCON'98, March 1-5, 1998,New Orleans, Louisiana,USA.[1652P]
3. Chervinsky L.S. About the mechanism of photoreactivation of the biological objects // Матер. міжнар. конф." The European Biomedical Optics Week, BIOS Europe'97", September 4-8,1997, San Remo, Italy,[3198-30].

ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНА СИСТЕМА ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ НА БАЗІ МАЛОГАБАРИТНОГО ҐРУНТООБРОБНОГО МОТОБЛОКУ

***Ковальов О.В., ст. викладач; Гулевський В.Б, к.т.н., доцент
Таврійський державний агротехнологічний університет,
м. Мелітополь, Україна.
aleks_tdaty@mail.ru***

Сучасне сільськогосподарське виробництво в Україні характеризується масовим застосуванням мобільних енергетичних засобів малої механізації у вигляді малогабаритних мотоблоків, міні-тракторів та різноманітних спеціалізованих агрегатів з двигунами внутрішнього згорання. Проведені

випробування виявили, що електрифіковані мотоблоки з тяговими електродвигунами постійного та змінного струму мають ряд переваг в порівнянні з мотоблоками з двигуном внутрішнього згорання такі як, простота пуску та зупинки, надійність та економічність у роботі, відсутність загазованості навколишнього середовища [1,2]. Про ефективність мотоблоків з електроприводом свідчить проведена порівняльна техніко-енергетична оцінка найбільш розповсюджених мотоблоків [3].

Мотоблоки з електроприводом можуть бути класифіковані за наступними ознаками: по виду джерела електропостачання – з централізованим або автономним, по роду струму тягового електродвигуна – постійного або змінного, а також по конструктивному виконанню механічної передачі та ведучих коліс та ін.

З урахуванням рекомендацій по конструюванню мотоблоків, приведених в [3] та іншій технічній літературі, було виготовлено дослідний зразок мотоблоку з тяговим електродвигуном постійного струму послідовного збудження та централізованим електропостачанням від мережі змінного струму через гнучкий кабель та керований випрямляч. Процес перетворення енергії при роботі мотоблоку з електроприводом та централізованим електропостачанням наочно може бути представлено у вигляді структурної схеми енергетичного каналу мотоблоку, наведеної на рис.1.

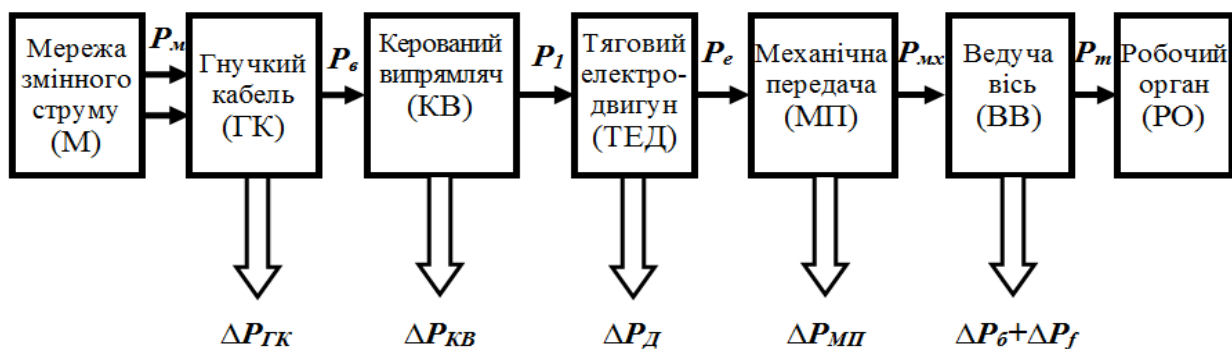


Рис. 1. Структурна схема енергетичного каналу мотоблоку

На схемі енергетичного каналу мотоблоку (рис. 1) позначено: P_m – електрична потужність споживана з мережі; P_e – електрична потужність на ввіді мотоблока; P_l – приєднана потужність тягового електродвигуна; P_e – ефективна або корисна потужність тягового електродвигуна; P_{mx} – механічна потужність що подається на ведучу вісь мотоблока; P_m – тягова потужність на робочому органі; $\Delta P_{ГК}$ – електричні втрати в живлячому гнучкому кабелі;

$\Delta P_{КВ}$ – втрати в керованому випрямлячі; $\Delta P_{Д}$ – сумарні втрати в тяговому електродвигуні; $\Delta P_{МП}$ – втрати в механічній передачі; ΔP_{δ} – втрати на буксування коліс; ΔP_f – втрати на перекочування коліс; $\Delta P_{\delta} + \Delta P_f$ – втрати в ходовій системі МБ на буксування та перекочування коліс.

У відповідності з наведеною на рис. 1 структурною схемою енергетичного каналу, ефективність мотоблоку може бути оцінена рівнянням енергетичного балансу в наступному вигляді

$$P_e = P_1 - \Delta P_\delta = \Delta P_{mn} + \Delta P_\delta + \Delta P_f + P_m. \quad (1)$$

Рівняння (1) відображає режим роботи мотоблоку при незмінності P_1 та P_m , а також швидкості руху мотоблоку – v . В реальних умовах роботи мотоблоку, наприклад при оранці, величина P_m постійно змінюється, що призводить до нестабільності енергетичного балансу мотоблоку.

Оцінку тягових властивостей мотоблоку можна провести за величиною його тягового ККД

$$\eta_m = P_m / P_e. \quad (2)$$

Величина тягової потужності мотоблоку з урахуванням лінійної швидкості пересування може бути описана наступним рівнянням

$$P_m = F_m \cdot v = P_e \cdot \eta_m = P_e \cdot \eta_{mn} \cdot \eta_\delta \cdot \eta_f. \quad (3)$$

У межах оптимального режиму роботи мотоблоку залежність між швидкістю руху та тяговим зусиллям повинна мати гіперболічний характер. Дійсно, згідно рівняння (3) ідеальна тягова характеристика виражена співвідношенням

$$P_m = F_m \cdot v = P_e \cdot \eta_m = const. \quad (4)$$

При використанні в якості тягового двигуна постійного струму послідовного збудження співвідношення (4) буде дотримуватися автоматично.

Література

1. Корчемный М. Электропривод мобильного агрегата. / М. Корчемный, І. Савченко, С. Гусаков, Н. Юсупов // Електрифікація, 1997. - № 8. – С. 30 - 31.
2. Кусов Т. Т. Создание энергетических средств с электромеханическим приводом. / Т. Т. Кусов // Тракторы и сельскохозяйственные машины, 1988. - № 10. - С. 12-17.
3. Ковальов О. В. Аналітичний метод порівняльної техніко-енергетичної оцінки ефективності і технічного рівня мотоблоків. / О. В. Ковальов, А. А. Катюха, Г. Н. Назар'ян // Праці ТДАТА. Вип. 7. Том 3. Наукове фахове видання. – Мелітополь: ТДАТА, 2007. - С. 93-99.

ОБРОБКА НАСІННЯ ЗЕРНОВОГО МАТЕРІАЛУ У ХМАРІ ЗАРЯДЖЕНОГО АЕРОЗОЛЮ

*Новіков Г.В., Діордієв В.Т., д.т.н., професор
Таврійський державний агротехнологічний університет,
м. Мелітополь, Україна.
diovlatr@ukr.net*

Сьогодні розвиток інтенсивного сільського господарства неможливий без вирішення нових складних проблем по захисту рослин від шкідників,

хвороб і бур'янів [2]. Вирішення поставленої проблеми здійснюється агротехнічними заходами, які спрямовані на підвищення стійкості рослин до впливу шкідливих організмів, збалансоване живлення, науково-обґрунтовану сівозміну, створення нових сортів, стійких до хвороб і шкідників.

Найбільш перспективним напрямом захисту й стимулювання рослин є біологічний [3]. Перевага біопрепаратів полягає в нешкідливості для рослин, людини, теплокровних тварин, бджіл і інших корисних комах, а також у можливості застосування їх разом з хімічними засобами.

Недоліки полягають у складності виробництва біопрепаратів, у необхідності розробки окремих препаратів для кожного виду рослин - усе це стримує широке поширення біологічного методу [4].

У цілому, незважаючи на серйозні недоліки, хімічний метод є основним методом захисту рослин і залишиться таким у недалекому майбутньому. Вже наявний у світі асортимент пестицидів дозволяє використовувати препарати, практично безпечні для людини й корисних тварин, забезпечити відсутність залишків пестицидів в об'єктах зовнішнього середовища, продуктах живлення й харчових ланцюгах, уникнути появи резистентних форм шкідників.

У результаті аналізу періодичних видань [3, 5, 6] за проблематикою статті, можна акцентувати увагу на вирішенні зазначених недоліків шляхом розробки електротехнологічного комплексу протруювання насіннєвого матеріалу шляхом додання часткам аерозолі робочого розчину електричного заряду, що дозволить якісно поліпшити технологію передпосівної обробки.

Електризація аерозолі робочої рідини, сприяє більш рівномірному покриттю оброблюваних поверхонь, при цьому знезаражуючий ефект вище й зберігається на оброблюваних поверхнях більш тривалий час, ніж у випадку застосування незаряджених аерозолів того ж препарату [1, 6]. Заряджені частки пестицидів осаджуються практично рівномірно і забезпечують можливість значного скорочення витрат пестициду.

В основі процесу знаходиться закон Кулона – основний закон електричної взаємодії тіл

$$F = \frac{k_1 q_1 q_2}{r_{12}^2} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 q_2}{r_{12}^2}, \quad (1)$$

де k_1 – константа, $k_1=1/(4\cdot\epsilon_0\pi)=9\cdot 10^9$ Кл²·нм²; q_1 и q_2 – заряд матеріальних точок; r_{12} – відстань між ними; ϵ_0 – діелектрична проникність вакууму, $\epsilon_0=8,854\cdot 10^{-12}$ Кл²·нм²=8,854·10⁻¹² Фм⁻¹.

Зарядка частинок аерозолі може проводитися трьома способами: контактним, в поле коронного розряду і індукційним [1]. Заряд частинки визначається її розміром, формою, діелектричною проникністю та положенням відносно вектора напруженості поля. Із збільшенням напруги полю заряду збільшується електростатична коагуляція, що також призводить

до швидкого зниження концентрації необробленого зерна та рівномірного розподілу насіння.

Висновки. Отримані результати забезпечують підґрунтя для використання математичного апарату статистичної фізики, в основі якого знаходяться кулонівські сили, величина заряду насіння зернових та аерозолі у задачах проектування електротехнологічних комплексів передпосівної обробки зернових.

Література

1. Багаев А. А. Электротехнология: Учебное пособие [Текст] / А. А. Багаев, А. И. Багаев, Л. В. Куликова. Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова, Алт. гос. аграрный ун-т. Барнаул: Изд-во АГАУ, 2006. – 315 с.
2. Защита растений в теплицах [Текст] / Под ред. А. К. Ахатова. – М.: Т-во научных изданий КМК. – 2002. – 464 с.
3. Зинченко В. А. Химическая защита растений. Средства, технология и экологическая безопасность [Текст] / В. А. Зинченко. – М.: КолосС, 2005. – 232 с.
4. Лекомцев П. Л. Электроаэрозольные технологии в сельском хозяйственном производстве [Текст]: дис. доктора техн. наук : 05.20.02 / Лекомцев Петр Леонидович. – М., 2006. – 314 с.
5. Новіков Г. В. Анализ устройств предпосевной обработки зерновых. / Г. В. Новіков // Науковий вісник ТДАТУ [електронний ресурс]. - Мелітополь: ТДАТУ, 2014. - Вип. 4, Т. 2. – С. 186 - 196.
6. Zhengwei L., Qiang Y. Evaluation of various particle charging models for simulating particle dynamics in electrostatic precipitators / Long Zhengwei, Yao Qiang // Journal of Aerosol Science 41 (2010). - P. 702 – 718.

БЕЗКОНТАКТНЕ ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ АПАРАТУ «ШТУЧНЕ СЕРЦЕ»

*Олійник В.П., к.т.н., професор; Теличко Д.В., магістрант
Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»,
м. Харків, Україна.
oliynuk@xai.edu.ua*

Штучне серце (ШС) - технічний пристрій, який повністю або частково імплантується в організм пацієнта та призначений для виконання насосної функції серця хворого, коли воно стає нездатним виконувати необхідну роботу по забезпеченню циркуляції крові. Відомі розроблені пристрої складаються з електромеханічного насосу, електронного блоку управління, резервного джерела живлення, які повністю імплантуються [1]. Однак довгострокова безперебійна робота даних пристроїв не може бути вирішена без забезпечення адекватного енергопостачання.

Середнє значення роботи разового скорочення серця людини в стані спокою становить близько 1 Дж. Якщо врахувати, що тривалість систоли -

близько 0,3 с, то середня потужність серця за час одного скорочення $\sim 3,3$ Вт. Енергетична оцінка джерела живлення повинна враховувати також те, що процес перетворення електричної енергії в механічну вимагає додаткових витрат на 10 ... 30% більше від корисної потужності.

У відомих технічних рішеннях до складу імплантанта входить акумуляторна батарея, яка повинна забезпечити працездатність пристрою в екстрених випадках. Тривалість автономної роботи в цьому режимі не перевищує 30 хвилин. Штатний же режим апарату ШС передбачає використання зовнішнього джерела електроживлення. При знаходженні пацієнта в стаціонарних умовах це мережевий блок живлення або акумулятор великої ємності. Для можливості вільного пересування пацієнта використовують переносний блок електроживлення на базі змінних акумуляторів середньої ємності або дистанційного приймального пристрою.

За такого технічного рішення залишається проблемним (як з медичних так і інженерних вимог) спосіб підключення зовнішнього блоку живлення до імплантованих пристроїв. Найбільш просте рішення - використання ізольованих провідникових з'єднань від імплантанта на поверхню зовнішнього шкірного покриву. Такий підхід прийнятний при нетривалому використанні апарату ШС. При тривалому застосуванні можливо травмування прилеглих біотканин, проникнення зовнішніх інфекцій, виникнення біологічної несумісності.

Очевидно, що для тривалого застосування апарату ШС перспективним є безконтактний спосіб забезпечення його електроживлення. До бездротових (без гальванічного зв'язку) методів передачі електроенергії відносять електромагнітне випромінювання радіочастотного та оптичного діапазонів, ємнісний і магнітний зв'язок джерела і приймача.

Передача енергії випромінювання оптичного діапазону до імплантованого приймача через шкіру і м'які тканини неможлива внаслідок істотного його поглинання навіть в інфрачервоному діапазоні. Перешкода для використання змінних електричного і електромагнітного полів – це іонна провідність внутрішніх біоструктур та наявність провідникових металевих елементів в конструкції ШС.

Магнітні властивості біотканин в їх макроскопічних проявах слабо відрізняються від водних розчинів і є в основному діаманітними та парамагнітними з модулем магнітної сприйнятливості $|\chi| \ll 1$ ($\mathbf{B} = \mu_0 \mathbf{H} = \mu_0(1 + \chi)\mathbf{H}$, де \mathbf{H} і \mathbf{B} напруженість і індукція магнітного поля) [2]. Тому зовнішні квазістатичні і низькочастотні магнітні поля без істотних втрат і спотворень проникають всередину біотканин. Це явище широко використано в побудові магніторезонансних томографів, перепрограмування імплантованих електрокардіостимуляторів, інших імплантованих пристроїв.

Таким чином, для безконтактного електропостачання апарату «Штучне серце» доцільно використовувати змінне магнітне поле з індуктивним

зв'язком між зовнішнім передавальним і внутрішнім імплантованим приймальним пристроєм.

До основних інженерних завдань слід віднести: побудову спеціального трансформатора з рознесеними на відстань 20 ... 30 мм (товщина біотканин і захисних шарів) первинною і вторинною обмотками, оптимізацію частоти і форми змінного струму, коефіцієнту трансформації, вибір параметрів магнітопроводу і його форми. Слід також враховувати, що за медичними рекомендаціями локальне підвищення температури біотканин не повинно перевищувати 1°C, тому коефіцієнт корисної дії електронного приймального перетворювача повинен бути не менш ніж 90...95%.

Література

1. Перспективы развития технологий полной замены функции сердца с помощью механических систем поддержки кровообращения [Текст] / Д. С. Петухов, С. В. Селищев, Д. В. Тельшев // Медицинская техника. 2015, №5 (293). – С. 5 – 8.
2. Тиманюк В. А. Биофизика [Текст] / В. А. Тиманюк, Е. Н. Животова – К. : ИД «Профессионал», 2004. – 704 с.

ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ЕНЕРГІЇ НА ПРОЦЕСИ РОСТУ ПРОДУКЦІЇ РОСЛИННИЦТВА

Іноземцев Г.Б., доктор технічних наук, професор

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ, Україна. oaleks@ukr.net*

Реалізація більшості традиційних технологій у рослинництві досягла критичних значень і фактично вичерпала свої можливості, що обумовлено рядом обставин, у т.ч. знищенням родючості ґрунтів, перенасиченням мінеральними добривами, різними техногенними забрудненнями тощо.

Аналіз стану питання та накопичений величезний експериментально-практичний матеріал переконливо свідчать про високу перспективність і значні переваги застосування електротехнологічних методів і особливо в дії на фізіологічні та біологічні процеси, в першу чергу, на стимуляцію і активацію росту рослин, що здійснюється шляхом передпосівної обробки насіння різними видами електромагнітної енергії [1].

Метою дослідження є аналіз впливу електромагнітної енергії на активацію розвитку рослинних об'єктів.

Перспективи застосування електромагнітної енергії як альтернативи існуючим біохімічним методам визначаються не тільки її ергономічними показниками, а й високою ефективністю.

Сьогодні з достатньою вірогідністю можна говорити про дію електромагнітної енергії як енергоносія на зміну енергетичного ресурсу у

об'єктах рослинництва, що суттєво впливає на процеси розвитку та росту рослин.

Проведені нами дослідження встановили прямий зв'язок величини енергії та її дози з внутрішньою енергією рослинних об'єктів, яка закладена самою природою.

Отримані при цьому результати показують, що максимальної швидкості пророщування оброблені партії насіння (пшениця, ячмінь) та насіння овочевих культур (томати, огірки, морква) набувають при різних дозах електромагнітної енергії, яка визначається наступною формулою [2, 3]:

$$\ddot{A} = \hat{E}_t \frac{E \cdot S \cdot t}{V}, \text{ Дж/м}^3, \quad (1)$$

де K_n – коефіцієнт, який залежить від поглинання електромагнітної енергії різними біологічними об'єктами ($K_n = 0,6 - 0,9$); E – потік електромагнітної енергії, Вт/м²; S – площа об'єкта (насіння) обробки; м²; t – тривалість обробки, с; V – об'єм обробки, м³.

Динаміка зміни довжини ростків різних рослин від дози електромагнітної енергії представлено на рис. 1. Тут треба підкреслити, що при цьому спостерігалось збільшення і зеленої маси рослин.

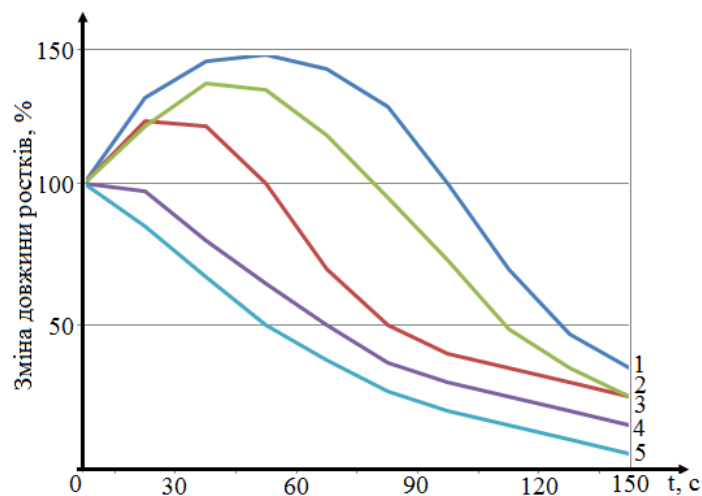


Рис. 1. Зміна довжини ростків різних рослин від дози електромагнітної енергії

Аналізуючи залежності на рис. 1 можна стверджувати, що для кожної рослини зміна її довжини визначається дозою електромагнітної енергії, перевищення якої практично веде до загибелі рослин (криві 4, 5) або гальмуванню їх росту.

Така залежність приросту кожної рослини від дози електромагнітної енергії може являти собою модель, яка повинна враховувати природну енергію рослини та її енергетичний ресурс, який у свою чергу, обумовлює можливість його зростання шляхом додаткової обробки різними видами

електромагнітної енергії. При цьому, величина енергії, доза обробки повинні враховувати природній енергетичний ресурс наданий рослині та необхідну додаткову величину, яка і буде активізувати і стимулювати процес росту рослин.

Література

1. Іноземцев Г. Б. Проблеми розвитку електротехнологій в аграрному виробництві України. / Г. Б. Іноземцев // Енергетика і автоматика – 2011. – №1.
2. Верещагин И.П. Основы электрогазодинамики дисперсных систем. – М. : Энергия, 1974. – 480 с.
3. Іноземцев Г. Б. Науково-технічні передумови електросепарування насінневих сумішей в первинному насінництві. / Г. Б. Іноземцев, В. О. Паранюк // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – 2007. – Т.2, Вип. 8. – С. 56 – 63.

РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ВИЗНАЧЕННЯ ПРОСТОРОВОЇ ФОТОСИНТЕЗНОЇ ОПРОМІНЕНОСТІ

*Луцак Я. М., аспірант; Червінський Л. С., д.т.н., професор
Національний університет біоресурсів і природокористування України.
м. Київ, Україна.
lchervinsky@gmail.com*

При розрахунку освітленості та опроміненості у виробничих приміщеннях у нашій країні найбільш поширеними є методи коефіцієнта використання світлового потоку (КВСП), точковий метод (ТМ) та метод питомої потужності (МПП). Ці апробовані методи мають ряд недоліків. Метод КВСП дає опосередковане значення освітленості (опроміненості) лише на горизонтальній робочій поверхні; ТМ не враховує відбиття потоку оптичного випромінювання від стін і стелі; МПП використовується для наближених розрахунків[6].

Існують більш досконалі сучасні методи розрахунку освітлення в програмних середовищах *DIALux*, *Relux Professional*, *Lightscape*, *Calculux* і *EUROPIC* [2,4]. Загальним недоліком даних комп'ютерних програми є відсутність зручних засобів роботи з фотометричними даними. Для кожного проекту необхідно створювати базу даних застосованих світильників, що ускладнює і уповільнює роботу.

Тому в даній роботі вирішується задача: створення універсального методу, який дозволяє підвищити точність визначення фактичної фотосинтезної опроміненості на рівні листа рослин за рахунок урахування додаткового випромінювання відбитого та розсіяного у просторі поверхнями стін і стелі.

Опроміненість на будь якій точці горизонтальної розрахункової поверхні можна визначити як суму опроміненостей, утворених прямим випромінюванням світильників і відбитим від стін і стелі за виразом:

$$E(x,y) = E_{св}(x,y) + E_{стін}(x,y) + E_{стелі}(x,y), \quad (1)$$

де $E_{св}$ – опроміненість, утворена прямим фотосинтезним потоком світильників; $E_{стін}$ – опроміненість, утворена відбитим від стін фотосинтезним потоком; $E_{стелі}$ – опроміненість, утворена фотосинтезним потоком, відбитим від стелі між світильниками.

Розглядаючи світильники як точкові джерела, опроміненість у точці на розрахунковій поверхні, яка утворена прямим випромінюванням світильників, розрахуємо за відомою формулою

$$E = \frac{F}{1000} \cdot \sum_n \frac{I_{\alpha_n} \cos^3 \alpha_n}{H_p^2}, \quad (2)$$

де F – фотосинтезний потік лампи, фіт, (фіт - 1 Вт потоку з довжиною хвилі 680 нанометрів) [6]; I_{α} – сила фотосинтезного випромінювання світильника в напрямку опромінюваної точки на поверхні листа рослини, фіт/стерадіан; α – кут між перпендикулярною віссю світильника і лінією, яка з'єднує світловий центр світильника з точкою на опромінюваній поверхні, град; H_p – перпендикулярна відстань від світильників до розрахунковій поверхні, м.

Визначивши $\cos \alpha_n$ через координати розташування опромінюваної точки та n -ного світильника, отримаємо

$$E_{св}(x,y) = \frac{F}{1000} \sum_n \left[\frac{Z_n \cdot I_{\alpha_n}}{\sqrt{Z_n^2 + (x - X_n)^2 + (y - Y_n)^2}^3} \cdot \left[\arccos \left[\frac{Z_n}{\sqrt{Z_n^2 + (x - X_n)^2 + (y - Y_n)^2}} \right] \right] \right], \quad (3)$$

де X_n, Y_n, Z_n – координати розташування n -го світильника у вибраній системі координат; x, y – поточні горизонтальні координати опромінюваної точки на поверхні листка рослини.

Приймаючи, що яскравість стіни складається з m - ряду горизонтальних, рівномірно-яскравих прямокутних зон, опроміненість – $E_m(x,y)$ від кожної з них у точці на горизонтальній розрахунковій поверхні можна визначити, використовуючи вираз Хігбі-Левіна [3], із врахуванням, що опроміненість та коефіцієнт відбиття стіни є функціями координат – $E_c(x,z), R_c(x,z)$. Опроміненість розрахункової поверхні, утворену потоком від поверхні стіни,:

$$E_{стіни}(x,z) = \frac{1}{\pi} \int_0^H \int_0^L \frac{R_c(x,z) E_c(x,z) z \sqrt{(X_n - x)^2 + y^2}}{\left[(X_n - x)^2 + y^2 + z^2 \right]^2} dz dx, \quad (4)$$

де H – відстань від стелі до розрахункової поверхні, м., $5L$ – максимальна довжина ділянки горизонтальної поверхні, на якій розраховується, м.

Опроміненість горизонтальної розрахункової поверхні на рівні листа рослини, утворену відбитим від стелі випромінюванням, розрахуємо аналогічно за виразом:

$$E_{стелі}(x, y) = \frac{1}{\pi} \int_0^{5L} \int_0^{5L} \frac{R_{cm}(x, y) E_{cm}(x, z) H^2}{\left[(X_n - x)^2 + (Y_n - y)^2 + H^2 \right]^2} dx dy, \quad (5)$$

де $R_{cm}(x, y)$ – коефіцієнт відбиття фотосинтезного потоку від стелі; B – ширина приміщення, м; $5L$ – довжина розрахункової ділянки, м.

На основі вище наведених виразів узагальнююча фактична опроміненість на горизонтальному рівні листа рослини складає суму опроміненостей визначених за виразом (1), де підсумовуються результати виразів (3), (4) та (5).

Висновки:

1. Запропонований метод дозволяє визначити реальне значення горизонтальної опроміненості на заданому рівні з урахування особливостей коефіцієнту відбивання фотосинтезного випромінювання поверхнями бічних стін та стелі приміщення теплиці як функції просторових координат.

2. Використання даного методу, в порівнянні з відомими методами визначення опроміненості на заданій поверхні, при проектуванні опромінювальних систем забезпечить зменшення витрат електроенергії за рахунок використання джерел меншої потужності та надасть можливість більш ефективного автоматичного регулювання заданого рівня фотосинтезної опроміненості в процесі вирощування рослин.

МЕТОД ПРОГНОЗУВАННЯ ЛЕЖКОСТІ РОСЛИННИХ ПРОДУКТІВ З СОКОВИТИМИ ТКАНИНАМИ

Окушко О.В., кандидат технічних наук, доцент

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ, Україна.
oaleks@ukr.net*

Процеси життєдіяльності рослинних продуктів з соковитими тканинами під час зберігання залежать від багатьох факторів (сорт, якість продукції при закладанні тощо), що впливає на проходження хімічних реакцій у самому продукті. Керуючи цими реакціями під час зберігання можна впливати на рослину, підвищуючи її лежкість та отримуючи в кінці зберігання продукти більш високої якості.

Враховуючи те, що кожний рослинний продукт з соковитими тканинами складається з системи живих клітин у яких постійно відбуваються процеси дихання, обміну речовин та ін., тобто в них постійно проходять окислювально-відновлювальні хімічні реакції.

Відомо, що рослинні продукти характеризуються конкретним окислювально-відновлювальним потенціалом – величиною енергії яку необхідно прикласти для того, щоб відірвати електрон від атома. Таким чином, процеси приєднання або віддачі електронів можна розглядати як відновлення або окислення (пригнічення) хімічних процесів у клітинах рослини.

Виходячи з цього, можна стверджувати про можливість контролю (прогнозування) стану лежкості рослинного продукту з соковитими тканинами шляхом дослідження характеру зміни окислювально-відновлювального потенціалу, який і характеризує окислювально-відновлювальні реакції у рослинному продукті з соковитими тканинами, що у кінці кінців і дозволить визначати стан такого продукту під час зберігання.

Вимірювання абсолютного значення окислювально-відновного потенціалу рослинного продукту є достатньо складним технологічним процесом. Тому під час наших досліджень значення ОВП досліджуваних редокс-пар різних продуктів вимірювалось і порівнювалось значення ОВП щодо найбільшої різниці потенціалів контрольного зразка необроблюваного продукту з оброблювальним.

При проведенні нами досліджень, впливу зміни окислювально-відновлювальних процесів рослинних продуктів з соковитими тканинами на протязі тривалого періоду зберігання, було встановлено, що величина ОВП, як і маса продукції, суттєво змінюється [1]. Це зумовлено зміною інтенсивності життєдіяльності рослини (дихання, засвоєння вуглекислого газу рослинами, обмін речовин) у різні періоди зберігання. Поясненнями цих процесів є елементи термодинамічної теорії рушійних сил і електродних потенціалів, а саме стандартний потенціал реакції (E^0) (стандартна ЕРС реакції). Такий потенціал рівний різниці стандартних ОВП, які беруть участь у реакції редокс-пар (напівреакцій) і пов'язано зі стандартною зміною енергії Гіббса (ΔG^0). Ця величина показує зміну енергії у процесі проходження хімічної реакції і сприяє можливості протікання хімічної реакції). Вона описується наступним виразом:

$$\Delta G^0 = -nFE^0, \quad (1)$$

де n – число електронів, яке бере участь в окислювально-відновлювальній реакції, F – число Фарадея.

Енергію Гіббса можна розуміти як повну хімічну енергію системи, а саме протіканням ізобарно-ізотермічного процесу, який визначається двома факторами: ентальпійним, який пов'язаний зі зменшенням ентальпії системи

(ΔH), і ентропійним ($T\Delta S$), який обумовлений збільшенням безладу у системі внаслідок зростання її ентропії. Різниця цих термодинамічних факторів є функцією стану системи, так званим ізобарно-ізотермічним потенціалом або вільною енергією Гіббса, яка описується наступним виразом:

$$G = U + PV - TS, \quad (2)$$

де U – внутрішня енергія системи, P – тиск, V – об'єм, T – абсолютна температура, S – ентропія.

Із термодинаміки рівноважних процесів [2] відомо також, що у випадку зміни енергії Гіббса при будь-якій хімічній реакції (< 0), то ця реакція протікає самовільно у прямому напрямку, а якщо значення ОВП (> 0) – у зворотному напрямку. Враховуючи, що окислювально-відновлювальна реакція протікає у напрямку від сильнішого окислювача і відновника до більш слабшого, то така реакція проходить до встановлення стану рівноваги.

Наведений матеріал дає всі підстави стверджувати про те, що у період відновлення рослинним продуктом (післязбиральний період та період середини лежкості) своїх природних властивостей у ній відбувається інтенсивне поновлення хімічних процесів, а значить і пришвидшення окислювально-відновлювальних процесів, що призводить до збільшення його ОВП (> 0) А у періоди, коли рослина знаходиться у стані покою хімічні реакції загальмовані – значення ОВП (< 0).

Отримані нами результати створюють можливість регулювання окислювально-відновлювальних реакцій у рослинній продукції шляхом вимірювання ОВП, а значить і прогнозувати лежкості, що дає змогу зменшення втрат маси рослинним продуктом, підвищення якості та внесення необхідних змін агротехнічні вимоги, щодо регулювання кількості обробок.

Література

1. Пат. на корисну модель № 56552, А23L3/32, G01N33/02 Спосіб прогнозування лежкості плодоовочевої продукції / Г. Б. Іноземцев, О. В. Окушко (Україна); заявник Національний аграрний університет. – Опубл. 25.01.2011, Бюл. № 2, 2011 р.
2. Базаров И. П. Термодинамика. / И. П. Базаров – М. : Высшая школа, 1991. – 376 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНИХ РЕЖИМІВ ФОТОСИНТЕЗНОГО ОПРОМІНЕННЯ

*Бойко А.М., аспірант; Червінський Л. С., д.т.н., професор
Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ, Україна.
lchervinsky@gmail.com*

Мета роботи – аналізуються результати застосування для оптичного опромінення рослин різних режимів фотосинтезного опромінення, що використовуються в сучасних теплицях

Результати роботи. Для порівняння ефективності впливу спектрального складу та режимів різних штучних джерел фотосинтезного випромінювання опромінення використовували опромінювачі з лампами ДНаТ-250 та ДРИ-250-5 та розроблений світлодіодний випромінювач з червоними і синіми світлодіодами (у співвідношенні 3:2 відповідно). Було проведено дослідження при різних рівнях фотосинтезної опроміненості - вибрано п'ять рівнів опромінення ФАР: 40, 50, 60, 70, 80 Вт/м² при застосуванні розрядних ламп та 5, 7,5, 10, 12,5, 15 Вт/м² при застосуванні світлодіодних світильників, при кожному з яких проводилися тририкратні вимірювання та обчислення. При цьому питома споживана потужність установки з розрядними лампами становила 312 Вт/м², світлодіодного опромінювача – 18,5 Вт/м². Дослідження проводились на пророщуванні ранніх тепличних культур: салаті та цибулі, яка вирощується на зелене перо.

Висновки:

1. У результаті пошукових досліджень встановлено, що проростки і схожість рослин досягають максимального значення при рівнях опромінення 60-70 Вт/м² для розрядних джерел світла та 12-15 Вт/м² для світлодіодів.

2. В умовах низького освітлення формуються тонкі та більш зневоднені паростки. Тому є перспективним проведення подальших ґрунтовних досліджень.

Література

1. Вергунов В. А. Основы математического моделирования: Для анализа и прогноза агрономич. Процесс сов. / В. А. Вергунов, И. Н. Вергунова, В. С. Шкрабак. – СПб. : СПбГАУ, 2003. – 219 с.

2. Дехоф П. Автоматизированное проектирование внутреннего освещения. / П. Дехоф, Д. Земборт // Светотехника. – М. : ВНИСИ, 1994. – № 2. – С. 3 – 5.

3. Эмбрехт Дж. Аналитическое решение простой задачи искусственного освещения для тестирования программ расчета освещения. / Эмбрехт Дж. // Светотехника. – М. : ВНИСИ, 1998. – №5. – С. 15 – 18.

4. Крюгер Х. Новые подходы к совместному проектированию естественного и искусственного света. / Х. Крюгер, С. Фляйтер, К. Ширц // Светотехника. – М. : ВНИСИ, 1999. – № 3. – С. 15 – 17.

5. Тихомиров А. А. Светокультура растений. / А. А. Тихомиров, В. П. Шарупич, Г. М. Лисовский – Новосибирск : Издательство СО РАН, 2000. – 321 с.

6. Червінський Л. С., Електричне освітлення та опромінення / Л. С. Червінський, Л. О. Сторожук. – К. : Видавництво «Аграр Медіа Груп», 2011. – 214 с.

СЕКЦІЯ 2.
ПРОЦЕСИ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМАХ.
ПРОЦЕСИ ТА СИСТЕМИ ПЕРЕТВОРЕННЯ ЕНЕРГІЇ
ВІДНОВЛЮВАНИХ І НЕТРАДИЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ

ЕНЕРГООЩАДНІ СХЕМНІ РІШЕННЯ В РОЗПОДІЛЬНИХ МЕРЕЖАХ

*Мірошник О.О., д.т.н., професор; Демура Є.В., студент; Сивенко М.М.
студент*

*Харківський національний технічний університет сільського господарства
ім. Петра Василенка, м. Харків, Україна.*

Omiroshnyk@ukr.net

У зв'язку з енергетичною кризою в країні, постало важливе питання про підвищення якості електричної енергії та зниження додаткових втрат в лініях електропередач 0,38/0,22 кВ. Статистичні дані показують, що середня довжина лінії 0,38/0,22 кВ сягає понад 1 км. Тому забезпечити допустимі рівні відхилення напруги у найвіддаленішого споживача за таких умов є практично неможливим. Крім того втрати електричної енергії сягають 15 - 20 % від переданої електричної енергії в мережу. На сьогоднішній день існує декілька шляхів вирішення даної проблеми, одним з яких є перехід на іншу структуру системи електропостачання [1].

Проблема якісного електропостачання з мінімальними втратами сьогодні в нашій країні дуже актуальна. Сучасним рішенням – є модернізація розподільних мереж, а саме структура побудови мережі. Найбільш поширеними є два проекти побудови систем електропостачання – США та Європи.

Для обох систем електропостачання обладнання однакове: кабелі, провідники, ізоляція, розрядники, трансформатори і регулятори. Обидві системи радіальні, схожі потужність та рівні напруги.

В порівнянні з моделлю мережі США, в Європейській розподільній мережі використовуються більш потужні трансформатори і кількість користувачів на один трансформатор значно більше [2]. В Європі використовуються трифазні трансформатори з номінальною потужністю приблизно 100 – 1000 кВА, а це набагато більше, ніж для типових однофазних трансформаторів в США з номінальною потужністю 10 – 50 кВА.

В США стандартна напруга на вторинній мережі – 120/240 В. Тому величина падіння напруги визначає довжину вторинної мережі для побутових споживачів і не перевищує 250 фунтів. В Європі вторинна мережа прокладається на довжину більш ніж 1 миля. Рівень вторинної напруги в Європі більший ніж в інших країнах і досягає рівня 220 В, 230 В або 240 В.

В проектах США живлячі лінії вторинної мережі використовуються як основні вітки системи. В європейських проектах такий підхід використовується не часто. Деякі відмінності в енергосистемах зводяться до відмінностей у величині навантаження та інфраструктурі.

Американська система більш гнучка, якщо аналізувати рівень високої напруги, а Європейська – у вторинній частині розподільних мереж. У міських мережах Європейська система дає переваги як раз в гнучкості вторинних мереж. Для сільських мереж і територій, з розосередженим навантаженням, схема первинної мережі Америки виявляється більш оптимальною. Розподільні мережі США більше підходять для розвитку в частині збільшення кількості споживачів, удосконалення та розширення.

Багаторазово заземлена нейтраль в Американській системі первинної розподільної мережі дає багато переваг з точки зору безпеки. Релейний захист та автоматика стають більш чутливим до коротких замикань, а нейтраль діє як фізичний бар'єр, так само запобігаючи виникненню небезпечної напруги під час коротких замикань.

Аварії в американській системі рідше призводять до перебоїв електропостачання, зокрема перебої електропостачання в Європі відбуваються на 35% частіше. Втрата основного трансформатора призводить до відключення всіх споживачів.

Як правило, в Європейській системі електропостачання зниження напруги та короточасні відключення майже відсутні. Тому що в ній менше впливів, що відбуваються в первинній системі, які можуть привести до меншої кількості короточасних перебоїв електропостачання в порівнянні з Американською системою, що використовує запобіжники.

На основі вищесказаного виконано моделювання 4-провідної Європейської системи електропостачання 0,38/0,22 кВ та Американської системи [3]. Результати моделювання на конкретному прикладі мережі показали, що втрати в Американській системі ($W=0,114$ Вт·год) на багато менші ніж в Європейській ($W=115,65$ Вт·год), тому що в США довжина вторинної мережі складає всього декілька метрів від трансформатора до споживача.

Висновок. Порівняльний аналіз систем електропостачання Європи та США показав, що в Американській системі електропостачання втрати електроенергії значно нижчі, ніж в Європейській системі. Різниця у величині втрат електричної енергії в проводі сягає понад 100 разів на перевагу Американській системі електропостачання.

Література

1. Левин М. С. Анализ несимметричных режимов сельских сетей 0,38 кВ. / М. С. Левин, Т. Б. Лещинская //– Электричество, 1999. - №5. – С. 18 – 22.
2. Ангелов Д. Д. Исследование несимметрии в воздушных электrorаспределительных сетях 0,38/0,22 кВ и пути ее ограничения: Автореф. дис. канд. техн. наук. – София, 1980. – 24 с.

3. Мирошник А. А. Энергосберегающие решения при проектировании систем электроснабжения сельских потребителей / А. А. Мирошник // Наукові праці Донецького національного технічного університету. – Донецьк : ДНТУ, 2013. – №1(14). – С. 189 – 192.

ЕНЕРГОЄМНІСТЬ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ ПОСІВНОГО ЗЕРНА НА ЗЕРНОПУНКТАХ

Постнікова М.В., к.т.н., доцент

Таврійський державний агротехнологічний університет,

м. Мелітополь, Україна.

Marina_P1963@mail.ru

Раціональне використання електроенергії на зернопунктах, оснащених енергоємним технологічним обладнанням, особливо актуально тепер, коли прийнята Національна енергетична програма України з енергозбереження. Відомо, що 1 одиниця зекономленої електроенергії може зекономити не менш 5 одиниць первинних енергоресурсів.

На даний час відсутня методика, що дозволяє проаналізувати вплив режимів роботи обладнання на ефективність перетворення та використання електричної енергії як в окремих потокових лініях, так і в цілому по зерноочисним агрегатам. При цьому встановлено, що найбільш інформативним показником для визначення енергозберігаючих режимів роботи є питомі витрати електричної енергії на процес обробки зерна. Встановлено, що дослідження впливу режимів роботи силового електрообладнання на процеси перетворення та використання електричної енергії найбільш доцільно проводити на базі зерноочисних агрегатів вітчизняного виробництва ЗАВ-20, ЗАР-5, ЗАВ-40, ЗАВ-25.

Більша частина споживаної електроенергії витрачається на робочий процес технологічного зерноочисного агрегату, а решта витрачається на втрати в електродвигуні. Ефективність перетворення та використання електроенергії визначається співвідношенням цих потужностей і залежить від коефіцієнта завантаження двигуна. Максимальна ефективність перетворення при мінімальних втратах у двигуні в сталому режимі відповідає режимам роботи, при яких постійні втрати у двигуні дорівнюють змінним [1-3].

Основні втрати потужності в силовому приводному електрообладнанні обумовлені робочими процесами технологічних машин, проаналізувавши які, можна отримати інформацію про ефективність використання електричної енергії в конкретному технологічному агрегаті і визначити загальні методи енергозбереження при обробці зерна. Тому для синтезу математичної моделі питомих витрат електричної енергії процесу обробки зерна, крім аналізу процесів перетворення електричної енергії в силовому приводному електрообладнанні потокових ліній очищення зерна, був проведений більш

детальний аналіз використання енергії при виконанні технологічних операцій очищення зерна на зерноочисних агрегатах.

Основною і обов'язковою умовою найбільш економічної роботи потокових ліній зерноочисних агрегатів ЗАВ-20, ЗАР-5, ЗАВ-40, ЗАВ-25 є однакова номінальна продуктивність всіх машин, з'єднаних послідовно. В протилежному випадку, продуктивність потокової лінії визначається тією машиною, яка має найменшу номінальну продуктивність. Наприклад, якщо лінія працює з трієрами, то трієри є лімітуючими машинами, що задають продуктивність всієї потокової лінії. Якщо лінія працює без трієрів, то лімітуючими є зерноочисні машини, які задають продуктивність всієї потокової лінії. Це визначає питому витрату електроенергії на обробку 1 т зерна.

При обґрунтуванні математичної моделі для розрахункового визначення основних технологічних і енергетичних параметрів потокових технологічних ліній зерноочисних агрегатів були використані набори формул і співвідношень, в тому числі і емпіричних, що забезпечують точність розрахунку величин в межах $\pm 5\%$. Визначено, що в технологічно допустимих режимах роботи обладнання ефективність перетворення електричної енергії в робочих процесах машин може бути визначена за допомогою паспортних даних привідних електродвигунів зерноочисних агрегатів.

Для визначення питомих витрат електроенергії потокових технологічних ліній очищення зерна з урахуванням продуктивності лімітуючих машин запропонований метод сумарних потужностей.

Насіннєве зерно дороблюють на зерноочисних агрегатах, а також на насінноочисних машинах. Насінноочисна приставка може бути додатково введена до зерноочисного агрегату або до зерноочисно-сушильного комплексу. Теоретичні дослідження проводились для п'яти маршрутів технологічних схем насінноочисної приставки.

У результаті досліджень було встановлено, що питомі витрати електроенергії на дороблювання однієї тони насіння вище, ніж однієї тони продовольчого зерна в середньому на 20 %.

За розрахунковими даними базової питомої витрати електроенергії були побудовані залежності $P_{пр.} = f(Q)$, $W_{пит.} = f(Q)$, $W_{пит.} = f(K_3)$.

По цим залежностям були побудовані номограми, які дозволяють визначити мінімальні питомі витрати електроенергії на очищення посівного зерна на зернопунктах у залежності від продуктивності та технологічної схеми.

Література

1. Гончаров А. А. Энергетические характеристики зерноочистительных агрегатов. / А. А. Гончаров // Механизация и электрификация сельского хозяйства Узбекистана. - Ташкент, 1975. - Вып. 77. - С. 28 - 31.

2. Постнікова М. В. Энергозберігаючі режими роботи електромеханічних систем обробки зерна на зернопунктах: автореф. дис. канд. техн. наук / М. В. Постнікова. – Мелітополь, 2011. – 22 с.

3. Постникова М. В. Исследование потерь активной мощности в системе «электродвигатель-рабочая машина» / М. В. Постникова, Р. В. Телюта // Праці ТДАТУ. – Мелітополь, 2011. – Вип. 11, т. 3. – С. 165 - 172.

АНАЛІЗ ПРАКТИКИ ОЦІНЮВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ РОЗПОДІЛЬНИХ МЕРЕЖ

Трунова І. М., к.т.н., доцент

*Харківський національний технічний університет сільського господарства
імені Петра Василенка, м. Харків, Україна.*

tirmix@yandex.ua

Процес надійного забезпечення споживачів електроенергією залежить, насамперед, від технічного стану розподільних мереж. З метою підвищення ефективності технічної експлуатації обладнання електропередавальних організацій (ЕПО) необхідне оцінювання його технічного стану для визначення пріоритетних робіт з негайного усунення значимих дефектів та розробки або коригування графіків поточних ремонтів та технічних обслуговувань обладнання для усунення дефектів, які не потребують негайного втручання. Це дозволяє направити обмежені матеріальні ресурси на відновлення або заміну найменш надійного обладнання та визначити перспективні економічні витрати для проведення робіт технічної експлуатації електрообладнання.

В ЕПО облік та аналіз технічного стану обладнання виконується за рекомендаціями відповідних методичних вказівок, таких як [1], де приведений перелік характерних дефектів елементів розподільних мереж (в тому числі значимих дефектів), наявність яких враховується для якісної та кількісної оцінки технічного стану повітряних ліній та трансформаторних підстанцій. Практичний досвід застосування вказаної методики в навчальному процесі під час проведення практичних робіт зі студентами [2,3] та досвід фахівців обленерго, з якими обговорювалися ці питання на курсах підвищення кваліфікації в ХНТУСГ, дозволив сформулювати рекомендації щодо підвищення достовірності та точності оцінки технічного стану обладнання ЕПО.

Насамперед, достовірною та точною має бути інформація з обліку наявного обладнання розподільних електромереж та інформація листів огляду повітряних ліній та трансформаторних підстанцій, що є основою для подальших розрахунків та аналізу. Суб'єктивний фактор залишається в цьому питанні одним із основних. Тому в програмах курсів підвищення кваліфікації фахівців обленерго обов'язково слід передбачати лекції з обліку

та аналізу технічного стану розподільних мереж з роз'ясненням мети та завдань належного виконання відповідних робіт фахівцями.

Типова форма листа огляду передбачає графу «Найменування дефекту», де необхідно вносити формулювання найменування дефектів, особливо ті, що є значимі (які враховуються у розрахунках якісної та кількісної оцінки технічного стану елементів розподільних мереж), відповідно до формулювання в методичних вказівках [1], щоб спростить вибір коду дефекту для наступних розрахунків. Сучасні комп'ютерні технології дозволяють виконувати подібні роботи найбільш ефективно, наприклад, автоматизовані системи керування активами, які мають модуль «Ремонт та обслуговування», зокрема, електроустановок, із мобільним обладнанням, що дозволяє, по-перше, точно ідентифікувати об'єкт за штрих-кодом, RFID метками або GPS координатами, та обрати тип дефекту з довідника, автоматично формуючи звітність з проведеного огляду.

Крім того, необхідне вдосконалення методичних вказівок [1] внаслідок виявлених недоліків. Наприклад, не приводяться деякі коди дефектів комутаційних апаратів розподільних пристроїв напругою 0,4 кВ, апаратів захисту, ізоляторів шин тощо, при наявності яких коефіцієнт дефектності вказаних елементів приймається рівним 100. Слід відмітити також недостатню довідникову базу методичних вказівок [1], зокрема, щодо розрахункового об'єму елементів дерев'яних та залізобетонних опор.

Розрахунки, що пов'язані з визначенням коефіцієнтів дефектності, якісною та кількісною оцінкою технічного стану обладнання розподільних мереж дуже трудомісткі, тому актуальне впровадження комп'ютерних технологій, що дозволяє підвищити точність та достовірність отриманих результатів для відповідного звіту як для аналізу в ЕПО, так і для звітної інформації за формою 56-енерго, яка за наказом Мінпаливенерго №352 від 01.07.2008 року має надаватися до Держенергонагляду та до Головного інформаційно-обчислювального центру Міністерства енергетики та вугільної промисловості України. В умовах збільшення кількості застарілого обладнання розподільних мереж підвищення точності та достовірності інформації щодо його технічного стану сприятиме підвищенню ефективності як державного керування технічним переоснащенням та розвитком енергетичної галузі, так і підвищенню ефективності приватних інвестицій. Пілотний проект впровадження РAB-регулювання в декількох облenerго України, що почав реалізовуватися в 2016 році, має стимулювати інвесторів вкладати кошти в електроенергетику. А цей процес передбачає оцінювання технологічних ризиків, що має враховувати достовірну оцінку технічного стану об'єктів електроенергетики.

Література

1. Методичні вказівки з обліку та аналізу в енергосистемах технічного стану розподільних мереж напругою 0,38–20 кВ з повітряними лініями електропередачі: СОУ-Н МПЕ 40.1.20.576:2005./ К.: ГРІФРЕ. – 2005. – 67 с.

2. Трунова І. М. Досвід розробки та впровадження курсових тестових завдань з технічної експлуатації енергетичного обладнання. / І. М. Трунова, О. М. Мороз // Збірник наукових праць УПА «Проблеми інженерно-педагогічної освіти». – 2015. - № 48 - 49. – С. 278 - 285.

3. Трунова І. М. Практикум з обліку та аналізу технічного стану розподільних мереж напругою 0,38-20 кВ з повітряними лініями електропередачі: навч. посіб. для студентів вищ. навч. закл. / І. М. Трунова, О. А. Савченко, В. Г. Пазій – Х. : Фінарт, 2016. – 112 с.

ОЦІНКА СТІЙКОСТІ ЕЛЕКТРОПРИВОДА ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ПОТОКОВИХ ЛІНІЙ БІОГАЗОВИХ УСТАНОВОК

*Подобайло В.Г., к.т.н., доцент; Потепенко М.В., старший викладач;
Гайдукевич С.В., старший викладач; Шаршонь В.Л., асистент
Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і
природокористування України «Бережанський агротехнічний інститут»,
м. Бережани, Україна.
m.potapenko@i.ua*

В потоково-виробничих лініях по переробці соломи та відходів рослинництва для використання в біореакторах із – за нерівномірної подачі цих матеріалів порушується технологічний процес їх подрібнення, що визиває перевантаження електродвигунів та окремих елементів конструкції виробничих машин. Сила зчеплення між окремими частинами продуктів рослинництва залежить від розмірів, стану поверхні, вологості. Тому, незважаючи на їх роз'єднання та дозування, попадаючи в робочу машину створюються перевантаження, які проявляються на навантажувальній діаграмі електропривода.

Оскільки момент опору M_0 робочих органів машини обумовлюється багатьма факторами, то навантаження змінюється по випадковому закону.

При перевірці статичної стійкості, щоб не допустити зупинки електродвигуна при перевантаженні, необхідно дотримуватись умови:

$$\mu_k > m_{0max}, \quad (1)$$

де $\mu_k = \frac{\dot{I}_{\hat{e}}}{\dot{I}_{\hat{e}i}}$ - відношення критичних моментів двигуна при значення напруг

U і U_n ; $m_{0max} = \frac{M_{0max}}{M_{\hat{e}i}}$ - відношення максимального моменту опору машини до

критичного моменту електродвигуна при U_n .

Значення m_{0max} можна визначити аналізуючи навантажувальну діаграму, а враховуючи відхилення максимального моменту двигуна від каталожного, то приймаємо його з 10% запасом.

$$m_{0max} = m_{M_0} + 3\sigma_{M_0} + 0,1, \quad (2)$$

де m_{M_0} - математичне сподівання M_0 у відносних одиницях; σ_{M_0} - середньоквадратичне відхилення M_0 у відносних одиницях.

Умову динамічної стійкості можна отримати застосовуючи аналіз енергетичного балансу роботи електропривода при короткочасному різкому зростанні навантаження: $M_0 > M_k$. Для того щоб кутова швидкість була не менше допустимої, маси рухомих частин повинні мати запас кінетичної енергії, достатній для подолання викиду навантаження, оскільки дефіцит моменту двигуна може бути покритий лише за рахунок динамічного моменту, який виникає при зменшенні кутової швидкості:

$$J_{\text{в}} \cdot \frac{\omega_1^2 - \omega_0^2}{2} > \int_0^{t_1} [M_0(t) - M_k] \cdot \omega(t) \cdot dt, \quad (3)$$

де $J_{\text{в}}$ - приведений момент інерції системи; ω_1 - кутова швидкість електроприводу до настання перевантаження; ω_0 - допустима мінімальна кутова швидкість приводу; M_0 - момент опору; t_1 - час викиду навантаження.

Якщо прийняти $\omega(t) = \frac{\omega_1 + \omega_0}{2}$, то після перетворень одержимо умову динамічної стійкості електроприводу:

$$\dot{O}_{\text{в}} > \frac{1}{0,4} \cdot F_B = \frac{1}{0,4} \int_0^{t_1} m_0 \cdot dt - t_1, \quad (4)$$

де $T_{\text{ем}} = J_{\text{в}} \cdot \frac{\omega_0 \cdot S_k}{M_k}$ - електромеханічна постійна часу електропривода; F_B - приведений час викиду навантаження, який дорівнює площі викиду навантажувальної діаграми і є випадковою величиною.

У результаті перетворень умова динамічної стійкості електропривода буде мати вид:

$$\gamma = \frac{0,4 \cdot T_{\text{ем}}}{K_{F_B}} \cdot \sqrt{\alpha^2 + \beta^2} \cdot K_M > \sqrt{2\pi} \cdot K_V \cdot K_3 - \pi(\mu_k \cdot K_M - K_3) \cdot \left[1 - \Phi\left(\frac{\mu_k \cdot K_M - K_3}{K_3 \cdot K_V}\right) \right] \times \\ \times \exp\left[\frac{1}{2} \left(\frac{\mu_k \cdot K_M - K_3}{K_3 \cdot K_V} \right)^2 \right] \quad (5)$$

Нерівність (5) дозволяє узгодити завантаження агрегату з нерівномірністю подачі матеріалу K_V при заданій перевантажувальній здатності двигуна $\mu_k \cdot K_M$, електромеханічній постійній часу $T_{\text{ем}}$ і ймовірнісних характеристиках α і β навантажувальної діаграми електроприводу.

За допомогою параметра γ можна визначити, коли необхідно перевіряти електропривод на статичну, а коли на динамічну стійкість.

Література

1. Гнеденко Б. В. Математические методы в теории надежности. / Б. В. Гнеденко, Ю. К. Беляев, А. Д. Соловьев – М. : Наука, 1965 – 524 с.

2. Ключов В. И. Теория электропривода. / В. И. Ключов – М. : Энергоатомиздат, 1985 – 559 с.
3. Свешников А. А. Прикладные методы теории случайных функций. / А. А. Свешников – М. : Наука, 1968 – 487 с.
4. Чиликин М. Г., Сандлер А. С. Общий курс электропривода. / М. Г. Чиликин, А. С. Сандлер – М. : Энергоиздат, 1981 – 576 с.

РЕКОНСТРУКЦІЯ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПРИ НАЯВНОСТІ НЕВИЗНАЧЕНОСТЕЙ

***Подобайло В.Г., к.т.н., доцент; Потапенко М. В., старший викладач;
Стрільчук Р.О., магістр***

*Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і
природокористування України «Бережанський агротехнічний інститут»,
м. Бережани, Україна.
m.potapenko@i.ua*

Ефективність капіталовкладень в енергетику буде оптимальною лише тоді, коли кожне технічне рішення економічно обґрунтоване.

При реконструкції електричних мереж всю інформацію про стан системи електропостачання можна отримати з необхідною точністю, але ряд факторів, які характеризують розвиток системи, завжди мають в собі невизначеності. Найбільшу невизначеність, яка впливає на всю схему електропостачання має інформація про прогнозовані електричні навантаження.

Елементи мереж розраховують на термін 5-7 років, а потім вони підлягають реконструкції. Тому, вплив помилок в навантаженнях можна зменшити зменшенням проектного терміну реконструкції відповідно до дійсних навантажень, адже за останнє десятиліття навантаження в сільських електромережах зменшилось майже в два рази.

Параметри повітряних ліній (ПЛ) і потужності трансформаторних підстанцій (ТП) змінюються лише дискретно, тому неточність навантаження в межах інтервалу не впливає на технічні рішення.

Складова витрат, яка не залежить від потужності становить близько 75%, тому відносні помилки у витратах значно менші помилок в навантаженнях. У зв'язку з цим, необхідно розробити методіку для кількісної оцінки впливу невизначеності навантаження на прийняття технічних рішень.

Точне значення навантаження з дискретно змінюваними параметрами ПЛ можливе лише в критичних точках, які обмежують інтервал дискретності. В межах інтервалу завжди є неспівпадання перерізу проводів, кількості дільниць лінії, потужності трансформаторів, які залежать від розмірів інтервалу та закону розподілу навантажень.

Розподіл навантаження в сільських електромережах підпорядковується експоненціальному закону. Тоді густина розподілу:

$$\rho(S) = (1/\gamma) \exp(-S/\gamma); \quad (1)$$

де S - розрахункова потужність, кВА; γ - параметр розподілу $\gamma = \sum_{i=1}^n \frac{S_i}{n_i}$.

Інтегральна функція розподілу:

$$F(S) = \int_{-\infty}^0 (1/\gamma) \cdot \exp(-S/\gamma) ds = 1 - \exp(-S/\gamma). \quad (2)$$

Ймовірність неузгоджень в будь-якому інтервалі між двома критичними точками визначиться:

$$F[S_{i_{кк}} < S_{(i+1)_{кр}}] = \frac{1}{\gamma} \int_{S_{i+1}}^{S_i} \exp(-S_i/\gamma) dS = \exp(-S_i/\gamma) - \exp(-S_{i+1}/\gamma). \quad (3)$$

Загальна кількість неузгоджень дорівнює сумі добутків числа ділень ПЛ з даною потужністю на ймовірність появи неузгодженості в цьому інтервалі.

Розміри неузгоджень залежать від $S_{i_{кк}}$ і γ , а також від відхилення дійсного розподілу навантажень від теоретичного. На основі цього можна розрахувати ймовірність недонавантажень і перевантажень.

Навіть при достовірному прогнозі навантажень розміри неузгодженостей між параметрами мереж і навантаженням досягають 24%.

Для ПЛ 10 кВ помилка в прогнозах параметра розподілу γ викликає таку ж помилку у виборі перерізів проводів, що негативно впливає на економічні показники.

Витрати на ПЛ-10 кВ більш стійкі до зміни навантажень ніж витрати на ТП.

Якщо систему можна формалізувати, експертним шляхом необхідно визначати не стан системи в цілому, а лише того елемента, який має невизначеність.

Література

1. Акимцев Ю. И. Электроснабжение сельского хозяйства. / Ю. И. Акимцев, Б. С. Веялис – М. : Колос, 1983. – 384 с.
2. Будзко И. А. Электроснабжение сельского хозяйства. / И. А. Будзко, М. М. Зуль – М. : Агропромиздат, 1990. – 496 с.
3. Веников В. А. Электрические станции сети и системы. Методы оптимизации управления планированием больших систем энергетики. / В. А. Веников, В. И. Идельчик, Т7 – М. : ВИНТИ, 1974. – 208 с.
4. Визначення економічної ефективності капітальних вкладень в енергетику. Методика. Енергосистеми і електричні мережі : ГКД 340.000.002. – Офіц. вид. – К. : ГРІФРЕ : М-во палива та енергетики України. 1997. – 34 с. – (Керівний документ Мінпаливенерго України).
5. Зельцбург А. М. Экономика электроснабжения промышленных предприятий. / А. М. Зельцбург. – М. : "Высшая школа". – 1973. – 270 с.

б. Справочник по проектированию электроснабжения. / [Бабаханян И. С., Бейдер А. А., Геллер А. В. и др.] ; под ред. Ю. Г. Барыбина. – М: Энергоатомиздат, 1990. – 576 с.

МЕТОДИКА ОПТИМІЗАЦІЇ КОМПОНЕНТІВ КОМБІНОВАНОЇ СИСТЕМИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ З АЛЬТЕРНАТИВНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ

*Дудніков С.М, к.т.н., доцент, Чумак Д.А, студент
Харківський національний технічний університет сільського
господарства імені Петра Василенка,
м. Харків, Україна*

Комбінована система енергопостачання (КСЕП) споживачів АПК складається з двох незалежних систем: централізованої і альтернативної на базі відновлюваних та інших джерел.

Створення умов, при яких споживачу буде економічно вигідно підключатись до альтернативних джерел енергії (АДЕ) є актуальною задачею.

З урахуванням [1-2] для досягнення поставленої задачі приймемо систему енергопостачання від АДЕ як автономну незалежну систему, але з врахуванням техніко-економічних показників джерел централізованої системи (ЦС). При цьому повинні виконуватися умови нерівності:

$$Z_{\text{ЦС}} \leq Z_{\text{МС}}, \quad (1)$$

де $Z_{\text{ЦС}}$ – затрати на отримання енергоносіїв від ЦС, грн; $Z_{\text{МС}}$ - затрати на отримання енергоносіїв від місцевої системи енергопостачання (МСЕП) на базі альтернативних джерел енергії, грн.

Для детермінованої постановки вирішення задачі – є задача мінімізації [3] річної функції затрат (З) на побудову і експлуатацію МСЕП:

$$\zeta = \sum_{i=0}^m Y_i \left\{ \sum_{j=0}^n a_{ij} x_{ij} \right\} \rightarrow \min, \quad (2)$$

де Y_{ij} – енергетичний еквівалент i -го джерела: для БГУ – кВт·год/м³, ГЕУ, ВЕС – кВт·год/м²; a_{ij} – питома вартість виробленого та реалізованого j –го виду енергії від i -го джерела, грн/кВт·год; x_{ij} – геометричні розміри i -го джерела для отримання обсягів j –го виду енергії відповідної потужності, м³, м².

Загальні обсяги виробленої j -го виду енергії E від кількості M джерел повинні відповідати загальним обсягам, які необхідні споживачам для задоволення потреб:

Для вирішення та реалізації моделі необхідно обмежити масиви вхідної інформації.

1. Загальні обсяги виробленої j -го виду енергії E від кількості M джерел повинні відповідати загальним обсягам, які необхідні споживачам для задоволення потреб:

$$E_j = \sum_{i=1}^M Y_i k_{vij} k_{nij} x_{nij}, j = 1, \dots, N, \quad (3)$$

де k_{vij} – коефіцієнт, який враховує втрати енергії від i -го джерела; k_{nij} – коефіцієнт незбігання графіків навантаження споживача з наявністю енергії від i -го джерела.

2. Розрахункові максимальні обсяги j - того виду енергії, які очікуються n -им споживачем від i -го джерела E_{maxim} при максимальній загальній потужності P_{ij} за термін часу t :

$$E_{maxim} = \frac{1}{d_{in}} \sum_{i=1}^N P_{ij} \cdot t, i = 1, \dots, M, \quad (4)$$

де d_{in} - коефіцієнт різноманітності, $d_i \geq 1$,

$$d_{in} = \frac{\sum_{j=1}^N P_{ij}}{P_{ijn}}, \quad (5)$$

де P_{ijn} - потужність n -го споживача.

Для успішного вирішення задачі щодо створення КСЕП необхідно на перших етапах проектування виконати оцінку оптимальних її параметрів. Результати розробленої цільової функції щодо оптимізації компонентів КСЕП в напрямку мінімізації допустимих затрат на побудову і експлуатацію КСЕП створюють умови щодо обґрунтування на стадії проектування оптимальної потужності пристроїв МСЕП та взаємозв'язків між ними з врахуванням мінімізації затрат на вироблення відповідних обсягів енергії.

Література

1. Дудніков С. М. Методика обґрунтування собівартості вироблених видів енергії від величини допустимих витрат. Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України // Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка: технічні науки. - Харків: ХНТУСГ, 2012. - Вип. 130. - С. 21 - 23.
2. Нетрадиційні та поновлювані джерела енергії: Навчальний посібник / [Соловей О. І., Лега Ю. Г., Розен В. П., та ін.]; під ред. О. І. Солов'я. – Черкаси: ЧДТУ, 2007. – 483 с.
3. Данциг Дж. Линейное программирование, его применения и обобщения. Пер. с англ. – М. : Прогресс, 1966. – 598 с.

СЕКЦІЯ 3.
SMART GRID ТЕХНОЛОГІЇ В СИСТЕМАХ ЕНЕРГОЖИВЛЕННЯ
ПЕРСПЕКТИВА РОЗВИТКУ РОЗПОДІЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ
МЕРЕЖ В УКРАЇНІ

*Мороз О.М., д. т. н., професор; Попадченко С.А., ст. викладач;
Пазій В.Г., ст. викладач*

*Харківський Національний технічний університет сільського
господарства ім. Петра Василенка,
м. Харків, Україна.
moroz-fekt@inbox.ru*

Розвиток електричних мереж в Україні з поступовим удосконаленням експлуатації та використанням новітніх технологій переоснащення, зменшення втрат електроенергії та підвищення надійності систем електропостачання, ефективності їх функціонування має першочергову важливість. Потужний розвиток засобів зв'язку, комп'ютерного оснащення підстанцій та поступовий перехід до автоматичної системи управління електричними мережами та підстанціями перед виробниками та науковими співробітниками становить нові задачі по якнайшвидшому удосконаленню їх роботи.

Для реалізації цього напрямку, на наш погляд, необхідний системний підхід, який дозволяє вирішити цю перспективну проблему в комплексі і поетапно.

Поетапне введення нового обладнання дозволить рівномірно формувати в майбутньому джерела програм модернізації обладнання. Потрібно враховувати, що при ремонті і частковій модернізації шаф розподільних пристроїв немає необхідності знеструмлювати всіх споживачів, робота може вестися по черзі на одному приєднанні або посекційно. У разі повної заміни підстанція на час будівельних і пускових робіт виводиться з ладу.

Особливу увагу необхідно звернути на розподільні мережі, які мають велику довжину з підключенням до них значної кількості силових трансформаторів в межах 10...160 (250) кВА. В зв'язку з чим в мережах 6-10 кВ маємо значні технологічні втрати електричної енергії на транспортування.

Створились умови одночасного проведення реконструкції і модернізації розподільних мереж 6-10 кВ, загальна довжина яких знаходиться в межах 300 000 км.

Зі зменшенням навантаження доцільніше замінити напругу 10-6 кВ розподільних мереж на напругу 20 кВ і перейти до створення системи 110 – 20 – 0,4 кВ. Використання напруги 20 кВ приведе до зменшення технологічних втрат та покращення якості електричної енергії.

Сучасні технічні рішення дозволяють при реконструкції, модернізації та будівництві ліній в важких економічних умовах зниження транспортної ваги опор, простоти монтажу, високої питомої міцності опор, довговічності, вандалостійкості, стійкості до впливу кліматичних навантажень, екологічності.

Так, наприклад, необхідно впровадження нових форм опор, композитних, з застосуванням ізолюваних траверс і модифікації існуючих конструкцій. Композитні опори ПЛ представляють собою модульну конструкцію з послідовно зібраних конусоподібних композитних модулів на основі скловолокна (склоровінга).

Крім цього, для розвитку розподільних мереж необхідно підвищити рівень автоматизації мережі (зміни характеристик і топології мережі в автоматичному режимі), скорочення часу монтажних робіт та ремонтів елементів електричної мережі, зниження вартості сучасного, надійного і високоефективного обладнання з використанням силової електроніки, широке застосування цифрових пристроїв захисту та автоматики, створення підстанцій нового типу - цифрових підстанцій (ЦПС).

У перспективі цифрова підстанція буде ключовим компонентом інтелектуальної мережі (Smart Grid).

Необхідно провести заміну недостатньо точних вимірювальних трансформаторів струму і напруги на сучасні трансформатори з більш високим класом точності. Це дозволить перейти на нову інформаційно-оперативну модель управління режимами роботи підстанцій, яка враховувала б додаткову інформацію, що поступає з розподілених об'єктів енергосистеми, та значно підвищить ефективність управління в цілому.

Впроваджувати дистанційно керовані високовольтні вимикачі замість ручних та переходити до модульності обладнання на підстанціях зі здійсненням комплексної заміни всього застарілого первинного та вторинного устаткування. Збільшувати використання поновлюваних джерел енергії та інтеграції їх в мережу.

Література

1. Бочаров Ю. Н. К вопросу о композитных опорах воздушных линий. / Ю. Н. Бочаров, В. В. Жук – [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/k-voprosu-o-kompozitnyh-oporah-vozdushnyh-liniy>.
2. Гончар М. І. Деякі аспекти вибору напруги 20 кВ для сільських розподільних мереж. / М. І. Гончар, С. А. Попадченко // Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка «Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України». – Харків: ХНТУСГ – 2012. - Вип. 130. – С. 6 - 8.

3. Данилин А. Цифровая подстанция. Подходы к реализации. / А. Данилин, Т. Горелик, О. Кириенко, Н. Дони // Журнал “ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ. Передача и распределение” №3. – 2012 // [Электронный ресурс]. – URL: http://eep.ru/article/Cifrovaya_podstaniya_Podhody_k_realizacii.

4. Пищур А. Современные подходы к модернизации электрических сетей// ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ. Передача и распределение. 2012. №3.

5. Ткачев С. П. Модернизация энергетической системы Республики Беларусь как элемент реализации программы энергетической безопасности. / С. П. Ткачев, В. И. Тимошпольский, А. В. Агеев // Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. Энергетика: международный научно-технический и производственный журнал – 2006. – № 3. – С. 5 - 14.

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ

Питолин В.Е., к.т.н., доцент

Полоцкий государственный университет, г.Новополоцк, Беларусь.

Pitolin594@gmail.com

Насосная станция представляет собой несколько центробежных насосов (обычно от 3-х до 14-ти), работающих на общий коллектор (рис. 1).

Идентичность характеристик даже новых центробежных насосов одного и того же типа является условной, а с течением времени их характеристики тем более изменяются в результате износа уплотнений, замены электроприводов, изменения диаметра рабочих колес и т.д.

Так, например, нормативные энергетические характеристики (НЭХ) питательных электронасосов ПЭН-580, которые используются на большинстве ТЭЦ, после 10 лет эксплуатации могут различаться на 20-25% (см. рис. 1).

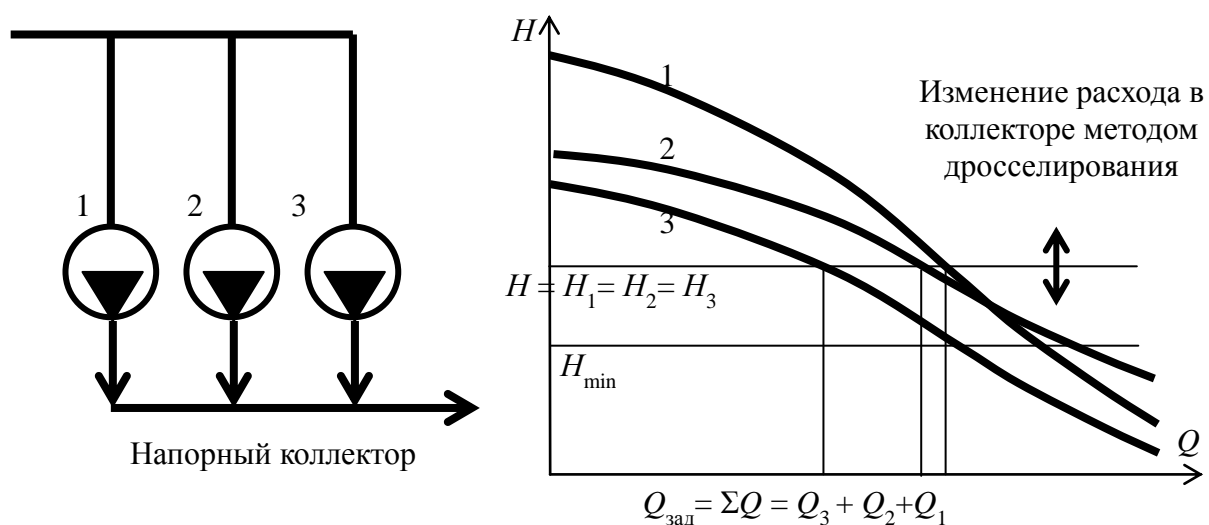


Рис. 1. Расчетная схема насосной станции и графики НЭХ насосов

Поэтому расчет и использование наиболее выгодных сочетаний работающих насосов для обеспечения заданного расхода при минимальной степени дросселирования потока позволяет экономить до 20% электроэнергии.

Расчетная модель насосной станции строится на базе энергетических характеристик насосов, получаемых при проведении экспресс-испытаний.

Аппроксимацию НЭХ насосов необходимо выполнить 6-ти интервальными взвешенными кубическими сплайнами, что позволит обеспечить погрешность расчета параметров не более 1% по отношению к данным экспресс-испытаний.

Порядок аппроксимации графиков НЭХ и формулы для расчета коэффициентов «взвешенного» сплайна приведены в работе [1].

Набор сплайн-функций для вычисления напоров и активных мощностей электроприводов каждого из n насосов выглядит следующим образом:

$$\begin{aligned}
 H_1 &= Spl6_Q1(q_1^1, \dots, q_7^1, q_k^1, h_1^1, \dots, h_7^1, h_k^1, Q_1) \\
 H_2 &= Spl6_Q2(q_1^2, \dots, q_7^2, q_k^2, h_1^2, \dots, h_7^2, h_k^2, Q_2) \\
 &\dots \\
 H_n &= Spl6_QN(q_1^n, \dots, q_7^n, q_k^n, h_1^n, \dots, h_7^n, h_k^n, Q_n) \\
 W_1 &= Spl6_W1(q_1^1, \dots, q_7^1, q_k^1, w_1^1, \dots, w_7^1, w_k^1, Q_1) \\
 W_2 &= Spl6_W2(q_1^2, \dots, q_7^2, q_k^2, w_1^2, \dots, w_7^2, w_k^2, Q_2) \\
 &\dots \\
 W_n &= Spl6_WN(q_1^n, \dots, q_7^n, q_k^n, w_1^n, \dots, w_7^n, w_k^n, Q_n)
 \end{aligned}$$

Целевой функцией оптимизации является минимизация суммарного потребления активной мощности работающими насосами насосной станции.

$$F = \sum W_n(Q_n) \rightarrow \min \quad (1)$$

Решение находится методом простого перебора всех возможных вариантов для группы из m насосов для заданного расхода в сборном коллекторе Q .

При выполнении вычислений уравнения, содержащие сплайн-функции, приводятся к системе линейных уравнений вида (2)

$$\left. \begin{aligned}
 H &= a_m Q_m + b_m \\
 Q &= \sum Q_m
 \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

для окрестности точек $\bar{Q} = Q/m$ текущей группы из m рассчитываемых насосов. Полученная система из $m+1$ уравнений, содержащая $m+1$ неизвестных – Q_1, Q_2, \dots, Q_m и H , решается для заданного Q относительно Q_m при ограничении $H > H_{min}$.

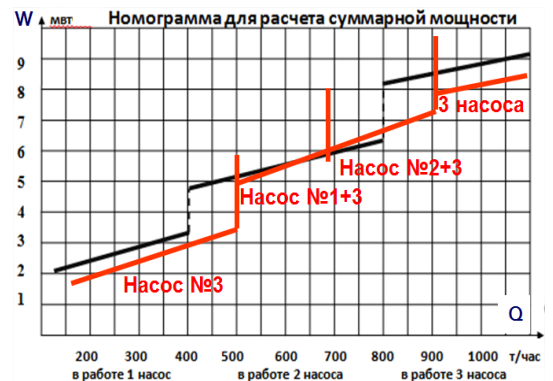


Рис. 2. Пример расчета оптимальных режимов работы насосной станции.

Можно искать решение и одним из итерационных методов при $Q_{k-1} = Q/m$ без преобразования сплайн-функций в систему линейных уравнений.

Полученные значения Q_m подставляем в формулу (1) и выбираем минимум.

Пример результатов оптимизации представлен на рис. 2.

Время вычислений по представленному алгоритму для 10-ти насосов не превышает нескольких секунд, поэтому использование методов оптимизации сокращающих время вычислений (Беллмана или Лагранжа) не требуется.

Литература

1. Свечко М. В., Питолин В. Е. Метод сплайн - аппроксимации и интерполяции графических характеристик сложных энергетических объектов в расчетных моделях. / М. В. Свечко, В. Е. Питолин // Фундаментальные науки. Серия С (Вестник ПГУ, Новополюцк) – 2007. - №3. - С. 85 - 89.

ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО МЕТОДИКИ ОПТИМАЛЬНОГО РОЗМІЩЕННЯ ДЖЕРЕЛ РОЗПОДІЛЕНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ ТА ЙОГО ПОТУЖНОСТІ В РОЗПОДІЛЬНІЙ ЕЛЕКТРИЧНІЙ МЕРЕЖІ

Кожан Д.П., аспірант

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ, Україна.
KOZHANI4@I.UA*

Впровадження джерел розподіленої генерації (ДРГ) (такі як, перетворювачі сонячної і вітрової енергії, ГЕС на малих ріках і т. п.) в розподільних електричних мережах забезпечує чистоту навколишнього середовища, збільшує економію паливних ресурсів та зменшує втрати електроенергії в мережах за рахунок наближення виробництва електроенергії до споживачів [1].

При цьому одними із проблемних виникають питання щодо визначення оптимальних місць розташування ДРГ в системах електропостачання та їх величин активної і реактивної потужності з врахуванням розподілу між генеруючими об'єктами.

Можливі два підходи щодо визначення оптимальних місць розташування ДРГ та величини їх потужності:

1) у процесі проектування системи електропостачання з врахуванням її елементів узагальненими параметрами [2, 3].

2) в умовах експлуатації розподільних електричних мереж, що живляться від системного електропостачання.

Експериментальні дослідження виконані на прикладі фрагменту схеми електричної мережі напругою 10 кВ з величинами вузлового навантаження, приведеними на рис. 1.

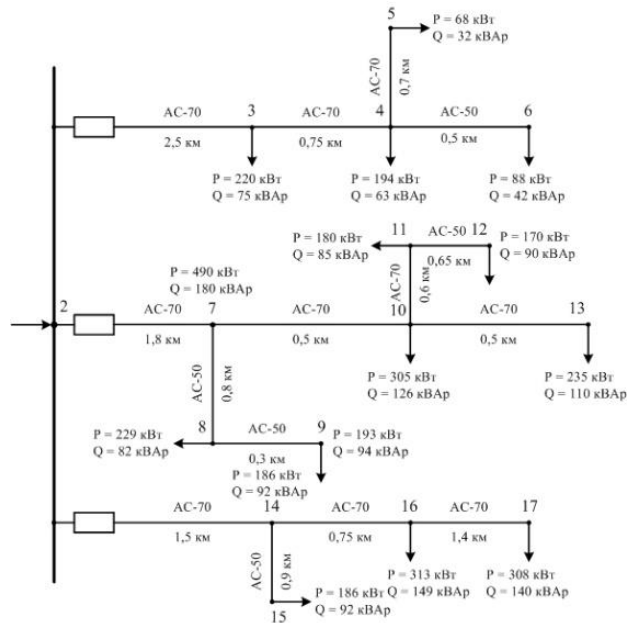


Рис. 1. Фрагмент схеми електричної мережі напругою 10 кВ.

Результати розрахунку режиму максимального навантаження у виді вузлових напруг приведені в табл. 1.

Таблиця 1

Розрахункові значення вузлових напруг схеми

№ вузла	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
U, кВ	10,39	10,37	10,37	10,37	10,24	10,22	10,21	10,20	10,19	10,18	10,19	10,38	10,37	10,34	10,31

Втрати активної потужності в режимі максимального навантаження фрагменту електричної мережі склали $\Delta P = 68,32$ кВт.

Результати табл. 2 показують, що найбільш економічним впровадженню одного ДРГ відповідає вузол 10.

Таблиця 2

Результати розрахунків активної і реактивної потужності при $U_2 = 10,5$ кВ

Вузли мережі	Вузлове навантаження		$P_{ген}$, кВт	$Q_{ген}$, кВАр	ΔP , кВт	Вектор-градієнт
	P, кВт	Q, кВАр				
2	-	-	-	-	-	-
3	220	75	569,82	211,90	62,73	0,08757
4	194	63	515,74	192,10	62,29	0,06012
5	68	32	439,08	165,74	63,05	0,01428
6	88	42	468,96	184,04	62,67	0,03934
7	490	180	1804,37	768,48	25,05	0,07993
8	229	82	1426,90	659,23	30,25	0,13342
9	193	94	1313,58	623,00	32,49	0,08408
10	305	126	1603,18	689,42	24,42	0,08957
11	180	85	1348,04	585,24	29,12	-0,00726
12	170	90	1163,24	538,12	32,94	0,06586
13	235	110	1364,65	589,53	29,66	0,05022
14	186	92	994,60	473,78	57,23	-0,01434
15	186	92	721,34	380,95	59,23	0,07945
16	313	149	869,07	411,72	55,63	0,06331
17	308	140	654,75	308,04	56,68	0,07188

Для підтвердження щодо вибору оптимальних як місця впровадження ДРГ, так і його потужності проведені експериментальні розрахунки по зміні величини потужності ДРГ на прикладі даних табл. 2. Так, зменшення P_{10} до величини 1403,18 кВт і Q_{10} до величини 589,42 кВАр призводить до збільшення втрат в фрагменті мережі до $\Delta P = 25,14$ кВт, а збільшення P_{10} до величини 1803,18 кВт і Q_{10} до величини 789,42 кВАр втрати в фрагменті збільшуються до $\Delta P = 25,04$ кВт.

Проведені експерименти щодо впровадження одного ДРГ в фрагмент розподільної мережі напругою 10 кВ показали можливість використання запропонованої методики.

При значних об'ємах розподільних мереж може виникнути необхідність у впровадженні більшої кількості ДРГ. Проте вплив значної кількості електричних параметрів на вибір оптимальних місць розташування ДРГ та величин їх потужностей може призвести до необхідності удосконалення запропонованої методики.

Література

1. Зміни встановленої потужності ОЕС України [Електронний ресурс]. – 2014. – Режим доступу: http://www.ukrenergo.energy.gov.ua/ukrenergo/control/uk/publish/article?art_id=149524&cat_id=35061.
2. Кирик В. В. Сенсорний метод пошуку місця встановлення джерела розподіленого генерування. / В. В. Кирик, О. С. Губатюк // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2015. – № 6. – С. 136 – 140.
3. Козирський В. В. Рекомендації щодо вибору потужності джерел розподіленої генерації в розподільних електричних мережах сільських регіонів. / В. В. Козирський, О. В. Гай, В. М. Бодунов // Науковий вісник НУБіП України. Серія «Техніка та енергетика АПК». – 2012. – Випуск 174. – С. 24 – 30.

СЕКЦІЯ 4.
РЕЛЕЙНИЙ ЗАХИСТ ТА АВТОМАТИКА РОЗПОДІЛЬНИХ
ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ

ЗАСТОСУВАННЯ АЛГОРИТМІВ ТА МЕТОДІВ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ
ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ

Бунько В.Я., к.т.н., доцент

*Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і
природокористування України «Бережанський агротехнічний інститут»,
м. Бережани, Україна.
VBunko@gmail.com*

Розвиток у 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.

Оцінка надійності релейного захисту по сталих величинах коефіцієнтів неготовності може привести до значних похибок і принципових якісних помилок. Надійність варто оцінювати за середнім значенням функції неготовності за період між регулярними перевірками. Такі особливості функціонування систем РЗА, як наявність у потоці відновлень регулярних, а також нестационарна випадкова складових, залежність процесів відмов і відновлень справності по групах дефектів і інші, можуть привести при використанні методу кіл Маркова до похибок.

У рамках методу імітаційного моделювання можливий коректний облік особливостей, які властиві системам РЗА, і різних факторів, що впливають на їхню надійність.

При розрахунку показників надійності варто враховувати в потоці відновлень короткі замикання в силовій частині системи електропостачання.

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.

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.

У даному випадку предметом дослідження являється надійність та функціонування систем РЗА, схеми резервування комплектів релейного захисту стосовно до захисту об'єктів, (ліній електропередач, силових трансформаторів, збірних шин).

При вирішенні даного питання використовують: методи дослідження інформації (теорія надійності, теорії ймовірностей і математичної статистики), методи дослідження процесів (теорії масового обслуговування), обчислювальні експерименти (теорії імітаційного моделювання і комп'ютерні технології).

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).

Алгоритм розрахунку показників надійності захисту ЛЕП наступний. Спочатку необхідно визначити, які типи захистів будуть встановлені на захищаючому об'єкті, в даному випадку ЛЕП.

Першим 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; коефіцієнт неготовності до спрацьовування при ушкодженні об'єкта, який захищається; параметр потоку зовнішніх КЗ; коефіцієнт неготовності захисту при зовнішніх КЗ.

Другий крок. Показники надійності розподільної шафи захисту при міжфазних КЗ (основний і резервний захист незалежно діють на вимикання ЛЕП) аналогічні кроку 1.

Третій крок. Загальні показники надійності шафи релейного захисту (основний і резервний) захист незалежно діють на вимикання 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; відсоток неправильних дій захисту, і т.д.

Як висновок слід зауважити, що показники ефективності та надійності релейного захисту та автоматики в більшій мірі залежать від виду й виконуючих функцій захищаючого об'єкту в енергосистемі.

Література

1. Бунько В. Я. Аналіз методів та засобів підвищення надійності елементів релейного захисту. Технологический аудит и резервы производства №3(1) (2015). – С. 26 - 30.
2. Чернобровов Н. В. Релейная защита энергетических систем. / Н. В. Чернобровов, В. А. Семенов – М. : Энергоатомиздат, 1998, – 800 с.
3. Шалин А. И. Оценка эффективности релейной защиты на этапе проектирования. / А. И. Шалин, А. С. Трофимов // Научный вестник НГТУ. – 2007. – № 3 (28). – С. 167 - 180.

СЕКЦІЯ 5.
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ, РОБОТОТЕХНІКА
І АВТОМАТИКА У ПРИРОДОКОРИСТУВАННІ

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОЗДАНИИ
МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ БИОНИЧЕСКИХ ПРОТЕЗОВ

Кулиш С.Н., к.т.н., профессор

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского
«Харьковский авиационный институт». г. Харьков, Украина.*

j.a.voloshyn@gmail.com

Бионика – прикладное направление науки, изучающее использование в технических устройствах, а также в системах принципов организации, функций, структур и свойств живой природы.

Одним из самых важных направлений исследования, связанных с бионикой, являются бионические протезы и импланты. Главные особенности таких протезов заключаются в их возможностях воспроизводить функции утраченных конечностей и недостающих органов. Бионические протезы – это протезы контролируемые головным мозгом человека.

Развитие электроники, современный уровень технического производства и компьютерных технологий позволяют разрабатывать протезы дающие возможность функционального и косметического восстановления поврежденной или отсутствующей конечности, что дает возможность улучшить жизнь конкретного человека и имеет большое социальное значение.

В мире известно большое количество разработанных протезов с различными уровнями автоматизации и различными системами управления биоэлектрическими потенциалами. Главное отличие таких устройств в методах обработки биопотенциалов.

В связи с этим актуальны вопросы разработки систем оптимально использующих индивидуальные особенности инвалидов к управлению протезами.

Управление бионическими протезами заключается в восстановлении функции конечности, которая достигается с помощью мышечной реиннервации. Принцип работы основан на том, что оставшиеся после ампутации нервы подшиваются к мышцам культы. При движении конечностью нервный импульс вызывает изменение электрического биопотенциала мышцы, который улавливается специальными датчиками протеза, прикрепленного к культе конечности.

Сигнал от датчика поступает по каналу на микроконтроллер и после обработки используется для управления соответствующими механизмам

протеза. Процесс управления полностью контролируется головным мозгом человека. Кроме того, данная идеология бионических протезов дает возможность чувствовать температуру и давление человеку посредством датчиков, сигнал от которых поступает на кожу культи, с наличием чувствительных нервных окончаний. Такая обратная связь создает ощущение присутствия собственной конечности. Способность управления системой определяется активностью мышц.

Микропроцессор предназначен для обработки биоэлектрических сигналов, кроме того индивидуального для каждого инвалида вносятся программы раздельного управления исполнительными механизмами (рис.1).

Данные решения позволяет улучшить функциональность протезов за счет раздельного управления каждым исполнительным механизмом и возможностью использования индивидуальных программ под конкретного пациента.

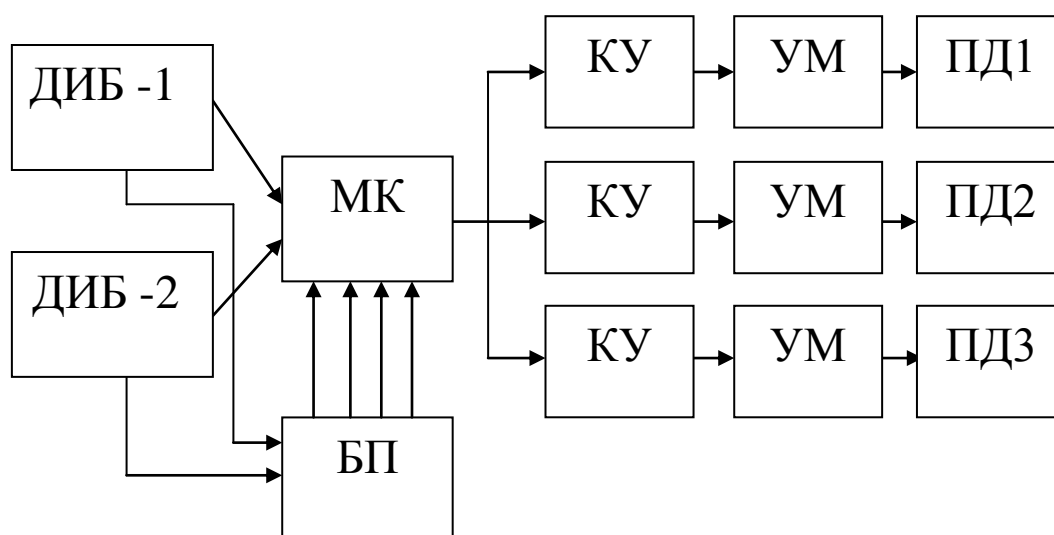


Рис.1. Функциональная схема системы управления протезом руки на три различные движения:

ДИБ-1 и 2 – датчики измерения биоэлектрических потенциалов; МК – микроконтроллер; БП – блок программ; КУ – корректирующие устройства; УМ – усилитель мощности; ПД1,2,3 – микропривод движения

Литература

1. Красюк Г. В. Основы протезирования [Текст] / Г. В. Красюк, М. Т. Ковалько и др. — Х.: ХТУРЭ, 2000. — 300 с.
2. Семенец В. В. Биоэлектрическая система управления протезом предплечья с одним управляющим датчиком [Текст]— Харьков: ХТУРЭ, 1998. — С. 420–421.
3. Фарбер Б. С. Теоретические основы построения протезов нижних конечностей и коррекции движения. / Б. С. Фарбер, А. С. Витензон, И. Ш. Морейнис — М. : ЦНИИПП, 1994. — 645 с.
4. Славуцкий Я. Л. Физиологические аспекты биоэлектрического управления протезами. / Я. Л. Славуцкий — М. : Медицина, 1982. — 289 с.

ГЕОМЕХАТРОННИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ГЕОМЕХАНІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ВНУТРІШНЬОГО КОНТУРУ ВИРОБКИ

Шевчук С.П., док. техн. наук, професор; Зайченко С.В., док. техн. наук, доц.; Ваннічна В.В., канд. техн. наук, доц.

Національний технічний університет України “КПІ”,

м. Київ, Україна.

zstefv@gmail.com

Сучасний етап розвитку засобів визначення властивостей і діагностування стану геотехнічних об'єктів характеризується застосуванням останніх досягнень механіки, інформаційних технологій, електротехніки і теорії керування. Застосування таких напрямів розвитку науки і техніки в поєднанні з географією і геологією дозволило створити якісно нові напрями геоінформатику (геоінформаційні системи), телеметрію свердловин, внутрішньотрубну дефектоскопію та ін. Данні системи представляють собою інтегровані комп'ютерні системи, що знаходяться під управлінням спеціалістів-аналітиків, які здійснюють збір, зберігання, маніпулювання, аналіз, моделювання та відображення просторово - співвіднесених даних [1]. В загальному випадку данні системи можливо класифікувати, як мехатронні, з причини наявності всіх характерних ознак: ІТ-технології, електронні системи, системи керування, різні типи датчиків, механічних, оптичних та інших систем збору інформації [2]. Особливий інтерес с точки зору автоматизації вимірювання деформацій на поверхні гірничих виробок з метою створення автоматизованих систем геомеханічного моніторингу [3] викликає створення вітчизняного профілометра підземних виробок на основі багатоцільового геомехатронного комплексу. Подібні роботизовані геоінформаційні комплекси успішно зарекомендували себе в дослідженнях, при яких присутність людини ускладнена: розвідування вулканів, свердловин, пустель, морського дна та ін.

Принцип дії профілометра підземних виробок подібний засобам діагностування нафтопроводів – внутрішньотрубним профілометрам, які, як правило, містять одометр, спайдер, блок живлення, датчик повороту труби і ущільнюючі манжети. Пряме застосування принципу дії даної системи неможливе з ряду причин: переміщення діагностичних комплексів в більшості випадків відбувається за рахунок енергії потоку продукту, що транспортується; позиціонування датчиків відносно осі трубопроводу відбувається шляхом безпосереднього контакту конічних ущільнюючих манжет з внутрішньою периферією контуру. Для переміщення діагностичного комплексу поздовж осі підземної споруди використано пневмоколісний привід візка, на якому розташовано комплекс датчиків з реєструючим обладнанням. Дані для побудови профілю підземної виробки

представляють собою масив даних, який містить відстані від внутрішнього контуру виробки до осі повороту і кут повороту датчика, нахил датчика відносно початкового положення та шлях, який пройшов комплекс. Отримані дані накопичуються в пам'яті пристрою і проходять подальший аналіз шляхом перерахунку відстані від датчика до периферії виробки з корекцією його положення і моделюванням просторової моделі виробки.

Метою проведених досліджень є визначення алгоритму і створення промислово-експериментального зразка геомехатронного комплексу для встановлення дійсного профілю підземної виробки, що дозволить провести аналіз стану кріплення або обробки.

При русі геомехатронного комплексу поздовж виробки положення датчика постійно змінюється в наслідок нерівності поверхні підшови виробки. В загальному випадку площадка з розташованими датчиками відстані, гіроскопом і акселерометром зміщується відносно початкового положення на $\Delta x'$, $\Delta y'$, $\Delta z'$ поздовж і повертається на кути ψ , θ , φ навколо осей початкової системи координат Ox , Oy , Oz (рис. 1).

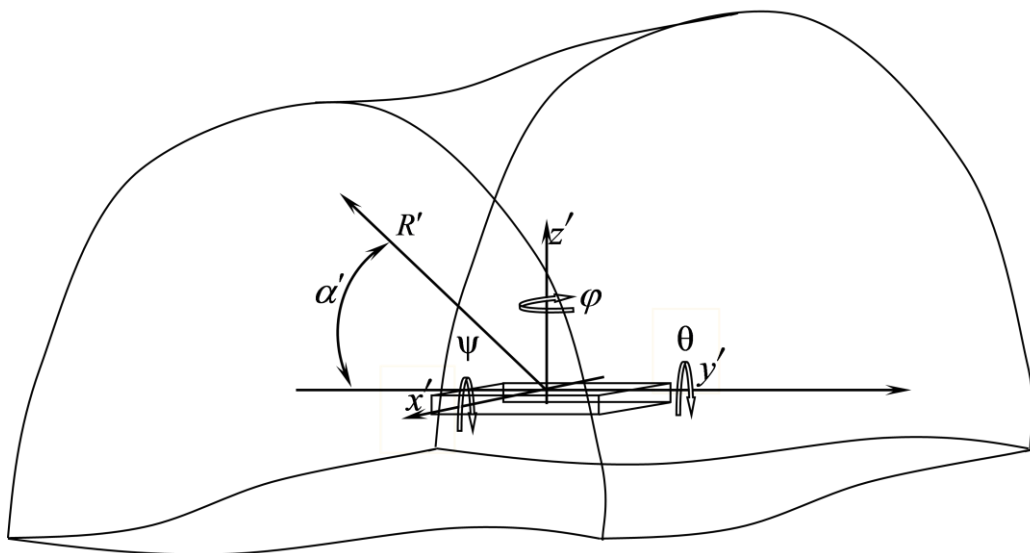


Рис. 1. Схема руху площадки датчиків геомехатронного комплексу

Профіль виробки відносно початкових координат визначається залежністю:

$$R(\alpha) = f(\Delta x', \Delta y', \Delta z', \psi, \theta, \varphi, R', \alpha').$$

Розроблений профілометр підземних виробок на основі багатоцільового геомехатронного комплексу дозволить значно зменшити трудомісткість, матеріаломісткість з одночасним збільшенням повноти і якості процесу збору даних поведінки поверхні гірничих виробок.

Література

1. Кошкарев А. В. Геоинформатика. Толкование основных терминов. / А. В. Кошкарев, В. Н. Бурков // М. : ГИС-Ассоциация, 1998. – 213 с.
2. Мехатроника: Пер с япон. / Исии Х., Иноуэ Х., Симояма И. и др. — М. : Мир, 1988. - 318 с.
3. D. Ferguson, A. Morris, D. Hahnel, C. Baker, Z. Omohundro, C. Reverte, S. Thayer, W. Whittaker, W. Whittaker, W. Burgard, and S. Thrun. An autonomous robotic system for mapping abandoned mines. In S. Thrun, L. Saul, and B. Schölkopf, editors, Proceedings of Conference on Neural Information Processing Systems (NIPS). MIT Press, 2003.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА БЕЗОПАСНОСТИ

*Волошин Ю.А., студентка 6 курсу факультета РТСЛА
Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского
«Харьковский авиационный институт»,
г. Харьков, Украина.
j.a.voloshyn@gmail.com*

Основной из особенностей систем охраны для различных объектов собственности состоит в различии сложности системы, ее назначения, а также стоимости. Владелец дома при установке охранной системы основывается на необходимых технических характеристиках и возможностях системы охраны, а также на стоимости, простоте устройства и надёжности оборудования. Для повышения уровня надёжности системы количество различных устройств необходимо свести к разумному минимуму, который необходим для выполнения поставленной цели и задач.

В настоящее время рынок услуг и оборудования охранной сигнализации стремительно растет, в качестве надежной альтернативы "проводным охранным системам" появилось новое направление GSM сигнализация.

В работе проведен анализ путей улучшения функциональных возможностей систем безопасности домов, а также существующих технологий контроля безопасности и их схемотехнические и конструкторские решения. На основании проведенного анализа разработан перечень требований для разработки охранной системы, позволяющей создать подсистему контроля безопасности. В работе была модернизирована подсистема отвечающая за проникновение, через входную дверь.

Система состоит с двух инфракрасных датчиков: один является передатчиком, а второй – считывателем. Активация датчика происходит сразу после закрытия двери. Между ними образуется замкнутая цепь. Доступ любого постороннего предмета в замочную скважину приводит к изменению входного сигнала, в течение нескольких секунд хозяин и соответствующие службы оповещаются тревожным звонком и смс. GSM модуль представляет собой беспроводное коммуникационное устройство (модем) для

приема/передачі даних в сетях мобільної зв'язи. Данна система являється простим і дешевим пропозицією, яке не потребує особливих знань для її установки і використання. Введення підсистеми може значно знизити ціну загальної системи захисту, підвищити її надійність і знизити ймовірність взлому дверей.

Література

1. Системи охорони периметра [Електронний ресурс] – guard-lviv.com.ua

МОДЕЛЮВАННЯ ТА СИМУЛЯЦІЯ РАДІОКЕРОВАНИХ ВБУДОВАНИХ СИСТЕМ

Головін В.А., к.т.н., доцент

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна.

golva@meta.ua

Для побудови вбудованих систем з радіокеруванням широко використовуються радіомодулі стандартів IEEE802.15.4 (ZigBee), IEEE802.15.1 (Bluetooth), IEEE802.11x (Wi-Fi), а також RF (RF-radio frequency) модулі.

Симуляція електронних схем в пакетах автоматизованого проектування з можливістю підтримки мікроконтролерів дозволяє отримати функціональні та часові характеристики, напруги та струми схеми.

Структурна схема симуляції вбудованих систем з радіоканалом Bluetooth в пакеті Proteus показана на рис. 1.

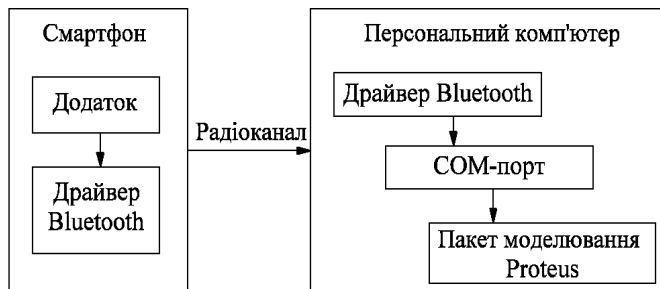


Рис. 1. Структурна схема

Віртуальний драйвер USB пристрою поставляється разом з програмою Proteus. Драйвер дає можливість транслювати команди з схеми до реальних COM-портів комп'ютера та навпаки, згідно протоколу UART/USART. Для передачі команд та обміну даними можна

використати смартфон з операційною системою Android та необхідними додатками [1] написаними на java [2], або ноутбук.

Якщо Proteus встановити на ноутбук, то системи стає мобільною і тестування каналу зв'язку та всієї системи може бути виконано в місті можливої експлуатації.

Запропонована методика надає можливість вирішити комплексну задачу симуляції та налагодження радіокерованих вбудованих систем з реальним

фізичним радіоканалом Bluetooth на базі програмного пакету Proteus та смартфона з ОС Android.

Література

1. <http://appinventor.mit.edu/explore/index-2.html> (дата звертання 20.10.16).
2. <http://ai2.appinventor.mit.edu/?galleryId=5533562808041472> (дата звертання 20.10.16).

ДІАГНОСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ У РОСЛИННИЦТВІ ЗАКРИТОГО ҐРУНТУ МАЛИХ ПІДПРИЄМСТВ

Кашкар'ов А.О., к.т.н., доцент

*Таврійський державний агротехнологічний університет,
м. Мелітополь, Україна
anton.kashkarov@tsatu.edu.ua*

Враховуючи важливу роль сільського господарства в економіці України (11,9% загального обсягу валової доданої вартості всіх галузей економіки за результатами 2015 р.) [2], питання ефективності виробництва та підвищення конкурентоспроможності виробників стають особливо актуальними.

У господарствах населення виробляється понад 85% овочів (88% - 2013 рік; 86% - 2014 р. та 2015 рік). Значну долю займають овочі, які вирощені у спорудах закритого ґрунту (29,7%, 30,8% та 20,3% відповідно). Серед них у спорудах закритого ґрунту у 2015 році було вирощено 26,6 % огірків та 12,9% томатів від загального врожаю огірків і томатів по Україні [2].

Проблема, яка гальмує розвиток даного сектору та не дозволяє впроваджувати сучасні технології виробництва - висока собівартість підтримки та супроводу технологічного процесу рослинництва закритого ґрунту, що ускладнюється додатковими ринковими, агротехнологічними та соціальними складовими економічної діяльності малих підприємств.

Виходячи з аналізу джерел інформації, необхідно відзначити, що керування окремими режимами технологічного обладнання та параметрами розглянуто достатньо повно. При цьому використовуються сучасні алгоритми керування на основі нечіткої логіки, нейронних мереж, генетичних алгоритмів тощо [3, 5, 6]. У розглянутих роботах не приділена увага питанням діагностики біотехнічної системи (споруди закритого ґрунту) або стану технологічного процесу в цілому. Переважна більшість вивченого матеріалу орієнтована на великі тепличні комбінати, що пояснюється їх готовністю фінансувати індивідуальні проекти та наявність персоналу відповідної кваліфікації для впровадження та підтримки інновацій.

У роботах Бородин І.Ф. було приділено увагу автоматизації технологічних процесів у сільському господарстві, у тому числі й у спорудах

закритого ґрунту [1]. Роботи були орієнтовані на контроль певних технологічних параметрів та автоматизації допоміжних операцій.

Здобутки Лисенко В.П. дозволяють впроваджувати та розробляти мобільні комплекси, котрі забезпечать збір даних та їх передачу до систем керування [3]. Кінцевою метою пропонованих ним та його колективом систем керування є максимізація прибутку, що можливо за рахунок використання сучасних технічних засобів автоматизації та інформаційних технологій.

Регулювання параметрів мікроклімату достатньо повно розглядається у роботах Юферева Л. Ю., в яких детально розглядається опромінення рослин та керування газовим складом повітря [4].

Закордонні колеги також розглядають фізичні і технічні процеси, які протікають у теплицях, вивчають алгоритми керування використання електротехнологій у закритому ґрунті (Francisco Rodríguez, Manuel Berenguel та ін.) [6], розробляють системи віддаленого моніторингу та збору даних (Dae-Heon Park, Jang-Woo Park, Nemanja Radojević, Danka Kostadinović та ін.) [7].

Більшість розглянутого матеріалу, автори якого не наведені в огляді, вітчизняних та закордонних колег, об'єднує їх орієнтація на промислові теплиці. Відомо, що для економіки України дуже важливий розвиток приватного овочівництва закритого ґрунту, який здебільшого відбувається у малих господарствах. Під час вивчення актуальності проекту автором відзначаються поодинокі публікації про моніторинг параметрів, автоматизацію технологічного процесу рослинництва закритого ґрунту. Така ситуація характерна і для закордонних спеціалістів, які оформлюють рекомендації для організації технологічного процесу у відкритих виданнях.

Отже, розробка технологія діагностування технологічного процесу та зменшення пестицидного навантаження у рослинництві закритого ґрунту малих підприємств є актуальною задачею.

Розв'язати зазначену проблему в умовах малих підприємств можливо за рахунок впровадження функцій моніторингу, за технологічним процесом рослинництва на основі впровадження систем технічного зору та «хмарних технологій» зберігання та аналізу даних.

Література

1. Бородин И. Ф. Автоматизация технологических процессов / И. Ф. Бородин, Ю. А. Судник. – М. : КолосС, 2004. – 344 с.
2. Державна служба статистики України [електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://ukrstat.gov.ua>.
3. Лисенко В. П. Наукові основи керування електротехнічними комплексами для виробництва сільськогосподарської продукції: дис. ... д.т.н.: 05.09.03 / Лисенко Віталій Пилипович. – К., 2014. – 415 с.
4. Лотонов А. В. Система мониторинга и автоматического регулирования содержания CO₂ в защищенном грунте/ А. В. Лотонов, Л. Ю. Юферев // Инновации в

сельском хозяйстве. – 2012, – 1. – с. 25-31. Режим доступа <http://elibrary.ru/item.asp?id=19082692>

5. Dae-Heon P. Wireless Sensor Network-Based Greenhouse Environment Monitoring and Automatic Control System for Dew Condensation Prevention / Dae-Heon Park, Jang-Woo Park // Sensors 2011, 11 . Режим доступу : <http://www.mdpi.com/journal/sensors>

6. Francisco Rodríguez. Modeling and Control of Greenhouse Crop Growth / Francisco Rodríguez, Manuel Berenguel, José Luis Guzmán, Armando Ramírez-Arias.- Springer, 2015. - 275 p. ISSN 2193-1577, ISBN 978-3-319-11134-6

7. Nemanja R. Microclimate Control in Greenhouses / Nemanja Radojević, Danka Kostadinović, Hristina Vlajković, Emil Veg // FME Transactions. 2014. – 42. - P. 167-171
Режим доступу : http://www.mas.bg.ac.rs/_media/istrazivanje/fme/vol42/2/11_nradojevic.pdf

АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ВИПАЛЮВАННЯ ВУГЛЕГРАФІТОВИХ ВИРОБІВ

***Коротинський А.П., аспірант; Жученко О.А., кандидат технічних наук,
доцент кафедри автоматизації хімічних виробництв.***

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний
інститут ім. І. Сікорського», Київ, Україна.*

ihfantkor@gmail.com

Інтенсифікація процесів виплавки чорних та кольорових металів шляхом нарощування потужності печей і обладнання їх потужними трансформаторами визначає необхідність використання електродних виробів принципово нової якості – вуглеграфітових та вуглецевих електродів великого діаметру.

Принципова технологічна схема електродного виробництва складається з ряду основних операцій: прийом та підготовка сировинних матеріалів, підготовка електродної маси, формування заготовок, випалювання, просочення, графітація та механічна обробка заготовок.

При випалюванні, найбільш довготривалому процесі, заготовки витримують значні термохімічні зміни, в результаті яких формуються основні властивості майбутніх виробів. В процесі випалювання в вуглецевих заготовках через їх складний початковий склад протікають різні фізико-хімічні процеси, що супроводжуються зміною агрегатного стану, втрати маси. Результатом різноманітних взаємодій є напруження в заготовках, що при несприятливому поєднанні технологічних параметрів можуть призвести до викривлення форми заготовок чи до їх розтріскуванні.[1]

Як видно з вище наведеного, проблемою випалювання «зелених» заготовок є напруження що виникають під час проходження різноманітних фізико-хімічних процесів в заготовці.

Саме тому створення системи керування для печей випалу, що забезпечить витримку всіх технологічних параметрів випалювання та відповідно призведе до зменшення браку готової продукції є важливою технічною та науковою проблемою електродного виробництва. Виходячи з

аналізу технологічного процесу, завдання системи керування може бути сформульовано наступним чином: додержання відповідних норм напруження у заготовках при дотриманні якості кінцевої продукції завдяки зміни режимів роботи системи.

При вивченні технології стадію нагріву вуглецевих заготовок за характером фізико-хімічних процесів, що відбуваються в заготовках, доцільно розділити на кілька інтервалів.

У першому інтервалі (нагрів до 100-120°C) відбувається часткове розм'якшення сполучного і зменшення пресових напруг, супроводжувані незначним збільшенням розмірів заготовки переважно по діаметру.

В інтервалі температур 230-300°C при досягненні мінімальної в'язкості сполучного і максимальної пластичності матеріалу заготовки відбувається осідання останньої під дією сили тяжіння, що супроводжується зменшенням відносного подовження і значним збільшенням діаметра заготовок.

У результаті вищевказаних змін у сполучній речовині в заготовках при 280-300°C утворюються перші порушення цілісності матеріалів, обумовлені розривом пекових прошарків і відривом їх від зерен наповнювача.

При 300-375°C зростає термічна стійкість знову утворюються з'єднань в пеку, на що вказує зменшення швидкості втрати маси. Починається інтенсивне ущільнення структури сполучної речовини при одночасному протіканні процесів деструкції. В інтервалі 350-400°C різко знижується пластичність сполучної речовини. Подовження заготовок в цих умовах збільшує розриви його прошарків переважно в напрямку, перпендикулярному осі пресування.

При 450-650°C відбуваються процеси ущільнення структури твердого залишку сполучної речовини, що переходить в кокс, що супроводжується втратою маси і усадкою. Збільшується при цьому і теплопровідність матеріалу, що це свідчить про можливість нагріву заготовок, швидше, ніж в інтервалі 250-450°C. За даними [2], швидкість нагріву заготовок в інтервалі формування коксу з напівкоксу може бути вдвічі більше, ніж в інтервалі 250-450°C.

Вище 650°C заготовках тривають процеси ущільнення структури коксу сполучного, що супроводжується систематичної усадкою заготовок, по діаметру переважно. Однак швидкість усадки заготовок і газовиділення в інтервалі 650-700°C менше, ніж в інтервалі 450-650°C, що зменшує усадочні напруження в заготівлі, а відповідно і утворення тріщин.

При нагріванні вище 700°C відбувається систематичне ущільнення коксу-сполучного і усадка заготовки в цілому, супроводжувані звуженням тріщин і зменшенням загальної наявності тріщин.

Для збереження форми і структури електродних заготовок на стадії нагріву при випалюванні необхідно прагнути до зниження величини і швидкості їх об'ємно-масових змін. Таким чином, щоб уникнути дефектів і

для забезпечення необхідної щільності і міцності заготовок в процесі випалу нагрів їх. Необхідно вести з диференційованою швидкістю в окремих температурних інтервалах: до 250°C - відносно швидко; 250-450°C - з мінімальною швидкістю підвищення температури; 450-650°C - зі швидкістю вдвічі більшою, ніж у другому інтервалі; 650°C вище - зі швидкістю вчетверо більшою, ніж у другому інтервалі.

Література

1. Санников А. К., Производство электродной продукции. / А. К. Санников, В. В. Ключников, Т. Л. Молокова, В. Ю. Знамеровский – Москва «Металлургия» 1985, УДК 621.3.035.2
2. Сухорукое И. Ф., Атминский А. И., Львова О. К. и др. - Цветная металлургия, 1965, №20

АППАРАТНЫЕ СРЕДСТВА УПРАВЛЕНИЯ ОТОПИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМОЙ

Яценко С.А., студент

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», г. Харьков Украина.
starosta.x@gmail.com*

Системы управления регулирования температуры в помещении находят широкое применение. Существует ряд причин в связи, с которыми люди решаются на применение таких систем и отказ от услуг, предоставляемых государством.

Для уменьшения затрат и тепловой независимости люди широко используют тепловые котлы (газовые, твердотопливные, электрические)(1). Так как человек не способен контролировать постоянно процессы, протекающие в данных устройствах, были разработаны системы управления. Благодаря таким системам удалось оптимизировать потребление электроэнергии, газа, топлива для каждого из видов котлов.

В связи с повышением стоимости электроэнергии и газа для населения, все большую популярность приобретают твердотопливные котлы, но из-за специфики работы котлов данного типа система управления практически не способна работать в автономном режиме длительный промежуток времени. Для решения этой проблемы на помощь пришли твердотопливные котлы с бункером для топлива. Не смотря на то что использование таких котлов сильно накладывает ограничение на вид топлива, они выигрывают в автоматизации и более длительной работе без вмешательства человека.

В работе рассматривается система автоматического управления твердотопливным котлом. Данная система построена на основе тепловых

датчиков (измеряющие тепловые параметры горения, параметры внутри помещения и на улице), вентилятора (нагнетателя), циркуляционных насосов, а также привода подачи топлива из бункера. Благодаря этим устройствам становится возможным управлять процессом горения топлива, тем самым участие человека необходимо только при начале работы (загрузка топлива и включение системы) и в конце (очистка котла от пепла). В работе проведен анализ подобных аппаратных средств, предложена схема размещения датчиков, насосов, нагнетателя в системе, а также выполнена разработка блока автоматического управления системой регулирования температурных режимов работы твердотопливного котла.

Литература

1. Роддатис К. Ф. Справочник по котельным установкам малой производительности. / А. Н. Полтарецкий – М. : Энергоатомиздат, 1999. – 488 с.

НЕЧІТКІ ШТУЧНІ НЕЙРОННІ МЕРЕЖІ І ЇХ ВИКОРИСТАННЯ В ЗАДАЧАХ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ

Жильцов А.В.¹, д.т.н, доц.; Єрошенко Г.П.², д.т.н.

¹*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ, Україна. azhilt@mail.ru*

²*Саратовський державний аграрний університет,
м. Саратов, Росія*

Апарат нечітких множин і нечіткої логіки на сьогодні з успіхом використовується в для розв'язання задач, які базуються на даних, що недостатньо надійні та/або не достатньо формалізовані. Методологія нечіткості характеризується визначеними перевагами, серед яких близький до природного опис умови задачі та методу її розв'язання, а також універсальність та ефективність, які базуються на математично строго доведених положень щодо можливості апроксимації будь-якої математичної структури (функції) системою, що базується на нечіткій логіці.

Звичайно, нечітким системам притаманні й визначені недоліки, а саме: первісний набір аксіоматично прийнятих нечітких правил формулюється експертом-людиною і може виявитися неповним або містити визначені протиріччя; вид і параметри функцій приналежності, якими саме й подаються вхідні і вихідні дані, вибираються суб'єктивно і можуть не повністю відповідати реальності.

Для усунення (принаймні частково) вказаних недоліків було запропоновано створювати нечіткі системи адаптивними, реалізуючи їх на основі штучних нейронних мереж (ШНМ), що привело до виокремлення самостійного класу ШНМ – нечітких нейронних мереж, які зазвичай називають гібридними нейронними мережами.

Взагалі кажучи, різні типи обчислювальних (в тому числі, звичайно й

інтелектуальних) систем мають свої особливості і свої області використання, для яких нерідко відповідна система і була розроблена. Це призводить до того, що кожна з таких систем є найбільш придатною для вирішення задач якогось конкретного класу. При цьому, звичайно, використання такої системи для розв'язання задач інших класів може виявитися неефективним.

Наприклад, ШНМ чудово пристосовані, зокрема, до задач розпізнавання образів, але вкрай незручні за умови необхідності пояснення як саме таке розпізнавання здійснюється. Такі мережі здатні автоматично набувати знань, але процес їх навчання нерідко відбувається занадто повільно, а аналіз навченої нейронної мережі занадто складний, адже навчена мережа з точки зору споживача являє собою «чорний ящик». При цьому яку-небудь апріорну інформацію (наприклад, знання експерта) для прискорення процесу навчання ШНМ в загальному випадку використати, як правило, неможливо (або, принаймні, достатньо складно).

Системи нечіткої логіки, навпаки, добре пристосовані для пояснення сформованих ними висновків, але вони не здатні автоматично набувати знань, з метою використання цих знань під час формування висновків. Крім того, необхідність розділення універсальних множин на окремі області, як правило, обмежує (і суттєво) кількість вхідних змінних в таких системах.

Введення категорій нечіткої логіки до алгоритмів навчання та функціонування ШНМ дозволяє ввести функцію фузифікації (нечіткості) по відношенню до даних, які надходять на вхід нейронної мережі. А це, в свою чергу, створює необхідну базу для врахування можливого відхилення значень вхідних даних від номінальних (тобто тих, які саме й надходять на вхід мережі) під впливом різноманітних факторів, в тому числі тих, які на сьогодні для досліджуваного об'єкту чи процесу ще не достатньо вивчені.

Теоретично, системи з нечіткою логікою і штучні нейронні мережі подібні одна до одної, однак їх практичне використання виокремлює наведені вище переваги та недоліки кожної з цих систем. Саме це положення було покладене в основу створення апарату нечітких нейронних мереж, в яких висновки робляться (генеруються) на підставі апарату нечіткої логіки, але відповідні функції приналежності налаштовуються з використанням алгоритмів навчання ШНМ, наприклад, алгоритму зворотного поширення помилки. Як результат отримана система не тільки здатна використовувати апріорну інформацію, але може набувати знання, залишаючись логічно прозорою.

Вказане суттєво розширює можливості ШНМ щодо розв'язання задач ідентифікації та прогнозування стану електроенергетичних об'єктів і процесів їх експлуатації.

CONSTRUCTION PRINCIPLES OF CONTROL SYSTEMS WITH NEURAL NETWORKS

Dudnyk A.O., PhD.

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine.

Kyiv, Ukraine.

dudnikalla@mail.ua

Biotechnological objects primarily include poultry farms and greenhouses. Both areas except technology and process equipment (technical facility) have biological filling (chicken, plants). Each of these biotechnical objects characterized by a significant energy consumption.

With rampant increasing of energy prices is important to use control algorithms of electrotechnical complexes which accompany appropriate technology, taking into account the biological filling state and maximize production profit primarily by reducing energy costs. The intelligent control systems of electrotechnical objects are able to form such algorithms, which are used the theories of stochastic processes, neural networks, game theory and statistical decisions, etc.

The purpose of research – development of scientific bases of agroindustrial production control with improving the energy efficiency, resource conservation and productivity based on the features of the natural disturbances dynamics and states of biological objects.

Materials and methods of research. These circumstances are explained by the fact that the management policy electrotechnical complexes implement stabilization modes designed to maximize performance as plants and birds. In conditions such cheap energy management strategy was, to some extent, justified, as it creates the conditions for increased production, which is a characteristic feature extensive economy. It does not take into account the dynamic features of natural disturbances (temperature for poultry, temperature and intensity of solar radiation for greenhouses), filling biotechnological state of biological object, according to experts, significantly affect the performance of living organisms [1].

Taking the observations by the external temperature during 2010, dividing them quarterly, a package of applied mathematics program "Statistica" synthesized and configured with the mean error of 0,13 ° C Kohonen neural network (Fig. 1).

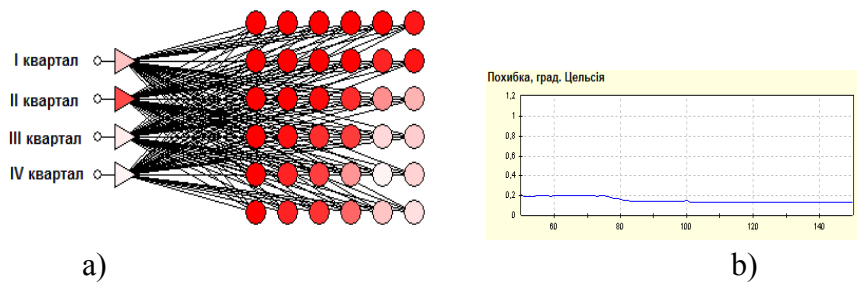


Fig. 1. Structural and functional parameters of Kohonen neural network:
a - network architecture, b – network training

Sample of energy efficient control systems electro technical complex in greenhouses for production testing is implemented on the basis of forecasting natural disturbances using stochastic processes and neural (Fig. 2).

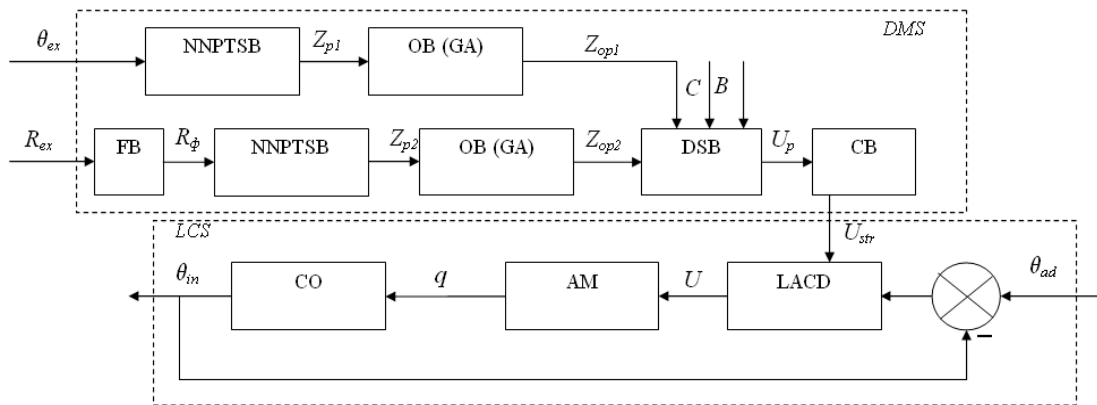


Fig. 2. Block diagram of the process control system in the greenhouse
DMS –decision making subsystem; FB – filtration block for solar radiation intensity; NNPTS – neural network predictions for time series; OB(GA) – optimization block with genetic algorithm; DSB – decision making block; CO – control block; LCS – local control system; LACD – local automated control device; AM – actuating mechanism; CO – control object.

The results of research. The study results of intelligent control systems of electrical complexes for biotechnological objects are given in this paper. For example, the control system of growing vegetables in greenhouses allows to provide the highest profit from the sale of products and to minimize energy costs by implementing additional unit for neural network prediction of external disturbances and determine the control actions using generalized optimality criterion [2, 3].

References

1. Model-based predictive control of greenhouse climate for reducing energy and water consumption / X. Blasco [et al] // Computers and Electronics in Agriculture. – January 2007. – Volume 55, Issue 1. – p. 49–70.
2. Lysenko, V. Greenhouse Environment Control System With Neural Network Predictions of External Disturbances / V. Lysenko, V. Reshetyuk, V. Shtepa, A. Dudnyk // Contemporary aspects of production engineering : XXII International students scientific conference, 22–25 May 2013 : abstract. – Warsaw, 2013. – P. 40–52.
3. Lysenko, V. Dynamics of quality indexes of laying hens keeping process due to fluctuations of temperature disturbances in an industrial poultry house / Vitaliy Lysenko, Boris Golovinskiy, Vladimir Reshetyuk, Bella Golub, Vadim Shcherbatyuk // Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW. – 2011. – № 57. – P. 79-92.

ОСОБЛИВОСТІ ВІДМОВ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ

*Реутська Ю.Ю.¹, асистент; Мірських Г.О.², канд. техн. наук, доцент;
Stinen O.³, Lecturer*

*¹Національний технічний університет України «Київський
політехнічний інститут»*

*²Національний університет біоресурсів і природокористування України.
м. Київ, Україна. mirskih@i.ua*

*³Universiteit Maastricht (UM) Minderbroedersberg 4, 6211 LK Maastricht.
Nederland.*

Проявлення в повній мірі своїх споживчих властивостей програмно-технічними комплексами (ПТК) можливе виключно за умови одночасної працездатності як матеріальної (відповідного технічного обладнання: технічного комплексу – ТК), так і віртуальної (відповідних програмних продуктів: програмного комплексу – ПК) складових. В кожній з вказаних складових, звичайно, в процесі експлуатації може проявитися відмова, за результатом якої ПТК переходить до непрацездатного стану, тобто не спроможний проявляти заявлені функції. Природа та проявлення відмов в матеріальній та віртуальній складовій ПТК різні, різним, в загальному випадку, буде і вплив цих відмов на стан ПТК в цілому.

В процесі розроблення та експлуатації ПТК вказану особливість необхідно враховувати. Отже становить практичний інтерес виявити загальне та відрізнене у природі виникнення, проявленні та можливих наслідках відмов матеріальної та віртуальної складових ПТК, а також запропонувати ефективні методи нівелювання небажаних впливів цих відмов на функціонування ПТК в цілому.

Надійність ПК прийнято характеризувати чотирма критеріями.

Коректність – властивість ПК забезпечувати можливість його

застосування за призначенням. Коректність передбачає отримання правильних результатів обчислень та сигналів керування в заданій області змінення вхідних даних, за умови безвідмовності ТК.

Усталеність – властивість ПК в процесі функціонування проявляти нечутливість до помилок операторів, до відмов ТК, до некоректних вхідних даних. Ця властивість багато в чому аналогічна властивості завадостійкості апаратури. Усталеність ПК зазвичай забезпечується введенням різних форм надлишковості, що приводить до наявності дублюючих програмних модулів, альтернативних програм для розв'язання одних і тих самих завдань тощо.

Безпека – властивість ПК розраховувати (генерувати) правильні або захисні вихідні дані навіть за умови наявності помилок в первинних даних або при проявленні відмови ТК. При цьому під захисними даними розуміють такі дані, які не здатні перевести ПТК до небезпечного (аварійного) стану навіть за вказаних несприятливих умов.

Недоступність – властивість ПК виключити можливість несанкціонованого втручання у процес його функціонування з боку сторонніх осіб.

Зазначимо, що відмови ПК по більшості обумовлені наявністю в текстах програм тих чи інших помилок, припущених на стадії розроблення цього ПК. Такі помилки проявляються в процесі експлуатації, причому час їх проявлення заздалегідь, звичайно, невідомий, що дає підстави (та можливість) розглядати відмови ПК як випадкові події. Звичайно, за таких умов відновлюваність ПК, а фактично виправлення раніше припущених помилок, може розглядатися як заміна одного ПК іншим, з іншими, звичайно, параметрами безвідмовності. Як правило приймається, що такий новий ПК має більш високі параметри безвідмовності ніж попередній, хоча на практиці це положення може й не реалізуватися внаслідок внесення нових помилок в процесі виправлення вже виявлених, а також за рахунок можливої компенсації одних помилок іншими.

Слід підкреслити, що в процесі функціонування ПТК між його матеріальною та віртуальною складовими відбувається безперервний обмін інформацією, інформація до цих складових надходить і від зовнішніх (по відношенню до даного ПТК) об'єктів. Як результат, можливі збої в роботі окремих складових ПТК за несприятливих умов можуть привести до припинення функціонування цього ПТК, переходу його у непрацездатний стан, або, навіть, до розвинення аварійної ситуації. Щоб запобігти такого розвинення подій, в процесі проектування ПТК необхідно будувати та детально досліджувати математичну модель його функціонування. Звичайно така модель може не відображати фізико-хімічні процеси, що відбуваються у ПТК і визначають його властивості, але вона має адекватно відображати логіку з'єднання окремих складових ПТК, передавання цими складовими відповідних впливів (сигналів) як в працездатному, так і в непрацездатному

(або аварійному) стані ПТК, а також враховувати ймовірнісний характер переходів окремих складових і ПТК в цілому від одного стану до іншого. Серед методів, що можна застосувати для розв'язання такої задачі, автори вважають найперспективнішим логіко-імовірнісний метод [1], який саме й призначений для аналізу структурно-логічних схем технічних об'єктів з урахуванням відповідних імовірнісних характеристик окремих складових. Крім того, застосування логіко-імовірнісного методу дозволяє розрахувати характеристики важливості того чи іншого елемента (блоку, модулю) для усталеної роботи ПТК в цілому, що становить особливий інтерес у тих випадках, коли неможливо (з тих чи інших причин) встановити параметри надійності функціонування відповідних елементів досліджуваного об'єкту.

Література

1. Рябинин И. А. Надежность и безопасность структурно-сложных систем. / И. А. Рябинин – СПб. : Изд-во С.-Петербургского ун-та, 2007. – 276 с.

ОСОБЛИВОСТІ ОБЧИСЛЕННЯ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ

*Реутська Ю.Ю., асистент¹; Мірських Г.О., канд. техн. наук, доцент²;
Волюченко А.Г.³, д.т.н., с.н.с.*

*¹Національний технічний університет України «Київський
політехнічний інститут»*

*²Національний університет біоресурсів і природокористування України
м. Київ, Україна. mirskih@i.ua*

*³Российский научно-исследовательский институт космического
приборостроения г. Москва, Россия*

Сучасні технічні об'єкти по-більшості являють собою структурно-складні програмно-технічні комплекси, які містять матеріальну (у вигляді відповідного технічного обладнання: технічного комплексу – ТК) та віртуальну (у вигляді відповідних програмних продуктів: програмного комплексу – ПК) складові. При цьому корисні (споживчі, заявлені) властивості технічного об'єкту (програмно-технічного комплексу – ПТК) проявлятимуться виключно в процесі взаємодії вказаних матеріальної та віртуальної складових. Жодна з цих складових, як правило, не може функціонувати незалежно від іншої, а отже і технічний стан ПТК визначатиметься станом як ТК, так і ПК.

На сьогодні в процесі обчислення багатьох комплексних параметрів ПТК (наприклад, безвідмовність, відновлюваність, коефіцієнт готовності тощо) матеріальна та віртуальна складові розглядаються окремо, перехід цих складових з одного технічного стану до іншого вважається незалежною подією, а перехід ПТК в цілому від одного технічного стану до іншого

розглядають як об'єднання відповідних переходів вказаних складових за схемою незалежних подій. При цьому нерідко приймаються найпростіші розрахункові схеми з'єднання окремих складових ТК (наприклад, каскадну схему для розрахунку безвідмовності). Для застосування саме таких найпростіших схем, як правило, доводиться вводити суттєві припущення щодо реальних шляхів поширення сигналів (енергії) в об'єкті, а отже і втрачати точність отриманого результату.

У той же час, наявність у складі ПТК відповідної віртуальної складової, на яку зазвичай покладають завдання з керування ТК (або принаймні більшістю його складових), обчислювальні процедури, процеси взаємодії з технічним персоналом тощо, приводить до того, що структуру досліджуваного об'єкта слід віднести до складної, що розуміє наявність зворотних та перехрещених зв'язків, неможливість виділити «ізолювані», не пов'язані між собою шляхи передачі сигналів з входу до виходу ПТК, наявність специфічних загроз, наприклад, у вигляді програмних вірусів тощо.

За таких умов для отримання адекватних результатів обчислення таких параметрів ПТК як безвідмовність, відновлюваність і т.п. слід застосовувати відповідні методи, серед яких на сьогодні найуживаніші [1]

- метод перебирання гіпотез;
- метод еквівалентних схем;
- логіко-імовірнісний метод.

Проведений авторами аналіз показав, що серед вказаних методів логіко-імовірнісний [2] виглядає найбільш привабливим, адже його застосування дозволяє не тільки обчислити вказані вище параметри ПТК, але й визначити усталеність цього ПТК до зовнішніх загроз (в тому числі проаналізувати режим функціонування об'єкта в умовах програмних збоїв та вірусних атак), степені ризику в процесі нештатного (або аварійного) функціонування тощо. Крім того, логіко-імовірнісний метод дозволяє обґрунтовано встановити складові об'єкта, внесок (або значимість) яких для переходу об'єкта з одного стану до іншого або для перебування цього об'єкта у визначеному стані є найбільшим. Останнє є надзвичайно суттєвою перевагою даного методу, адже дозволяє не тільки отримати базову інформацію щодо побудови системи діагностування та організації профілактичних робіт, але й показує до яких складових досліджуваного об'єкта слід відноситись більш прискіпливо, особливо в умовах неможливості отримати необхідні статистичні дані щодо обчислення відповідних показників (ситуація, яка зазвичай має місце при дослідженнях нових зразків озброєння, унікальних систем зв'язку, енергетичних та інфраструктурних об'єктів і т.п.).

Логіко-імовірнісний метод, заснований на отриманні аналітичних описів технічних станів об'єкта у вигляді функцій алгебри логіки з подальшим аналізом та відповідними перетвореннями цих функцій з метою обчислення шуканих параметрів, легко піддається алгоритмізації і реалізується на

сучасних засобах обчислювальної техніки, є перспективним з огляду на дослідження структурно-складних програмно-технічних комплексів різноманітного призначення щодо показників надійності та безпеки.

Література

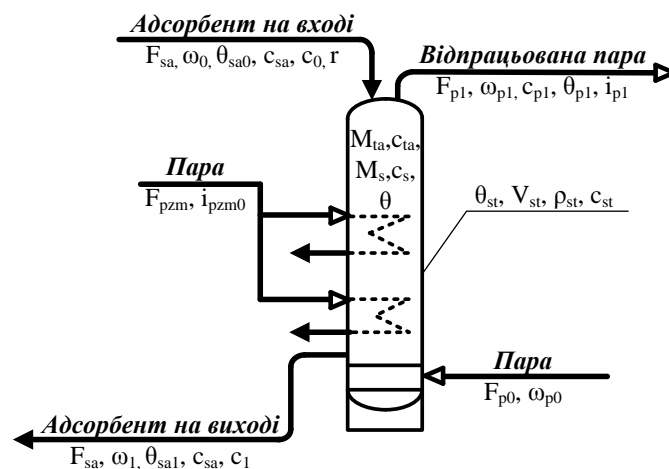
1. Черкесов Г. Н. Надежность аппаратно-программных комплексов. / Г. Н. Черкесов – СПб. : Питер, 2005. – 479 с.
2. Рябинин И. А. Надежность и безопасность структурно-сложных систем. / И. А. Рябинин – СПб. : Изд-во С.-Петербургского ун-та, 2007. – 276 с.

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СУШАРКИ У ПРОЦЕСІ ОЧИЩЕННЯ МАСЕЛ АДСОРБЕНТАМИ

*Ярошук Л. Д., к.т.н., доцент, Тюріна Є. О., студент,
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна.
eugenia.turina@gmail.com*

Ресурсозбереження є однією з важливих задач систем автоматизації. Виготовлення та очищення таких природних ресурсів як нафтові масла, пов'язані також із жорсткими вимогами до якості продукції. Обидві зазначені актуальні проблеми вимагають створення такого математичного забезпечення системи автоматизації, яке враховуватиме характеристики каналів керування технологічних об'єктів [2]. У дослідженні розглянуто східчасто-протиточну сушарку з киплячим шаром – один з найбільш складних і енергоємних апаратів процесу очищення масел.

Задачею дослідження є створення математичної моделі очищення масла для подальшого визначення оптимальних налаштувань регуляторів контурів керування. Розрахункова схема сушарки зображена на рисунку.



Розрахункова схема східчасто-протиточної сушарки з киплячим шаром:

F_{sa} , F_{pzm} , F_{p0} , F_{p1} – витрати сухого адсорбенту, пари у змішувачу, пари для створення киплячого шару, пари на виході з сушарки відповідно; ω_0 , ω_1 , ω_{p0} , ω_{p1} – вологовміст адсорбенту на вході, на виході, пари для створення киплячого шару, пари на виході з сушарки відповідно; θ_{sa0} , θ_{sa1} , θ_{p1} , θ , θ_{st} – температури адсорбенту на вході, на виході, пари на виході, всередині апарату та стінки відповідно; c_{sa} , c_0 , c_1 , c_{p1} , c_{ta} , c_s , c_{st} – питомі теплоємності сухого адсорбенту, вологи на вході, вологи на виході, пари на виході з сушарки, твердого, що знаходиться всередині апарату, суміші (пари й домішок) та стінки відповідно; r – питома теплота випаровування води; i_{pzm0} , i_{p1} – тепловміст пари на вході й на виході з сушарки відповідно; M_{ta} , M_s – маси твердого, що знаходиться всередині, та суміші (пари й домішок) відповідно; V_{st} , ρ_{st} – об'єм та густина стінки апарату відповідно.

При досягненні мінімального вологовмісту адсорбенту й подальшою його регенерацією істотно підвищується якість очищення низькоплавких парафінів, виділених з дизельних палив від ароматичних вуглеводнів.

Основним регульованим параметром, який відображає ступінь очищення, є вологовміст адсорбенту ω_1 на виході з сушарки. Керувальним впливом, що забезпечує регулювання цього параметра, є витрата пари у змішувачу F_{pzm} . Основні збурення в системі – витрата сухого адсорбенту F_{sa} та вологовміст адсорбенту ω_0 на вході в сушарку. Контрольованими змінними виступають температури твердого матеріалу всередині апарату θ та стінки апарату θ_{st} . Було враховано, що нормальна робота такого типу сушарок можлива тільки при певній висоті псевдозрідженого шару. У системі автоматизації запропонована стабілізація гідродинамічного опору шару шляхом регулювання перепаду тисків до і після решітки впливом на варіатор електродвигуна живильника сухого матеріалу [1].

При складанні математичної моделі процесу сушіння, було прийнято наступні припущення: вся теплова енергія, що надходить з парою під тиском 10 ат, використовується на створення киплячого шару, тому в рівнянні теплового балансу не враховується; температура пари, що покидає об'єм шару, дорівнює температурі шару; температура матеріалу, що був вивантажений з шару, дорівнює температурі шару; зміна температури шару в перехідних режимах не перевищує 30-40 °С, отже, теплоємності матеріалу й теплоносія вважаються практично сталими. Вони відповідають дійсним ізобарним теплоємностям матеріалу й теплоносія при температурі стаціонарного процесу, при якому було нанесено збурення [1].

Математичну модель сушарки, отримано на основі матеріального та теплових балансів у вигляді системи нелінійних диференціальних рівнянь:

$$\left\{ \begin{array}{l} F_{sa}\omega_0 + F_{p0}\omega_0 - F_{sa}\omega_1 - F_{p1}\omega_{p1} = M_{ta} \frac{d(\omega_0 + \omega_1)}{dt} + M_s \frac{d(\omega_0 + \omega_1)}{dt}; \\ F_{sa}c_{sa}\theta_{sa0} + F_{sa}\omega_0c_0\theta_{sa0} + KS(\theta_{st} - \theta) - F_{sa}(\omega_0 - \omega_1)r - F_{p1}c_{p1}\theta_{p1} - \\ - F_{sa}c_{sa}\theta_{sa1} - F_{sa}\omega_1c_{sa}\theta_{sa1} = M_{ta}c_{ta} \frac{d\theta}{dt} + M_sc_s \frac{d\theta}{dt}; \\ F_{pzm}(i_{pzm0} - i_{p1})KS(\theta_{st} - \theta) = V_{st}\rho_{st}c_{st} \frac{d\theta_{st}}{dt}. \end{array} \right.$$

де K – коефіцієнт теплопередачі, S – площа поверхні теплообміну.

Отримана математична модель дозволить визначити та врахувати властивості вибраних каналів керування сушаркою для підвищення ефективності системи автоматизації енергоємним процесом очищення масел.

Література

1. Баумштейн И. П. Автоматизация процессов сушки в химической промышленности [Текст] : учебн. для техникумов / И. П. Баумштейн, Ю. А. Майзель. – М. : Химия, 1970. – 232 с. : ил. – Предм. указ.: отсутствует. – 5500 экз. – ISBN отсутствует.

2. Иванова Л. В. Технология переработки нефти и газа [Текст] : учеб. пособие для нефт. техникумов / Л. В. Иванова, И. И. Корнеев, В. Н. Юзбашев. – М. : Химия, 1966. – 419 с. : ил. - Библиогр.: с. 406 - 408. – 8500 экз. – ISBN отсутствует.

ЗМІСТОВНА СТРУКТУРА ПОНЯТТЯ БЕЗПЕКИ ПРОГРАМНО-ТЕХНІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ

Реутська Ю.Ю., асистент¹, Мірських Г.О., канд. техн. наук, доцент²

¹Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут».

*²Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ, Україна. mirskih@i.ua*

Програмно-технічні комплекси (ПТК), по-більшості, являють собою структурно-складні об'єкти, надійність та безпека яких обумовлені відповідними показниками, характеристиками та сталим і узгодженим функціонуванням як матеріальної (технічний комплекс – ТК), так і віртуальною (програмний комплекс – ПК) складовими. Характерна особливість ПТК полягає в тому, що помилки, збої, завади (в тому числі у вигляді шкідливих програм – вірусів) у ПК здатні не тільки перевести цей ПТК до непрацездатного стану (навіть при цілком справному ТК), але й стати причиною виникнення та розвинення аварійної ситуації.

Таким чином, аналіз ПТК щодо показників надійності має супроводжуватися і аналізом цього комплексу щодо показників безпеки функціонування. З цією метою, перш за все, слід усвідомити базові поняття безпеки ПТК та встановити показники, за якими ця безпека може

оцінюватися.

Під небезпекою в загальному сенсі цього слова розуміють деяку загрозу проявлення (реалізацію) небажаних наслідків, можливість (імовірність) суттєвих руйнувань, матеріальних збитків і т.п. Небезпека відображає уявлення щодо потенційного отримання збитків (в широкому сенсі цього слова – матеріальні, людські, екологічні тощо) у визначених умовах та ситуаціях. Під час аналізу безпеки об'єктів отримання збитків зазвичай розглядається як реалізація деякого процесу, застосовуючи поняття реалізації (в сенсі проявлення, отримання) збитків.

Змістовну структуру поняття небезпеки ПТК можна подати трьома складовими:

- *джерело* (носій, суб'єкт) небезпеки; по відношенню до джерела небезпека виступає як визначена властивість цього джерела, що проявляється за визначених обставин і умов при перебуванні цього джерела у визначеному стані (або при його переході з тих чи інших причин до такого стану); вказана властивість полягає у здатності джерела реалізувати збитки під час його перебування у цьому стані;

- *об'єкт* небезпеки; на об'єкт небезпеки саме й спрямовано вплив джерела небезпеки; об'єкт за результатами такого впливу може потерпати шкоди, переходити до аварійного стану, реалізація та наслідки якого залежать від конкретних обставин та умов; по відношенню до об'єкту небезпека виступає як загроза (можливість, імовірність) реалізації збитків;

- *відношення* небезпеки; взаємозв'язок, взаємодія, взаємовідношення джерела (суб'єкту) та об'єкту небезпеки; цей взаємозв'язок обумовлюється деякою (зазвичай цілісною) сукупністю явищ, факторів, процесів (природних або штучних, випадкових або спеціально створених), що сприяють реалізації сподіваних збитків об'єкту з боку джерела небезпеки.

Таким чином, змістовна структура поняття небезпеки може бути подана схемою:

джерело небезпеки – відношення небезпеки – об'єкт небезпеки.

Поняття безпеки є похідним від поняття небезпеки і потребує для свого визначення уявлення щодо припустимого рівня небезпеки, який визнаний як прийнятний. Джерела, рівень небезпеки яких нижчий припустимого, визнаються безпечними (по відношенню до тих об'єктів небезпеки, які підлягають захисту в рамках поставленого завдання). Таким чином, безпека ПТК визначається як припустима небезпека, що прийнятна (несуттєва) з точки зору розв'язання поставленого завдання. Важливою складовою при цьому є встановлення відповідних показників, якими можна було б характеризувати досліджуваний ПТК.

Встановлення таких показників безпеки передбачає наявність відповідної науково-теоретичної бази аналізу «*відношення небезпеки*» між джерелом та об'єктом небезпеки, тобто передбачає:

- встановлення характеристик аварійних та руйнуючих факторів, які можуть впливати на досліджуваній ПТК в процесі його експлуатації;
- розроблення сценаріїв (прогнозування шляхів) розвитку аварії в ПТК з розробленням відповідної математичної моделі такого сценарію;
- оцінки ймовірності реалізації кожного з розроблених сценаріїв (кожного з прогнозованих шляхів);
- оцінки наслідків аварійних та руйнуючих впливів.

В загальному вигляді вирішення перелічених завдань, звичайно, можна розглянути, переважно, на рівні розроблення базових принципів, реалізації загальних алгоритмів та відповідних комп'ютерних програм, а вже на етапі конкретизації враховувати особливості (як конструктивні, так і експлуатаційні) відповідних видів техніки.

Серед методів, що можна застосувати для аналізу безпеки ПТК, привабливим виглядає логіко-імовірнісний метод [1]. Адже реалізація цього методу дозволяє врахувати логіку побудови як матеріальної, так і віртуальної складових ПТК, їх взаємні зв'язки, а також розглядати питання безвідмовності та безпеки досліджуваного ПТК з єдиних позицій, що робить прозорішими розроблювані алгоритми та спрощує їх реалізацію.

Література

1. Рябинин И. А. Надежность и безопасность структурно-сложных систем. / И. А. Рябинин – СПб. : Изд-во С.-Петербургского ун-та, 2007. – 276 с.

ВИКОРИСТАННЯ ЛАЗЕРНОЇ СПЕКТРОФЛУОРИМЕТРІЇ ДЛЯ ОЦІНКИ РОСТУ І РОЗВИТКУ ОВОЧЕВИХ КУЛЬТУР

Кожем'яко Я.В., пошукач

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ, Україна. zigfrid@ukrpost.net*

Метод спектрофлуориметрії рослинних об'єктів дозволяє проводити швидкий, точний та неруйнівний контроль стану рослин через вимірювання *in vivo* параметрів флуоресценції хлорофілу зеленого листка [1–3].

Як джерело збудження флуоресценції використовують азотний лазер.

Випромінювання лазера спрямовують на зразок (листок). Зразок розміщують під кутом 45° до лазерного променя з тим, щоб запобігти небажаному поглинанню лазерного випромінювання. Випромінювання флуоресценції збирається сферичним дзеркалом, після чого воно проходить через обмежувальний фільтр та фокусується на вхідній щілині монохроматора. Дисперсійний елемент (призма) монохроматора з'єднана з електродвигуном, який забезпечує обертання призми та вибір необхідної довжини хвилі. Випромінювання флуоресценції реєструється фотоприймачем (фотоелектронний помножувач ФЭУ-79), електричний сигнал з виходу якого

подається на підсилювач, аналого-цифровий перетворювач та ПК [4].

Метод лазерної спектрофлуориметрії *in vivo* зелених листків овочевих культур дає можливість контролювати ріст і розвиток рослин та ідентифікувати їх на основі оцінювання флуоресцентних індексів. Основні закономірності, що спостерігалися під час лазерної спектрофлуориметрії овочевих культур, дають можливість застосувати флуоресцентні індекси під час практичної роботи.

Література

1. Agati G. A simple approach to the evaluation of the reabsorption of chlorophyll fluorescence spectra in intact leaves. / Agati G., Fusi F., Mazzinghi P., Lipucci di Paola M. — Journal of Photochemistry and Photobiology, B: Biology, 1993. — 17(2) — P.163—171.
2. Lee Yaoqun. Reverse variable-angle synchronous spectrofluorimetry for rapid simultaneous determination of chlorophyll a and chlorophyll b. / Lee Yaoqun, Huang Xianzhi, Xu Jingou, Chen Guozhen. Chinese — Chemical Letters, 1991. — 2(1) — P. 23—26.
3. Shubin V. V. A simple room temperature spectrofluorometric method for determination of chlorophyll a/b ratio. / Shubin V. V., Sabat S. C. — Indian Journal of Experimental Biology, 1990. — 28(1) — P. 87—90.
4. Посудін Ю. І. Лазерна спектрофлуориметрія *in vivo* злакових культур. / Ю. І. Посудін, Я. В. Кожем'яко // Науковий вісник НУБіП України, 2009. - вип.140, с. 60 - 79.

АЛГОРИТМ СИНТЕЗУ ШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ НА ПІДСТАВІ КОНСЕРВАТИВНИХ БЛОКІВ

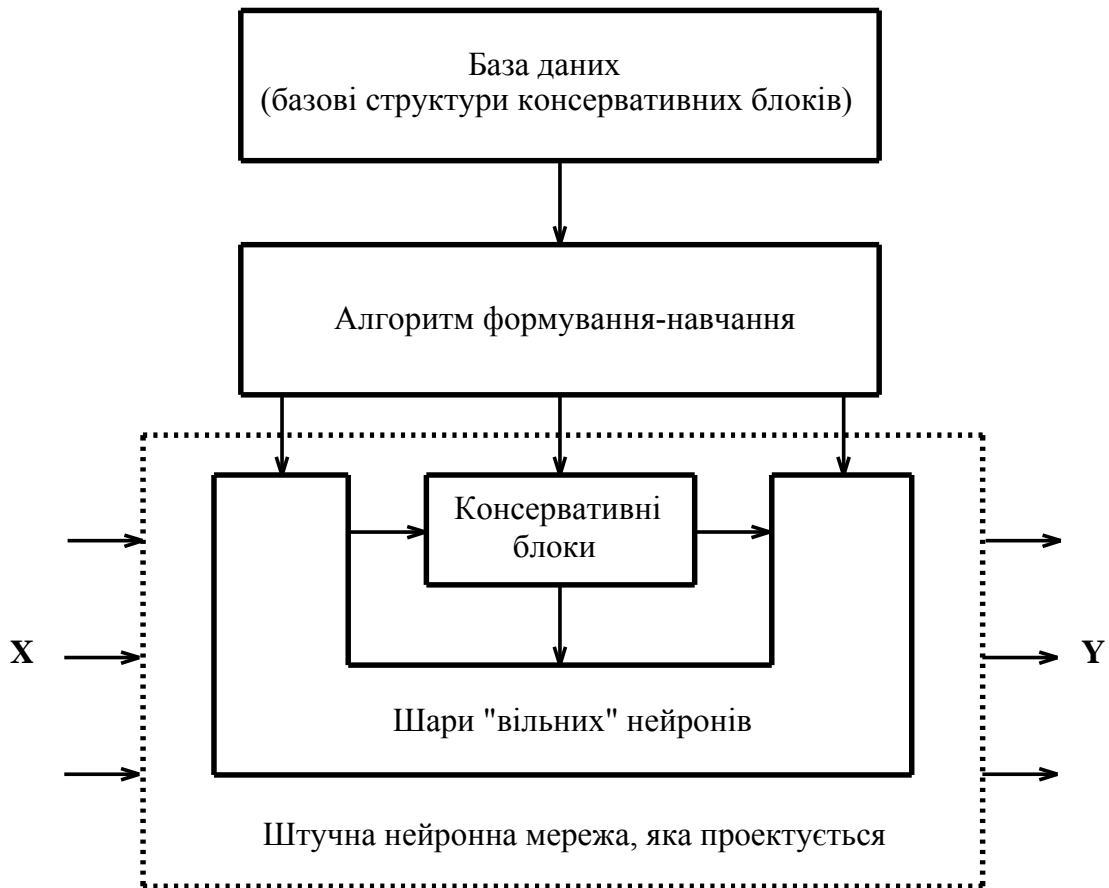
Жильцов А.В.¹, д.т.н., доц.; Berndsmen Dr.², Ph.D, prof.

¹Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ, Україна. azhilt@mail.ru

²RWTH Aachen (Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen)
Templergraben 55, 52062 Aachen, Germany

Методологія побудови штучних нейронних мереж (ШНМ) з використанням консервативних блоків є перспективною з точки зору розвинення технології ШНМ в напрямку автоматизації процесу створення їх архітектури (синтезу ШНМ). Адже, формуючи топологію ШНМ з консервативними блоками для розв'язання відповідної задачі, можна спиратися на заздалегідь створену спеціальну базу даних, яка наповнена ШНМ, що були розроблені раніше для розв'язання задач відповідного спрямування, а під час формування ШНМ для розв'язання нової задачі використовуватимуться як відповідні консервативні (готові) блоки.

На рисунку наведена укрупнена структурна схема такого процесу.



Структурна схема алгоритму автоматизованої побудови нейронної мережі на основі консервативних блоків

Як видно з наведеної схеми, під час розв'язання нової задачі відповідним чином побудований комплексний алгоритм формування-навчання нейронної мережі «підбирає» з бази даних оптимальні (відповідно до встановлених критеріїв) фрагменти – консервативні блоки для побудови структури і навчання мережі, яка відповідатиме заданим критеріям.

СЕКЦІЯ 6.
ТЕОРЕТИЧНА ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОФІЗИКА

**ВПЛИВ П'ЄЗОЕЛЕКТРИЧНОГО ЕФЕКТУ НА ВЛАСТИВОСТІ
ЗВОРОТНИХ ХВИЛЬ ЛЕМБА У ПЛАСТИНАХ КУБІЧНИХ
КРИСТАЛІВ**

Ільїн П.П., канд. фіз.-мат. наук, доцент

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ, Україна. p_ilyin@ukr.net*

Для неруйнівного дослідження новітніх матеріалів, що одержують у вигляді тонких шарів або пластин, широко застосовуються ультразвукові хвилі Лемба, серед яких є зворотні хвилі (з протилежно спрямованими фазовою та груповою швидкостями) [2]. Якщо шар речовини має п'єзоелектричні властивості, то такі хвилі можуть демонструвати цікаві особливості.

В цій роботі розглядалося розповсюдження хвиль Лемба в пластинах кубічних кристалів у площині (110) в напрямі [001] при наявності п'єзоелектричного ефекту. Для такого випадку дисперсійні рівняння, які описують хвилі Лемба, були одержані в роботі [1]. Ці рівняння є трансцендентні і для довільних випадків їх можна розв'язувати лише чисельними методами.

У даній роботі розв'язання цих рівнянь проводилося поблизу критичних частот аналітичними методами, наближено. При наближенні до критичної частоти фазова швидкість відповідної моди Лемба прямує до нескінченності, а хвильове число k в цій частотній області прямує до нуля. Це дало можливість розкласти тригонометричні функції, що входять у дисперсійні рівняння, в ряд Тейлора в околах критичних частот Ω_c і одержати наближені дисперсійні рівняння, які дають зв'язок між безрозмірним хвильовим числом $q = kd$ та безрозмірною частотою Ω .

Розглядалися хвилі з циклічною частотою ω , що розповсюджуються в пластині кристалу товщиною $2d$ з діелектричними, п'єзоелектричними та пружними сталими відповідно ε_{ij} , e_{ij} , c_{ij} . Для випадків $q \ll 1$ коефіцієнти при q та q^2 обчислювалися з точністю до членів, пропорційних квадрату коефіцієнта електромеханічного зв'язку K^2 . Для визначеності фазова швидкість хвиль вважалася додатною величиною, тобто приймалося $q > 0$.

Для симетричних (s) мод, у яких на критичних частотах по товщині пластини вкладається напівціле число поздовжніх (l) хвиль, було одержане таке наближене дисперсійне рівняння

$$\Omega - \Omega_{csl} = \frac{1}{\Omega_{csl}} (Nq^2 + K^2 \frac{\varepsilon_{11}}{\varepsilon_{01}} q) \quad (1)$$

і вираз для групової швидкості $v_g = \frac{\partial \omega}{\partial k} = \frac{\partial \Omega}{\partial q} v_t$

$$\frac{v_g}{v_t} = \frac{1}{\Omega_{csl}} (2N + K^2 \frac{\varepsilon_{11}}{\varepsilon_{01}}) \quad (2)$$

де $N = \frac{1}{2} + \frac{(1+b)^2 + 4K^2(b+c)}{2(c-1-K^2)} + \frac{[c+b+K^2(2c+b)]^2}{[c-1-K^2]^2 \Omega_{csl} \sqrt{1+K^2}} \operatorname{ctg} \frac{\Omega_{csl}}{\sqrt{1+K^2}}$;

$\Omega = \frac{\omega d}{v_t}$ – безрозмірна частота; $\Omega_{csl} = (n - \frac{1}{2})\pi\sqrt{c}$; $c = \frac{a+b}{2} + 1$; $a = \frac{c_{11}}{c_{44}}$;

$b = \frac{c_{12}}{c_{44}}$; $K^2 = \frac{e_{15}^2}{\varepsilon_{11}c_{44}}$; $v_t = \sqrt{\frac{c_{44}}{\rho}}$ – швидкість об'ємних поперечних хвиль;

ρ – густина матеріалу пластини.

При $N < 0$, що реалізується у кристалах германату вісмуту [3], рівняння (1) та (2) при $K^2 = 0$ описують хвилі, які при малих q мають протилежно спрямовані фазову $v = \frac{\omega}{k} = \frac{\Omega}{q}$ та групову v_g швидкості (такі хвилі називають

«зворотними хвилями») і існують при частотах менших за критичну. Якщо $K^2 \neq 0$, то при $0 < q < -\frac{K^2}{2N} \frac{\varepsilon_0}{\varepsilon_{11}}$ хвилі мають співпадаючі напрями фазової та

групової швидкостей. При подальшому зростанні q хвиль стають зворотними, причому при $\Omega > \Omega_{csl}$, тобто зворотні хвилі можуть існувати при частотах, більших за критичні частоти. Такий висновок на підставі аналітичних розрахунків зроблено вперше. Раніше можливість існування зворотних пружних хвиль при частотах більших за критичну була помічена на підставі розв'язання дисперсійного рівняння чисельними методами.

Оскільки напрям перенесення енергії хвилями співпадає з напрямом групової швидкості, реальними слід вважати хвилі, які переносять енергію від джерела пружних хвиль і тому мають додатну групову швидкість. Тоді зворотні хвилі Лемба при додатній груповій швидкості мають від'ємну фазову швидкість, тобто спрямовану до джерела хвиль.

Література

1. Бурлий П. В. Обратные волны Лэмба в пьезоэлектриках кубической симметрии / П. В. Бурлий, П. П. Ильин, И. Я. Кучеров // Украинский физический журнал – 1987. – Т.32, №3. – С. 440 - 443.

2. Кузнецов С. В. Волны Лэмба в анизотропных пластинах (обзор) / С. В. Кузнецов // Акустический журнал. – 2014. – Т. 60, №1. – С. 90 - 100.

3. Slobodnic A. J., Sethares J. C. Elastic, piezoelectric and dielectric constant of $\text{Bi}_{12}\text{GeO}_{20}$ / A. J. Slobodnic, J. C. Sethares // Journal of Applied Physics – 1972. – V.43, N 1. –P.247-248.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПООДИНОКИХ РОЗРЯДІВ В ПОВІТРЯНИХ ПРОМІЖКАХ

Кривда В.І., к.т.н., доцент; Переста В.В., магістр

Одеський національний політехнічний університет,

м. Одеса, Україна.

kryvda_v_i@ua.fm

Нині в літературі відсутня загальна думка про механізми пробую і розвитку розрядів в повітряних проміжках при атмосферних явищах. Це в першу чергу пояснюється різними умовами за яких відбувається проведення експериментів, а отже і результатами моделювання. Значний вплив на подальший розвиток серії розрядів має перший поодинокий розряд.

На підставі експериментальних даних, які отримані в лабораторних умов, запропоновано формулу розрахунку напруги виникнення поодинокого розряду в повітряних проміжках в діапазоні 0,5-6 см за атмосферних умов в умовах однорідного і неоднорідного розподілів електричного поля

$$U = (10\alpha + 4\beta)\delta, \text{ кВ,}$$

де l - відстань між електродами, см; α , β - коефіцієнти щодо виду анода (табл.1); δ - відносна щільність повітря, в.о.

Таблиця 1. Визначення коефіцієнтів в залежності від виду анода та катода

Вид аноду		Вид катода		
		стержень	Площина	куля
стержень	α	1,08	1,66	2,0
	β	1,165	0,515	0,1
площина	α	0,76	1,33	1,8
	β	1,11	1,69	1,30
куля	α	0,95	1,5	2,76
	β	1,32	2,40	1,41

На основі запропонованих формул, розроблено прикладну програма для дослідження електрофізичних властивостей повітряних проміжків за атмосферних умов, що дає можливість порівнювати результати лабораторних експериментів з аналітичними розрахунками. Похибка розрахунків знаходиться в межах $\pm 10\%$.

В якості прикладу приводиться дослідження поодиноких розрядів між двома електродами типу стержень-стержень (табл. 2, рисунок), які були проведені за таких атмосферних умов: тиск – 740 мм.рт.ст., температура оточуючого повітря – 26°C, вологість – 50%.

Таблиця 2. Результати експериментальних даних та аналітичного розрахунку пробою повітряного проміжку між електродами типу стержень-стержень

Вид досліджу	Відстань між електродами l , см										
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5
Експериментальні дані U , кВ	10	14	16	27	33	38	43	47	51	57	60
Аналітичний розрахунок U , кВ	9,56	14,7	19,9	25	30,2	35,4	40,5	45,6	50,8	56,0	61,1
Похибка, %	-4,6	4,8	19,6	-8	-9,3	-7,5	-6,2	-3,1	-0,4	-1,8	1,8

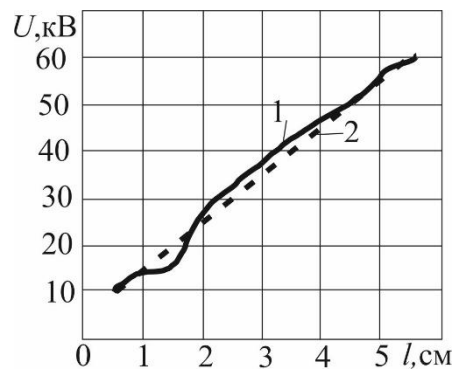


Рис. Залежність напруги пробую від відстані між електродами:
1 – експериментальні дані; 2 – аналітичний розрахунок

В подальшому передбачається удосконалення запропонованої методики визначення напруги виникнення поодинокого розряду. А проведені дослідження можуть бути використані для прогнозування терміну служби електроізоляційних конструкцій на основі кореляції з характеристиками часткових розрядів, які є небажаними для високовольтних конструкцій, оскільки служать причиною деградації і передчасного пробую електричної ізоляції.

Література

1. Sattari P. Trichel pulse characteristics–negative corona discharge in air / Sattari P., Gallo C.F., Castle G.S.P., Adamiak K. – J. Phys. D: Appl. Phys. – 2011. – Vol. 44, 155502. – P. 1-11.
2. Zhang C. A Gliding Discharge in Open Air Sustained by High-Voltage Resonant AC Power Supply / C. Zhang; T. Shao; J. Xu; H. Ma; L. Duan; C. Ren; P. Yan. – IEEE Transactions on Plasma Science, Volume: 40, Issue: 11, Nov. 2012. – pp. 2843 – 2849.
3. Бондаренко П. Н. Исследование одиночного барьерного разряда в субмиллиметровых воздушных промежутках. Однородное поле. / П. Н. Бондаренко,

О. А. Емельянов, М. В. Шемет // Журнал технической физики, 2014, том 84, вып. 6 С.51-59.

4. Петров С. В. Моделирование поведения повітряної бульбашки в полі стаціонарного дугового розряду. / С. В. Петров, С. Г. Бондаренко, Д. І. Рубець, О. В. Саванчук, В. А. Янюк // ВЕЖПТ. 2013. - №5 (63). - С. 23 - 29.

5. Чернышева М. В. Компьютерное моделирование при изучении физических процессов в тлеющем разряде в воздушной смеси при низких давлениях. / М. В. Чернышева, В. П. Марек, А. С. Чирцов, Д. А. Швагер // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. - 2014. - №3 (91). - С.140 - 148.

ЛЮМІНЕСЦЕНЦІЯ ПОДВІЙНИХ ФОСФАТІВ ЦИНКУ / МАНГАНУ

**Бойко В.В.¹, к. ф. – м. н., доцент, Гоменюк О.В.², к. ф. – м. н., доцент,
Неділько С.Г.², д. ф. – м. н., професор**

¹ Національний університет біоресурсів і природокористування України.

² Київський національний університет імені Тараса Шевченка,
м. Київ, Україна. boyko_v@i.ua

Індивідуальні дифосфати цинку ($Zn_2P_2O_7$), мангану ($Mn_2P_2O_7$) та магнію ($Mg_2P_2O_7$) відомі своїми практичними застосуваннями. На їх основі виготовляють термостійкі пігменти, каталізатори, тверді електроліти, антикорозійні рідини і т. д. [1, 2]. Нами та іншими авторами досліджувались їхні оптичні властивості [1-3]. Дифосфати, які мають в своєму складі одночасно цинк і манган (магній), вміст яких можна контролювано змінювати, мають в порівнянні з індивідуальними дифосфатами інші, для певних цілей - покращенні фізико-хімічні, а відповідно і експлуатаційні характеристики. Очевидно, їх оптичні, зокрема, люмінесцентні властивості також мають відрізнятися від характеристик індивідуальних дифосфатів.

Досліджено люмінесцентні властивості подвійних фосфатів двовалентних металів цинку/мангану $Zn_{2-x}Mn_xP_2O_7 \cdot nH_2O$ ($n = 0, 1, 5; x = 0 - 2$).

Наведені результати дозволяють розглядати ультрафіолетову, так і синьо-рожеву люмінесценцію досліджених сполук, як таку, що створена дефектами структури. Про це свідчить хоча б те, що додавання води призводить до сильного зростання інтенсивності довгохвильових компонентів, тоді як короткохвильова частина спектрів майже не змінюється.

Червона люмінесценція, яка для безводних сполук краще збуджувалася в короткохвильових компонентах спектрів збудження, підтверджує існування різних систем дефектів, що створюються молекулами води, атоми яких можуть входити до найближчого оточення двовалентного металу решітки в різних оточеннях (як тетраедричному, так і в октаедричному).

Література

1. Arthur L. Smith. Luminescence of three forms of Zinc Orthophosphate: Mn // J. of the Electrochemical Society. – 1951. – V. 98, № 9. – P. 363–368.
2. B. Han, R. Y. Korotkov, B. W. Wessels, M. P. Ulmer Optical properties of Mn⁴⁺ ions in GaN:Mn codoped with Mg acceptors // Applied Physics Letters. – 2004. – V. 84, Is. 26. – P. 5320–5322.
3. Бойко В. В. Люмінесцентні властивості пірофосфатів цинку-мангану. / В. В. Бойко, О. В. Гоменюк, С. Г. Неділько. // Науковий вісник НУБіП України. Серія «Техніка та енергетика АПК». - К. : ВЦ НУБіП України, 2015, - вип.224, С. 122 - 131.

НАПІВПРОВІДНИКОВІ СЕНСОРИ ДЛЯ ВИЯВЛЕННЯ ВИТОКУ ХОЛОДОАГЕНТІВ - ФРЕОНІВ

*Бойко В.В., Булах Г.І., Гуменюк Я.О., Ільїн П.П. к. ф. – м. н., доценти,
Малюта М.В. -асистент*

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м.Київ, Україна. boyko_v@i.ua*

Відомі розробки технічних засобів контролю газового середовища, в яких використовуються сучасні газові сенсори. Так, нами на протязі останніх років було розроблено декілька газових детекторів для виявлення різних летких сполук, що виникають в процесі гниття при зберіганні сільськогосподарської продукції в сховищах [1,2]. Це леткі сполуки із складу алканів (парафіни), алкенів (олефіни), альдегідів, сульфідів, кетонів, спиртів тощо. Деякі з них, як то етанол, метанол, ацетон та бутан можуть слугувати маркерами процесів гниття вже на початковій стадії. Подібна проблема виникла в процесі розвитку холодильної та кліматичної техніки, що знаходить з кожним роком все ширше застосування в сільському господарстві, промисловості та побуті. Розроблюються та застосовуються все нові, більш екологічні речовини, що грають роль холодоагентів. З огляду на те, що сучасні холодоагенти - фреони не мають запаху, виявлення витоку та його локалізація можлива за допомогою спеціальних приладів - детекторів (індикаторів) витоку фреонів

Розглянуто використання та шляхи здешевлення напівпровідникових газових сенсорів (детекторів) для виявлення витоку холодоагентів – фреонів, які являються основою різноманітної холодильної та кліматичної техніки.

Нами проаналізувати перспективи застосування та шляхи здешевлення напівпровідникових газових сенсорів для виявлення витоку холодоагентів – фреонів, що відомі своїм практичним застосуваннями. Детектори фреонів з напівпровідниковими сенсорами мають переваги перед іншими, при цьому сенсори на основі SnO₂ можуть набути найбільш широкого застосування в цій галузі.

Література

1. Бойко В. В. Перспективи застосування сучасних газових сенсорів в технології зберігання сільськогосподарської продукції. / В. В. Бойко, Г. І. Булах, Г. І. Подпрятков, С. М. Гунько // Науковий вісник НАУ. – 2007. – вип. 105. С. 237– 341.

2. Бойко В. В. Газовий детектор для виявлення процесів гниття в овочесховищах. / В. В. Бойко, Г. І. Булах, Г. І. Подпрятков, С. М. Гунько // Науковий вісник НАУ. – 2013. – вип. 184, ч.1. С. 144 – 149.

ОБҐРУНТУВАННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА В ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНІЙ СИСТЕМІ ДЛЯ ЕЛЕКТРОДИНАМІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ

*Жильцов А.В., докт. техн. наук, доц; Васюк В.В., асистент
Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ, Україна. azhilt@mail.ru*

Перспективним шляхом підвищення ресурсу зварних з'єднань, що характеризується відносною простотою застосування та низькими витратами енергії, є їх обробка імпульсами електричного струму та електромагнітного поля різної тривалості та інтенсивності. При цьому проявляється ефект електропластичності, сутність якого полягає в релаксації напружено-деформованого стану металевих матеріалів при імпульсній дії на метал електричного струму щільністю більше 10^9 А/м² та при накладанні стискаючих зусиль. Метою роботи є визначення геометричних параметрів електромеханічного перетворювача індукційного типу для електродинамічної обробки зварних з'єднань, що забезпечують умови для ефективного зменшення залишкового напруженого стану металевих конструкцій. В попередніх роботах розроблено математичну модель на основі редукції крайової задачі для рівнянь Максвелла до системи інтегральних рівнянь щодо джерел магнітного поля, яка застосовується в даній роботі. На рис. 1 наведена залежність амплітуди електродинамічної сили (z -компоненти) взаємодії струмів в котушці зі вихровими струмами в масивному диску, та як наслідок сили притискання електрода до поверхні металу, від його товщини. Розрахунок виконувався при наступних незмінних параметрах: внутрішній діаметр котушки $d_{win}=20$ мм; зовнішній діаметр котушки $d_{wext}=92$ мм; висота котушки $h_w=6$ мм; розмір проводу, з якого виконано обмотку котушки, $ab=2\times 6$ мм; кількість витків в обмотці котушки $w=18$, розташовані в один шар уздовж радіусу; зазор між котушкою та диском $\Delta=0,5$ мм. Параметри розрядного колу: $U_c=500$ В, $C=5140$ мкФ, додаткова індуктивність $L_d=9$ мкГн, сумарний активний опір кола R

складається з опору провідників $R_d = 15$ мОм та опору котушки $R_k = 5,46$ мОм.

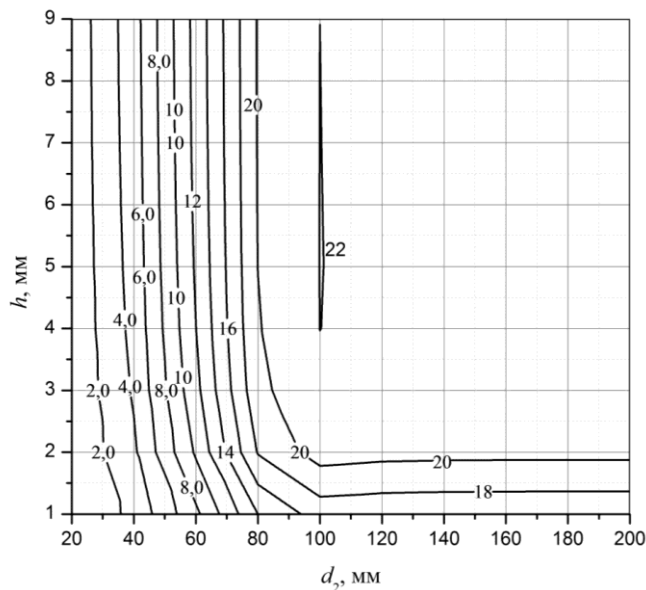


Рис. 1. Залежності амплітудного значення електромагнітної сили (кН), що діє на масивний неферромагнітний диск, від його товщини та радіусу: h – товщина масивного диску; d_2 – його зовнішній діаметр.

Аналіз залежностей, які наведено на рис. 1, показують, що при товщині масивного диску більше 4 мм та діаметрі диску $d_2 = 100$ мм електродинамічна сила, що діє на диск, залишається практично не зміною і рівною $F_{\max} \approx 22$ кН. Варіюючи величину радіуса диска можна стверджувати, що зростання його розмірів більше чим розміри котушки не доцільне, адже не призводить до зростання електродинамічної сили.

СИНХРОТРОННЕ ВИПРОМІНЮВАННЯ ПРИСКОРЮВАЧА DESY ТА ЙОГО ВИКОРИСТАННЯ В ОПТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ

Бойко В.В.¹, к. ф. – м. н., доцент, Неділько С.Г.², д. ф. – м. н., професор

¹Національний університет біоресурсів і природокористування України.

²Київський національний університет імені Тараса Шевченка,

м. Київ, Україна. *boyko_v@i.ua*

У прискорювачах елементарних частинок при русі в магнітному полі по криволінійній траєкторії електронів, позитронів, протонів зі швидкостями, близькими до швидкості світла, виникає гальмівне (магніто - гальмівне) випромінювання, або як його називають синхротронне випромінювання (СВ). Ця назва обумовлена тим, що детальні дослідження характеристик цього випромінювання (поляризація, кутовий розподіл, інтенсивність та ін.)

розпочинались саме на прискорювачах – синхротронах. Одним з найвідоміших в світі подібних прискорювачів є DESY (Німецький електронний синхротрон в м. Гамбург). Навколо прискорювача, точніше його невеликої частини DORIS (накопичувач синхротронного випромінювання) створені лабораторії, що використовують СВ. В останній час різко зросло використання СВ для спектроскопічних досліджень, особливо в фізиці твердого тіла, молекулярній біології.

На протязі останніх років нами проводились спектроскопічні дослідження з використанням СВ по міжнародному проекту “Luminescence of nanoscale components of combined oxide transformers and sources of light (люмінесценція нанорозмірних компонентів оксидних перетворювачів та джерел світла)”. Ці дослідження проводились в лабораторії Superlumi на прискорювачі DESY. Обладнання лабораторії дозволяє проводити комплекс оптичних досліджень (спектри поглинання, люмінесценції, комбінаційного розсіяння, збудження люмінесценції).

Люмінесценція досліджувалась в температурному інтервалі від “гелієвих” 4,2 К до кімнатних. Зразки розміщувались в гелієвому або азотному кріостаті. Досліджувались спектри люмінесценції при збудженні в області вакуумного ультрафіолету та спектри збудження люмінесценції в цій області. Спектри люмінесценції записувалися в діапазоні довжин хвиль 275 – 950 нм і спектри збудження люмінесценції – в діапазоні 50 – 334 нм при температурах від низьких (гелієвих) до кімнатних. Спектри рентгенолюмінесценції реєструвались при одночасному опроміненні неперервним рентгенівським джерелом приблизно на протязі 1200 с у вказаному температурному діапазоні. Такі оптичні дослідження проведені для ряду складних оксидів - вольфраматів кадмію, свинцю, цинку, кальцію, молібдатів важких металів, а також сульфатів лужних металів.

АЛГОРИТМ ОБРАБОТКИ И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ПОЛЯРИМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ СВЕТОВЫХ ПОТОКОВ В ПОЛЯРИМЕТРАХ С ВРАЩАЮЩИМСЯ ПОЛЫМ РОТОРОМ

^{1,2}*Видьмаченко А. П., доктор физ.-мат. наук, профессор, профессор.*

¹*Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины.*

²*Главная астрономическая обсерватория НАН Украины.*

Известно, что все приемники электромагнитного излучения реагируют только на изменение интенсивности светового потока, не регистрируя состояние его поляризации. По этой причине для определения степени поляризации света применяют преобразование параметров вектора Стокса $I=I\{I_0, Q, U, V\}$ от источника излучения в скалярную величину [4, 13-15]. С этой целью используют специальные устройства (поляроидные модуляторы),

которые устанавливаются перед приемниками излучения. При прохождении света через поляроиды, призмы и т.п. возникает оптическая разность хода между ортогональными слагаемыми I . Величина этой разности пропорциональна квадрату напряженности электрического поля. В применяемых нами поляриметрах мы используем двухэлементный модулятор. В нем вращается фазосдвигающая пластина (ФП), а поляризатор установлен неподвижно [1-3]. ФП помещается на оптическую ось прибора в отверстии ротора синхронного электродвигателя. Двигатель, представляющий собой двухобмоточную электрическую машину переменного тока. Одна из его обмоток возбуждается переменным током с частотой ω , а вторая – постоянным током. Это обеспечивает возможность программирования требуемых параметров модулятора. Матрица преобразования компонентов вектора Стокса при прохождении света через ФП с фазовым сдвигом Δ имеет вид:

$$\begin{pmatrix} I \\ Q \\ U \\ V \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & G + H \cos 4\varphi_1 & H \sin 4\varphi_1 & -\sin \Delta \sin 2\varphi_1 \\ 0 & H \sin 4\varphi_1 & G - H \cos 4\varphi_1 & \sin \Delta \cos 2\varphi_1 \\ 0 & \sin \Delta \sin 2\varphi_1 & \sin \Delta \sin 2\varphi_1 & \cos \Delta \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} I_0 \\ Q_0 \\ U_0 \\ V_0 \end{pmatrix}. \quad (1)$$

При этом световой луч модулируется соответственно выражению:

$$I(\omega_2 t) = 0,5 \{ I_0 + G Q_0 \cos 2\varphi_2 + H Q_0 \cos 2(2\varphi_1 - \omega_1 t) + H U_0 \sin 2(2\varphi_1 - \omega_1 t) - V_0 \sin \Delta \sin 2(\varphi_1 - \omega_1 t) \}, \quad (2)$$

где $G = 0.5(1 + \cos \Delta)$, $H = 0.5(1 - \cos \Delta)$, ω_2 - скорость вращения поляризатора, ω_1 - скорость вращения ФП. Для анализа линейно поляризованного света используется ФП с фазовым сдвигом на 180° . В этом случае:

$$I(\omega_2 t) = 0.5 \{ I_0 + Q_0 \cos 2(2\varphi_1 - \omega_2 t) + U_0 \sin 2(2\varphi_1 - \omega_2 t) \}. \quad (3)$$

При этом $\omega_2 = 2\omega_1$. Использование в поляроидном модуляторе вращающейся четверть волновой фазовой пластины позволяет одновременно измерять параметры линейной и круговой поляризации, Однако при этом точность определения параметров Q и U будет в два раза меньше, чем для параметра V . Мы работаем в режиме подсчета отдельных фотонов и используем непрерывное вращение поляризатора с частотой 61 Гц; а модулированную интенсивность (2) регистрируем четырьмя счетчиками на протяжении половины периода оптической модуляции светового потока. Специальное программное обеспечение позволяет по приведенному выше алгоритму определять значение степени линейной поляризации и значение плоскости поляризации [3, 5-12].

Література

1. Kostogryz N. M., et al. Polarimetric study of transiting extrasolar planets // Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. 2011, v. 415(1), p. 695-700.

2. Morozhenko A. V., et al. Astronomical Polarimeters and Features of Polarimetric Observations // Photopol. in Remote Sens., NATO Science Series II: Math., Phys. and Chem. 2005, v. 161, p. 479-486.
3. Morozhenko, A. V., et al. Polarimetry and Physics of Solar System Bodies // Photopol. in Remote Sens., NATO Science Series II: Math., Phys. and Chem. 2005, v. 161, p. 369-384.
4. Nevodovskiy P. V., et al. On testing of the photometer-polarimeter UVP layout using a telescope on Earth's surface // 16 Ukrainian Conf. on Space Res. Abstracts. 22-27.08.2016. Odessa, Ukraine. P. 120.
5. Nevodovskiy P. V., et al. Tiny Ultraviolet Polarimeter for Earth Stratosphere from Space Investigation // Proceedings of IEEE 8th International Conf. IDAACS-2015. 24-26 September 2015. Warsaw, Poland. V. 1, p. 28-32.
6. Samoylov A. V., et al. Achromatic and super-achromatic zero-order waveplates // Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer. 2004, v. 88(1-3), p. 319- 325.
7. Vid'machenko A. P. et al. A cooled photomultiplier with an InGaAs photocathode developed for the spectropolarimetry observations // KFNT Suppl. no. 3. 2000, p. 283-285.
8. Vid'Machenko A. P., et al. Experimental observations with cooled photometric head on the basis of a photomultiplier with the InGaAs photocathode // KFNT. 2000, v. 16(1), p. 72-79.
9. Vid'machenko A.P. Information-measuring and registering system of an astronomical polarimeter // Baltic Astronomy. 2000, v. 9, p. 670-671.
10. Vidmachenko A. P., et al. Light modulators for astronomical polarimeters // Astronomical School's Report. 2005, v. 5(1-2), p. 236-241.
11. Vidmachenko A., et al. Astronomical spectropolarimeter for remote investigation of an optical and physical properties of solar system bodies // BNTUkraine "KPI". Series Instr. Mak. 2003, v. 25, p. 45-52.
12. Vidmachenko A. P., et al. The unified optics-mechanical block for surface astronomical devices // BNTUkraine "KPI". Series Instr. Mak. 2007, v. 33, p. 41-48.
13. Vidmachenko A. P., et al. Spectropolarimeter of ground-based accompanying for the space experiment "Planetary Monitoring" // KNiT. 2007, v. 13(1), p. 63-70.
14. Vidmachenko A. P., et al. The development of the imaging polarimeter's polarizer on the basis of the polarizing film // KNiT. 2015, v. 21(4), p. 19-23.
15. Vidmachenko A.P., et al. Ways of the modulation of the polarized light in astronomical device // BNTUkraine "KPI". Series Instr. Mak. 2004, v. 27, p. 61-66.

ТЕМПЕРАТУРНА ЗАЛЕЖНІСТЬ ЕЛЕКТРООПОРУ НЕВПОРЯДКОВАНИХ СПЛАВІВ ПРИ ВРАХУВАННІ ЕЛЕКТРОН- ФОНОННОЇ ВЗАЄМОДІЇ

Годлевська О.О., к. ф. – м. н., доцент

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м.Київ, Україна.*

Фазові перетворення порядок-безлад й обумовлені ними зміни фізичних властивостей займають помітне місце та є однією з актуальних проблем фізики твердого тіла. Суттєві успіхи в описі таких фазових переходів зумовлені розвитком електронної теорії. Ефекти впливу далекого атомного впорядкування на енергетичний спектр електронів, що пов'язані з виникненням енергетичної щілини та переходом метал-діелектрик, вперше

були передбачені в роботах Смирнова А.А. Подальші дослідження впливу атомного впорядкування на енергетичний спектр електронів та електропровідність сплавів були спочатку виконані в роботах Макарова С.І. (1975-1976 рр.), а потім в роботах Репецького С.П. (1990 – 2001 рр.). В роботах Репецького С.П. було показано, що у випадку близького впорядкування на кривій енергетичної залежності густини електронних станів виникає характерний провал, що призводить до утворення енергетичної квазіщілини при встановленні далекого порядку. Виявлено, що поведінка електропровідності, а також характер атомного впорядкування суттєво залежать від положення рівня Фермі по відношенню до зазначеної квазіщілини. Для таких електронних концентрацій, для яких рівень Фермі лежить поза областю квазіщілини, електропровідність сплаву зі збільшенням ступеня впорядкування зростає. Якщо рівень Фермі попадає в область квазіщілини, спостерігається аномальна поведінка електропровідності: з впорядкуванням вона зменшується.

Однак у зазначених вище роботах при описі електронних станів не враховувалися коливання кристалічної ґратки та електрон-фононна взаємодія, що можуть давати значні внески в енергію упорядкування, параметри міжатомних кореляцій і істотно впливати на властивості сплаву.

Автором чисельно досліджуються процеси упорядкування на енергетичному спектрі електронів сплавів та з'ясовується ступінь та характер впливу електрон-фононної взаємодії.

Дослідження проводилось на прикладі сплавів *FeTi*, *NiTi*, *CoTi* та *FeCr* стехіометричного складу. Показано що, якщо рівень Фермі знаходиться в області енергетичної квазіщілини, електрон-фононна взаємодія призводить до ефекту "замиття" енергетичної щілини, що повністю узгоджується з виконаними в однозонній моделі аналітичними оцінками в роботах Репецького С.П. Крім цього, врахування міжатомних кореляцій призводить до посилення цього ефекту. На прикладі зазначених систем чисельно показана можливість застосування отриманих результатів для опису впливу електрон-фононної взаємодії на електронну структуру та властивості сплавів на основі перехідних металів з вузькими енергетичними зонами.

Тензор електропровідності можна представити у вигляді:

$$\sigma_{\alpha\beta} = -\frac{e^2\hbar}{2\pi N v \Omega_0} \int_{-\infty}^{+\infty} dE \left(-\frac{\partial f}{\partial E} \right) \text{Sp} \left[\langle \nu_\alpha (G(E^+) - G(E^-)) \nu_\beta (G(E^+) - G(E^-)) \rangle \right],$$

де запізнююча (відповідаюча знаку “+”) та випереджаюча функція Гріна системи електронів враховує електрон-фононну взаємодію, а дужки $\langle \dots \rangle$ означають конфігураційне усереднення.

Використовуючи властивість самоусереднення тензору електропровідності і враховуючи, що $G = \tilde{G} + \tilde{G}T\tilde{G}$, для тензора електропровідності можна отримати вираз

$$\sigma_{\alpha\beta} = -\frac{e^2\hbar}{2\pi N\nu\Omega_0} \int_{-\infty}^{+\infty} dE \left(-\frac{\partial f}{\partial E} \right) \text{Sp} \sum_{s,s'=+,-} (2\delta_{ss'} - 1) \left[\nu_\alpha \tilde{K}(E^s, \nu_\beta, E^{s'}) + \tilde{K}(E^{s'}, \nu_\alpha, E^s) \nu_\beta \tilde{G}(E^{s'}) \langle T(E^{s'}) \rangle \right. \\ \left. + \tilde{K}(E^s, \nu_\beta, E^{s'}) \nu_\alpha \tilde{G}(E^s) \langle T(E^s) \rangle + \tilde{K}(E^{s'}, \nu_\alpha, E^s) \langle T(E^s) \rangle \tilde{K}(E^s, \nu_\beta, E^{s'}) \Gamma(E^{s'}) \right]$$

де $\tilde{K}(E^s, \nu_\beta, E^{s'}) = \tilde{G}(E^s) \nu_\beta \tilde{G}(E^{s'})$.

У роботі проаналізована температурна залежність опору неупорядкованого сплаву при врахуванні електрон-фононої взаємодії. Так відомо, що при низьких температурах опір ґратки пропорційний T^5 . При високих температурах опір пропорційний першій степені температури. Як показують числові розрахунки, вираз для масового оператора електрон-фононої взаємодії, дає можливість описувати температурну поведінку опору ґратки у всьому діапазоні температур.

Література

1. Кулиш Н. П. Влияние формирования ближнего порядка на электропроводность сплавов переходных металлов. / Н. П. Кулиш, В. А. Макара, С. П. Репецкий, Е. Г. Лень, О. А. Годлевская // ФММ, 1997, №4, С. 51 - 66.
2. Репецкий С. П. Влияние электрон-фононного взаимодействия на электронную структуру и атомное упорядочение. / С. П. Репецкий, Т. Д. Шатний, О. А. Годлевская // Металлофиз. Новейшие технол., 2003, Т.25, №4, С. 417 - 430.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТАНДАРТНОЙ ADVANTECH PCL-830 ПЛАТЫ В СИСТЕМЕ ОБРАБОТКИ ПОЛЯРИМЕТРИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ С ПОЛЯРИМЕТРОМ, ИМЕЮЩИМ ВРАЩАЮЩИЙСЯ ПОЛЫЙ РОТОР

^{1,2} *Видьмаченко А. П., доктор физ.-мат. наук, профессор, профессор;*
² *Неводовский П.В., кандидат физ.-мат. наук, старший научный сотрудник.*

¹ *Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины.*

² *Главная астрономическая обсерватория НАН Украины, м. Київ, Україна.*

Для исследования интенсивности и поляризации световых потоков от естественных и искусственных источников на базе чувствительного в спектральном диапазоне 340-1070 нм фотоэлектронного умножителя (ФЭУ) типа «Quantakon» с InGaAs-фотокатодом, мы создали охлаждаемую фотометрическую головку для спектрополяриметра [3, 4, 10-16, 19]. Выходные импульсы с ФЭУ очень короткие и поэтому прибор работает в одноэлектронном режиме. Вся фотоприемная головка с соответствующей электроникой помещена в охлаждаемый блок с возможностью его термостабилизации. Система работает на основе эффекта Пельтье. Электронный блок включает в себя малошумящий широкополосный

усилитель с усилением около 40 дБ, а импульсный дискриминатор-формирователь имеет чувствительность лучше 5 мВ. Механическое введение на оптическую ось прибора небольшого количества оптических элементов позволяет производить измерения светового потока в четырех режимах: фотометрия с фильтрами, спектрометрия, фотополяриметрия и спектрополяриметрия. Сигнал от ФЭУ проходит через изготовленный нами импульсный дискриминатор и поступает на интерфейс стандартной счетной платы *Advantech PCL-830*, установленной внутри персонального компьютера. *PCL-830* представляет собой многофункциональную плату с цифровым «входом/выходом» [13]. Она обеспечена десятью 16-битными счетчиками, имеет кварцевый генератор с опорной частотой 1 МГц с делителем, короткими *TTL*-сигналами на выходных портах и 6.8 МГц максимальную входную частоту. Такие характеристики позволяют обрабатывать световые потоки, регистрируя от единиц фотоэлектронов до больше миллиона. Имеется возможность программирования платы, и получать на ее выходе счетные характеристики с требуемыми нам в каждом конкретном случае параметрами. Мы использовали эту плату для подсчета импульсов от фотоэлектронов, для управления периодичностью работы каждого из 8 необходимых нам дискретных счетчиков, для измерения периода и длительности импульсов, для генерирования временной задержки необходимой при переключении между счетчиками и для периодической генерации прерываний в их работе. Для управления работой платы в режиме реального времени мы используем разработанное нами программное обеспечение. Прибор использовался как при лабораторных исследованиях, так и при регистрации световых потоков от физических объектов [1, 2, 5-9, 17, 18]. Исследования показали, что температура фотометрической головки стабилизировалась в пределах 0.5 °С и поддерживалась на протяжении нескольких суток; электронный тракт поддерживает линейность выходного сигнала при подсчете фотоэлектронов в диапазоне $10 \div 1.5 \cdot 10^6$ импульсов/сек.

Література

1. Kostogryz N. M., et al. Polarimetric study of transiting extrasolar planets // *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. 2011, v. 415(1), p. 695-700.
2. Levchenko T. A., et al. The test of the layout of polarimeter “UPP” on the telescope AZT-2 // 18 International scientific conference *Astronomical School of Young Scientists*, the program and abstracts. NAU, Kyiv, Ukraine. May 26-27 2016. P. 66-67.
3. Morozhenko A. V., et al. Astronomical Polarimeters and Features of Polarimetric Observations // *Photopol. in Remote Sens.*, NATO Science Series II: Math., Phys. and Chem. 2005, v. 161, p. 479-486.
4. Morozhenko, A. V., et al. Polarimetry and Physics of Solar System Bodies // *Photopol. in Remote Sens.*, NATO Science Series II: Math., Phys. and Chem. 2005, v. 161, p. 369-384.
5. Nevodovskiy P. V., et al. On testing of the photometer-polarimeter UVP layout using a telescope on Earth's surface // 16 Ukrainian Conf. on Space Res. Abstracts. 22-27.08.2016. Odessa, Ukraine. P.120.

6. Nevodovskyi P. V., et al. Tiny Ultraviolet Polarimeter for Earth Stratosphere from Space Investigation // Proceedings of IEEE 8th International Conf. IDAACS-2015. 24-26.2015. Warsaw, Poland. Vol. 1, p. 28-32.
7. Samoylov A. V., et al. Achromatic and super-achromatic zero-order waveplates // Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer. 2004, vol. 88(1-3), p. 319- 325.
8. Sinyavskii I. I., et al. Concept of the construction of the optical setup of a panoramic Stokes polarimeter for small telescopes // Journal of Opt. Techn. 2013, vol. 80(9), p. 545-548.
9. Sorochnytskyi R. R., et al. The stand for research and testing of layout of ultraviolet photo-polarimeter (UPP) // 18 International scientific conference Astronomical School of Young Scientists, the program and abstracts. NAU, Kyiv, Ukraine. May 26-27 2016. P. 82-83.
10. Vid'machenko A. P., et al. A cooled photomultiplier with an InGaAs photocathode developed for the spectropolarimetry observations // KFNT Suppl. no. 3. 2000, p. 283-285.
11. Vid'machenko A. P., et al. Digital panoramic polarimeter for remote investigation of an optical parameter of celestial bodies // BNTUU "KPI". Series Instr. Mak. 2003, vol. 26, p. 12-18.
12. Vid'Machenko A. P., et al. Experimental observations with cooled photometric head on the basis of a photomultiplier with the InGaAs photocathode // KFNT. 2000, vol. 16(1), p. 72-79.
13. Vid'machenko A.P. Information-measuring and registering system of an astronomical polarimeter // Baltic Astronomy. 2000, vol. 9, p. 670-671.
14. Vidmachenko A. P., et al. Light modulators for astronomical polarimeters // Astronomical School's Report. 2005, vol. 5(1-2), p. 236-241.
15. Vidmachenko A., et al. Astronomical spectropolarimeter for remote investigation of optical and physical properties of solar system bodies // BNTUU "KPI". Series Instr. Mak. 2003, vol. 25, p. 45-52.
16. Vidmachenko A. P., et al. The unified optics-mechanical block for surface astronomical devices // BNTUUkraine "KPI". Series Instrument Making. 2007, vol. 33, p. 41-48.
17. Vidmachenko A. P., et al. Spectropolarimeter of ground-based accompanying for the space experiment "Planetary Monitoring" // KNiT. 2007, vol. 13(1), p. 63-70.
18. Vidmachenko A. P., et al. The development of the imaging polarimeter's polarizer on the basis of the polarizing film // KNiT. 2015, vol. 21(4), p. 19-23.
19. Vidmachenko A.P., et al. Ways of the modulation of the polarized light in astronomical device // BNTUUkraine "KPI". Series Instrument Making. 2004, vol. 27, p. 61-66.

ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНА СИСТЕМА ДЛЯ ЕЛЕКТРОДИНАМІЧНОЇ ОБРОБКИ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ

***Жильцов А.В., докт. техн. наук, доц; Васюк В.В., асистент**
Національний університет біоресурсів і природокористування України.
м. Київ, Україна. azhilt@mail.ru*

Однією з основних причин зниження ресурсу металевих конструкцій є залишкові зварювальні напруження, що негативно впливають на їх характеристики втомної міцності, корозійної стійкості та залишкові формозміни. В зварному шві та зоні навколо шву мають місце напруження розтягу, що є близькими до порогу плинності металу.

Перспективним шляхом підвищення ресурсу зварних з'єднань, що характеризується відносною простотою застосування та низькими витратами енергії, є їх обробка імпульсами електричного струму та електромагнітного

поля різної тривалості та інтенсивності. Попередньо відомо, що при протіканні через металеві матеріали імпульсів струму, щільністю більше 10^9 А/м² та при накладанні стискаючих зусиль реалізується ефект електропластичності, за якого підвищується їх статична та втомна міцності, відбувається релаксація їх напружено-деформованого стану та зміна інших механічних характеристик. За рахунок прямого проходження струму через оброблюваний метал та дії імпульсної електромагнітної сили в металі ініціюються деформаційні процеси, взаємодія яких зі зварювальними напруженнями викликає залишкові пластичні деформації. Результатом взаємодії є зниження рівня залишкових напружень розтягу або їх перетворення у напруження стискання, що позитивно впливає на подовження ресурсу зварних з'єднань. В роботі розроблено концепцію електротехнічного комплексу для зниження залишкових напружень при застосуванні електродинамічної обробки, до складу якого входять електродна система індукційного типу та генератор імпульсів струму. Застосування методу електродинамічної обробки, таким чином, потребує розробки методів розрахунку взаємопов'язаних електрофізичних процесів – розряду ємності на розгалужене електричне коло з напівпровідниковими елементами та створення необхідних з технологічних міркувань електродинамічних зусиль в зоні контакту електроду і зразка, що обробляється. Метою роботи є розробка математичної моделі нестационарного електрофізичного процесу електродинамічної обробки зварних з'єднань та встановлення на її основі конструктивних, електричних і режимних характеристик для забезпечення параметрів струмових імпульсів, достатніх для ефективного регулювання залишкового напруженого стану металевих конструкцій. В роботі сформульовано початково-крайову задачу в термінах векторного магнітного потенціалу та скалярного електричного потенціалу, які з використанням теорії потенціалу та концепції вторинних джерел редуковані до інтегро-диференціального рівняння (інтегрального за просторовими змінними, диференційного за часом).

Інтегро-диференціальне рівняння розв'язуються з використанням апроксимації за просторовими змінними методом повного усереднення, а для розв'язку в часі застосовується різницева схема першого або другого порядку. Розроблено метод розрахунку характеристик розгалуженого розрядного кола з урахуванням електродинамічної взаємодії магнітного поля котушки індуктивності з масивними ферромагнітними частинами електродного пристрою. Визначені величина та форма струму в перехідному процесі розряду ємнісного накопичувача, шунтованого зворотнім діодом, величина електродинамічної сили, що притискає електрод до металевого зразка та розподіл густини струму в зразку. Визначено границі області в металевому зразку, яка відповідає умовам виникнення електропластичного ефекту.

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ АНАЛІЗУ РЕЖИМІВ РОБОТИ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ ГОЛОВНИХ ЦИРКУЛЯЦІЙНИХ ПОМП ЯДЕРНОГО РЕАКТОРА ВВЕР-1000 АТОМНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ

Василів К.М., професор; Василенко В.В., професор

¹Національний університет „Львівська політехніка”

м. Львів, Україна

²Національний університет біоресурсів і природокористування України

м. Київ, Україна

karl.vasyliv@gmail.com

Головні циркуляційні помпи (ГЦП) ядерних реакторів (ЯР) типу ВВЕР-1000 атомних електричних станцій (АЕС) призначені для забезпечення циркуляції теплоносія в першому контурі і належать до відповідальних механізмів власних потреб атомних електричних станцій, а тому від надійності їх роботи критично залежить надійність робота як ядерного реактора, так і енергоблоку і, відповідно, цілої АЕС.

На ядерних реакторах ВВЕР-1000 встановлено по 4 ГЦП, які приводяться в рух короткозамкненими асинхронними двигунами (АД). З метою забезпечення надійності роботи цих двигунів як у режимі нормальної експлуатації, так і особливо в аварійному режимі розхолодження ЯР передбачено три різні джерела живлення двигунів ГЦП. В режимі нормальної експлуатації АД ГЦП живляться від робочих трансформаторів власних потреб, а в аварійному – від резервних трансформаторів. Третім джерелом живлення цих двигунів слугує система надійного живлення, яка є автономною енергетичною установкою на базі дизель-генератора. Остання задіюється в аварійній ситуації у випадку втрати робочого і аварійних джерел, тобто втрати зв'язку з енергосистемою.

Застосування методів математичного моделювання для аналізу режимів роботи асинхронних двигунів ГЦП АЕС дає змогу достатньо точно оцінити роботу цих двигунів як в нормальних, так і в екстремальних режимах (перемикання на резервне живлення, режими самозапуску і т. ін.) та має принципову перевагу над проведенням фізичного експерименту бо виключає потребу втручання в роботу діючих двигунів, що в умовах робочого ядерного реактора становить великі ризики з погляду безпеки.

Розроблено математичну модель електромеханічного комплексу за схемою „Електрична мережа – трансформатор – вузол асинхронних двигунів”. Математичною моделлю слугує система диференціальних рівнянь, яка описує перебіг електромагнітних і електромеханічних процесів, що відбуваються в цій системі. Модель орієнтована на застосування явних числових методів інтегрування. Вона дає змогу аналізувати перебіг електромагнітних і електромеханічних процесів як в усталених, так і в

перехідних режимах роботи, а також дає змогу врахувати взаємний вплив структурних елементів та реалізацію практично необхідних режимів (вмикання та відмикання окремих двигунів, перемикання на резервне живлення, самозапуск).

На підставі математичної моделі розроблено програмний комплекс, який за допомогою персональних комп'ютерів дає змогу моделювати режими роботи АД ГЦП ядерного реактора ВВЕР-1000. Проведено дослідження роботи цих двигунів в режимі нормальної експлуатації, перемикання на резервне живлення, а також в режимі самозапуску.

Висновок. Математична модель аналізу режимів роботи асинхронних двигунів головних циркуляційних pomp ядерних реакторів ВВЕР-1000 відзначається високим рівнем адекватності та слугує ефективним інструментарієм досліджень, який може бути використаний у практиці експлуатації ядерних енергоблоків на базі реактора ВВЕР-100 у поєднанні з фізичним експериментом.

ВЕКТОРНИЙ АНАЛІЗ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПРОЦЕСІВ ЗВАРЮВАЛЬНОГО ТРАНСФОРМАТОРА

Брагіда М. В, к.т.н., доцент

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ Україна. bragida@nubip.edu.ua*

Застосування для зварювання трансформаторів на кільцевому магнітопроводі до недавнього часу було обмежене із-за невирішених питань щодо регулювання струму зварювання та отримання круто падаючої зовнішньої характеристики. Переваги такого типу зварювальних трансформаторів очевидні:

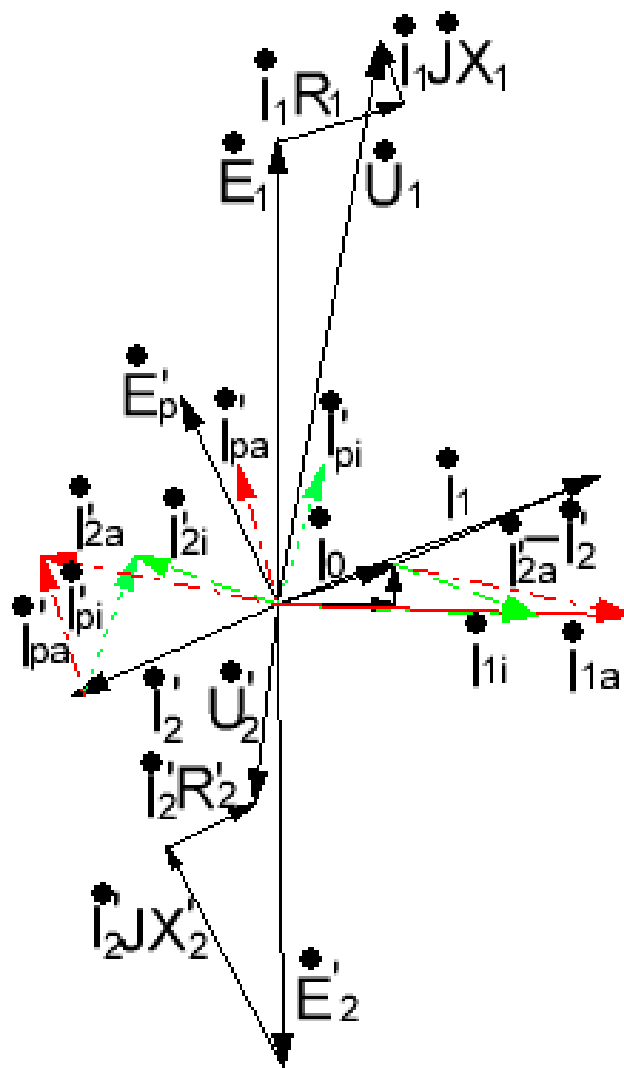
- відсутність потоків розсіювання магнітного поля;
- менша маса та габарити;
- відсутність механічних рухомих механізмів.

Технічне рішення проблеми [2] полягає в тому, що вводиться ще один кільцевий магнітопровід з обмоткою (обмотка регулювання). Цей магнітопровід охоплюється вторинною обмоткою. Обмотка регулювання приєднується до змінного опору. Збільшуючи струм в обмотці регулювання зменшуємо струм зварювання. Це ще одна суттєва перевага такого типу трансформаторів, так як магнітопровід регулювання струму зварювання розраховується на максимальний струм зварювання (індуктивний опір мінімальний), а значить масо-габаритні показники будуть зменшені в порівнянні із трансформаторами класичного виконання в 2÷3 рази.

За допомогою векторної діаграми (рис. 1) проаналізуємо як може змінюватись струм зварювання при різних типах навантаження. Векторна

діаграма при виключеній обмотці регулювання не відрізняється від описаної в [1]. Якщо задіяна система регулювання струму зварювання то струм зварювання намагнічує магнітопровід з обмоткою регулювання і в ній наводиться ЕРС \dot{E}'_p , яка відстає від струму \dot{I}'_2 на 90° . Струм \dot{I}'_p відстає від \dot{E}'_p на деякий кут, величина якого визначається характером навантаження (активного струму \dot{I}'_{pa} , реактивного \dot{I}'_{pi}). Струм \dot{I}'_p взаємодіє із струмом \dot{I}'_2 і зменшує його (\dot{I}'_{2a} ; \dot{I}'_{2i}).

При індуктивному навантаженні діапазон регулювання струму зварювання в сторону його зменшення буде більший. Ємнісним навантаженням можна регулювати струм зварювання в сторону його збільшення.



Література

1. Вольдек А. И. Электрические машины: [учеб. для студ. высш. техн. учеб. заведений] / А. И. Вольдек. — [2-е изд. перераб. и доп.].— Л.: Энергия, 1974. — 840 с.

2. Пат. 72397 України МПК Н 01 F 30/06/ Трансформатор для зварювання /Васьковський Ю. М., Брагіда М. В., Чуєнко Р. М., Брагіда Є. М.; заявник і патентовласник Національний університет біоресурсів і природокористування України. – №201014661; заявл. 06. 12. 10; опубл. 27. 08 12. Бюл. №16.

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ВЕНТИЛЬНОЇ СИСТЕМИ ЗБУДЖЕННЯ СИНХРОННОГО ТЕРБОГЕНЕРАТОРА

Василів К.М., професор; Василенко В.В., професор

¹Національний університет „Львівська політехніка”,

м. Львів, Україна

²Національний університет біоресурсів і природокористування України,

м. Київ, Україна

karl.vasyliv@gmail.com

Вентильні системи збудження синхронних турбогенераторів (СТГ) мають принципову перевагу над електромашинними завдяки практично безінерційності, що дає змогу оперативно змінювати величину струму збудження і, таким чином, впливати на режими роботи турбогенераторів. Комутатором в таких сучасних системах збудження слугують тиристорні випрямлячі. Система збудження турбогенератора має один з визначальних впливів на режими роботи як окремих турбогенераторів, так і на роботу енергоблоків і електростанцій загалом. Тому аналіз роботи систем збудження турбогенераторів є важливою науково-практичною задачею.

Експериментальні дослідження дають змогу отримати максимально точну інформацію про закономірності зміни основних координат як системи збудження, так і турбогенератора загалом, але фізичні експерименти можливі за умови втручання в роботу діючого СТГ, що вносить істотні ускладнення стосовно можливості проведення таких експериментів. Дослідження методом математичного моделювання, з одного боку, вільне від зазначених ускладнень, а, з другого, – за умови наявності математичних моделей високого рівня адекватності дає змогу отримати достовірну інформацію про закономірності перебігу електромагнітних процесів і в якісному, і в кількісному співвідношенні. Тому розробка засобів математичного експерименту (математичних методів, моделей і відповідних програмних комплексів) є актуальною науковою проблемою.

Розроблено математичну модель вентильної системи збудження сучасного турбогенератора. Математичною моделлю слугує система диференціальних рівнянь електричного стану, яка описує електромагнітні процеси, що відбуваються в електричному колі збудження турбогенератора з врахуванням електромагнітного зв'язку з обмоткою статора ТГ та система логічних рівнянь керування тиристорним комутатором, а також система

рівнянь, що описує роботу системи автоматичного керування роботою комутатора і системою збудження загалом.

Математична модель враховує комутаційні процеси тиристорного випрямляча та їх впливи на роботу турбогенератора загалом, а також вплив роботи системи автоматичного керування на функціонування як системи збудження, так і турбогенератора. Математична модель орієнтована на явні методи числового інтегрування та відзначається високим рівнем адекватності.

На підставі математичної моделі розроблено алгоритми і відповідні їм програмні комплекси, які дають змогу проводити математичні експерименти на персональних комп'ютерах.

За допомогою розробленого програмного комплексу виконано низку математичних експериментальних досліджень вентильних систем збудження турбогенераторів. Зокрема, досліджено вплив кута регулювання тиристорів на роботу системи збудження турбогенераторів.

Висновок. Математична модель враховує визначальні чинники, які впливають на роботу і системи збудження, і турбогенератора загалом. Вона відзначається високим рівнем адекватності та має наукову новизну, а програмний комплекс, розроблений на базі математичної моделі придатний для використання в практиці розробки та експлуатації сучасних турбогенераторів з вентильними системами збудження.

ВДОСКОНАЛЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ РОЗРАХУНКУ ХАРАКТЕРИСТИК МАГНІТНОГО ПОЛЯ У ВЕНТИЛЬНОМУ ЕЛЕКТРОДВИГУНІ З ЗАКРИТИМИ ПАЗАМИ З УРАХУВАННЯМ НЕЛІНІЙНОГО ХАРАКТЕРУ МАГНІТНОЇ ПРОНИКЛИВОСТІ

*Жильцов А.В.¹, д.т.н., доцент; Романов В.П.², к.т.н., доцент;
Ликтей В.В.¹, лаборант*

*¹Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ, Україна*

*²Белорусский национальный технический университет,
м. Мінськ, Білорусія
viktorija_820@mail.ru*

Розглядається електричний двигун із неявнополюсним статором і явнополюсним ротором (рис.1, позначення відповідно до [2, с. 60]). Попередньо у [1, с. 124-126] сформульовано тривимірну крайову задачу для розрахунку характеристик магнітного поля у електродвигуні з урахуванням неоднорідності магнітних властивостей середовища. Для спрощення розрахунку магнітне поле було прийняте плоскопаралельним, знехтувано гістерезисом феромагнітних матеріалів та прийнято, що $B=f(H)$, де B , H – індукція та напруженість магнітного поля. У роботі [2, с. 59-70] на основі

методу вторинних джерел крайову задачу розрахунку характеристик магнітного поля у вентиляльному електродвигуні з урахуванням нелінійності магнітної проникливості було зведено до системи інтегральних рівнянь для фіктивних магнітних зарядів, що дозволило звузити область пошуку невідомих.

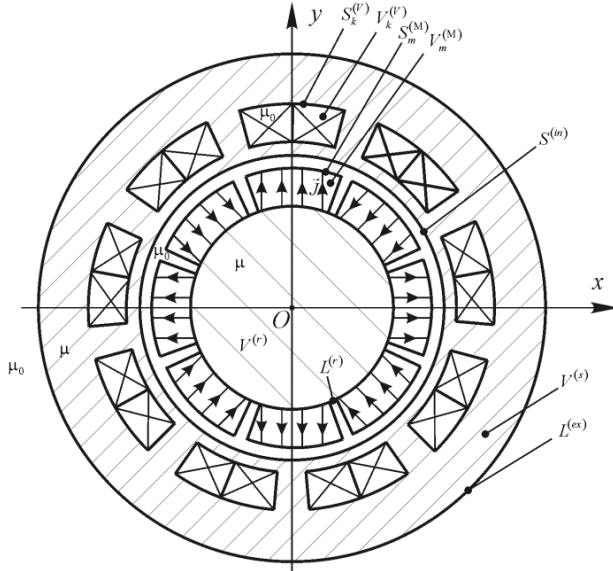


Рис. 1. Переріз вентиляльного електродвигуна з закритими пазами

Розрахунок характеристик магнітного поля в електричному двигуні з урахуванням нелінійності магнітної властивості феромагнітних матеріалів $B = f(H)$ зводиться до системи інтегральних рівнянь для розрахунку густини простого шару магнітних зарядів σ на границі L феромагнітних тіл та густини об'ємних магнітних зарядів ρ в перерізі S феромагнітних тіл [2].

Використавши тотожність Гріна в двовірному випадку ядра $K_3(M, Q)$ та $K_4(M, Q)$ інтегральних рівнянь були перетворені таким чином, щоб зменшити кількість

складових, які входять до складу ядер, що містять $grad_Q \mu(Q)$. Якщо відомо розподіл густини простого шару магнітних зарядів $\sigma(Q)$ на границі феромагнітних тіл, об'ємною густиною магнітних зарядів $\rho(Q)$ у перерізі масивних провідників, розподіл густини струму в котушках обмотки $\delta_w(Q)$, розподіл густини магнітних зарядів $\sigma_m(Q)$ на границі постійних магнітів, то часткові похідні, що входять у вирази

$$\frac{\partial H(r_Q, \alpha_Q)}{\partial r_Q} = \frac{1}{H(r_Q, \alpha_Q)} \left(H_r(r_Q, \alpha_Q) \frac{\partial H_r(r_Q, \alpha_Q)}{\partial r_Q} + H_\alpha(r_Q, \alpha_Q) \frac{\partial H_\alpha(r_Q, \alpha_Q)}{\partial r_Q} \right), \text{ та}$$

$$\frac{\partial H(r_Q, \alpha_Q)}{r_Q \partial \alpha_Q} = \frac{1}{r_Q H(r_Q, \alpha_Q)} \left(H_r(r_Q, \alpha_Q) \frac{\partial H_r(r_Q, \alpha_Q)}{\partial \alpha_Q} + H_\alpha(r_Q, \alpha_Q) \frac{\partial H_\alpha(r_Q, \alpha_Q)}{\partial \alpha_Q} \right),$$

знаходяться шляхом інтегрування по областям зі вказаними джерелами магнітного поля. Тобто за допомогою виразу

$$grad_Q \mu(Q) = \frac{\partial \mu}{\partial H} \left[\frac{\partial H(r_Q, \alpha_Q)}{\partial r_Q} \vec{e}_r(Q) + \frac{\partial H(r_Q, \alpha_Q)}{r_Q \partial \alpha_Q} \vec{e}_\alpha(Q) \right] \text{ шляхом інтегрування}$$

можемо розрахувати компоненти $grad_Q \mu(Q)$, які входять до ядер інтегральних рівнянь

$$K_3(M, Q) = \frac{\vec{r}_{MQ} grad_Q \mu(Q)}{\mu(Q) r_{MQ}^2} - \frac{1}{S_L} \int \ln \frac{\mu(P)}{\mu_0} \frac{\vec{r}_{MP} \vec{n}_P}{r_{MP}^2} dL_P + \frac{2\pi}{S} \ln \frac{\mu(M)}{\mu_0},$$

$$K_4(M, Q) = \frac{\vec{r}_{MQ} grad_Q \mu(Q)}{\mu(Q) r_{MQ}^2} - \frac{1}{S_L} \int \ln \frac{\mu(P)}{\mu_0} \frac{\vec{r}_{MP} \vec{n}_P}{r_{MP}^2} dL_P + \frac{\pi}{S} \ln \frac{\mu(M)}{\mu_0} + \frac{2\pi}{S}.$$

Таким чином, математичну модель розрахунку компонент магнітного поля в електродвигуні з закритими пазами з урахуванням нелінійних властивостей феромагнітних матеріалів було вдосконалено шляхом спрощення виду ядер інтегральних рівнянь за рахунок зменшення кількості складових, що містять $grad_Q \mu(Q)$, що дозволяє спростити подальший чисельний розв'язок цих рівнянь.

Література

1. Жильцов, А. В. Крайова задача для тримірного магнітного поля з урахуванням неоднорідності магнітних властивостей середовища / А. В. Жильцов, В. В. Ликтей // Проблеми енергоресурсозбереження в електротехнічних системах. Наука, освіта і практика. Наукове видання. – 2014. – 1 (2). – С. 124 – 126.
2. Жильцов, А. В. Розрахунок магнітного поля у вентильному електродвигуні із закритими пазами з урахуванням нелінійної магнітної характеристики. / А. В. Жильцов, В. В. Ликтей // Електромеханічні і енергозберігаючі системи. Щоквартальний науково-виробничий журнал. – 2014. – № 4. – С. 59 – 70.

**СЕКЦІЯ 7.
ЕЛЕКТРИЧНІ МАШИНИ ТА АПАРАТИ**

**ОБЕРТАЛЬНА СИСТЕМА ВІДЛІКУ В ТЕОРІЇ АСИНХРОННОГО
ДВИГУНА**

*Більмак Т. С., студентка, Чернишев В. І., асистент
Красноармійський індустріальний інститут ДВНЗ «ДонНТУ»,
м. Покровськ, Україна.
romanova444@gmail.com*

Досить широке застосування у різних областях техніки і технології набули електричні асинхронні двигуни. Асинхронними двигунами називаються такі двигуни змінного струму, в яких швидкість обертання ротора при даній частоті струму в мережі змінюється зі зміненням навантаження. В асинхронній машині швидкість обертання ротора не дорівнює швидкості обертання магнітного поля статора. Призначення таких двигунів – перетворення електричної енергії змінного струму в механічну. Розрізняють колекторні і безколекторні (індукційні), однофазні і багатофазні асинхронні машини. Найчастіше застосовуються трифазні асинхронні машини, які працюють як електродвигуни, потужністю від частки вата до десятків тисяч кіловат [3]. Причини винятково масового розповсюдження трифазних асинхронних двигунів – простота їхньої будови та відносно низька собівартість виробництва, також у них відсутні електричні та механічні частини, які легко пошкоджуються або швидко зношуються. Вони застосовуються для обертання антени, вентиляторів, у системах слідкування тощо. Асинхронні двигуни, як і інші електромашини, зворотні, тобто можуть працювати в режимі генератора.

Для таких пристроїв теоретичні дослідження і розрахунок здійснюються зазвичай шляхом застосування методів електродинаміки і лабораторної системи відліку. Однак більш зручним і наочним методом при дослідженні обертових об'єктів може служити перехід до обертової системи відліку. У даній роботі зроблена така спроба. Кількість робіт з теорії та розрахунку асинхронних електричних двигунів досить значна [1,2,4,5,6,7]. У них детально викладені особливості і характеристики таких машин. Розглянуто також галузі використання і наведені конкретні приклади розрахунку конструктивних і електричних параметрів.

Проводячи дослідження електромагнітних процесів і визначаючи електричні параметри при наявності обертових об'єктів, часто доводиться підсумувати величини або функції, аргументами яких може бути час або довжина дуги кола при однаковій круговій частоті і різних початкових фазах. Так, у роботі [1], для поліпшення електричних параметрів асинхронних

двигунів пропонується використовувати в статорі розосереджені обмотки, які зрушені по дузі окружності статора на певні кути. Після розкладання прямокутного розподілу магніторушійних сил в ряд Фур'є виробляється геометричне складання векторів відповідних першої і двом наступним гармонікам. Сумарний вектор визначається як радіус кола, описаного навколо доданків векторів, отриманих в результаті розкладання магнитодвижущая сила (МДС) в ряд Фур'є. Також в роботах [1, 7] за умови, що дроти обмоток статора розподілені в декількох пазах і обертове магнітне поле перетинає їх не одночасно, то електрорушійна сила (ЕРС) окремих провідників зрушені по початковій фазі і сумарна ЕРС теж знаходиться геометричним складанням векторів. У роботі [2] при обчисленні сумарної ЕРС у обмотці обертового ротора використовується вираз для обчислення ЕРС у обмотці трансформатора помножене на деякий коефіцієнт.

Проаналізувавши інформацію з багатьох наукових праць, можна запропонувати в подібних випадках замість геометричного додавання векторів знаходити сумарний вектор аналітично, використовуючи комплексні експоненти. Таким чином, дослідження здійснюється заміною гармонійних величин ЕРС комплексними експонентами, що дає можливість замінити геометричне складання величин зсунутих по початковій фазі на певний кут аналітичним складанням. А для того щоб застосовувати цю методику до обчислення ЕРС і струмів в провідниках (стрижнях) короткозамкнутого ротора, здійснено перехід від лабораторної системи відліку до обертається системі відліку.

Роблячи підсумок, необхідно зазначити, що в роботі за допомогою переходу в обертову систему відліку показано можливість розрахунку індукційного ЕРС і струмів в стержнях ротора і в обмотках статора, використовуючи розрахункові електричні параметри асинхронного двигуна. Доведено, що застосування такої методики дозволяє скоротити обсяг обчислень і спростити інтерпретацію отриманих результатів.

Література

1. Загірняк М. В., Невзлін Б. І. «Електричні машини» [Текст]: підручник. -К. : Знання 2009.
2. Іванов І. І., Равдонік, В.С. Електротехніка [Текст]. - М. «Вища школа».
3. Інтернет-ресурс [https://uk.wikipedia.org/wiki/ Асинхронна_машина](https://uk.wikipedia.org/wiki/Асинхронна_машина)
4. Панкратов В. В. Векторне управління асинхронними електроприводами [Текст]: Учеб. допомога. - Новосибірськ: Изд-во НГТУ, 1999. - 66 с.
5. Рудаков В. В., Столяров, І.М., Дартау, В.А. Асинхронні електроприводи з векторним керуванням [Текст]. - Л. : Вища школа, 1987. - 136 с.
6. Усольцев А. А. Векторне управління асинхронними двигунами [Текст]/ А. А. Усольцев. - П. : СТУ. - 2002. - 40 с.
7. Яцкевич В. В. Електротехніка [Текст]. - Мінськ. «Ураджай» - тисяча дев'ятсот вісімдесят одна.

УДОСКОНАЛЕННЯ ЕКРАНУВАННЯ НАДПРОВІДНОГО ІНДУКТИВНО-РЕЗИСТИВНОГО СТРУМООБМЕЖУВАЧА

Гончаров Є.В., к.т.н., науковий співробітник

Національний технічний університет

“Харківський політехнічний інститут”,

м. Харків, Україна.

e.goncharov.v@gmail.com.

Запропонована конструкція струмообмежувача короткого замикання з надпровідним (НП) подвійним екраном і НП обмоткою забезпечує підвищення енергоефективності і надійності захисту електричної мережі та електроустаткування від струмів короткого замикання, шляхом збільшення повного опору.

Конструктивна схема струмообмежувача короткого замикання з НП подвійним екраном подана на рис. 1, яка представляє загальний вигляд приладу для увімкнення у фазу електромережі.

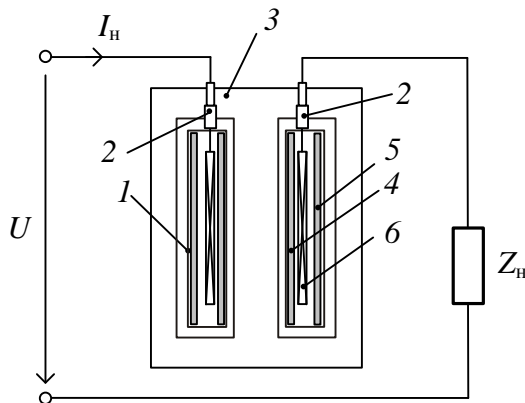


Рис. 1. Конструктивна схема струмообмежувача

Струмообмежувач

короткого замикання з НП обмоткою 6, основним НП екраном 4 усередині і додатковим НП екраном 5 ззовні обмотки 6, які аксіально розташовані у криостаті 1 на середньому стержні круглого перерізу магнітопроводу 3. За використання високотемпературних надпровідних екранів і обмотки криостат заповнюється холодоагентом – рідким азотом (77 К), для заохолодження їх до надпровідного стану.

У номінальному режимі обмотка 6 послідовно з'єднана з навантаженням і крізь неї проходить струм навантаження I_n . НП екран 4 екранує середній стержень магнітопроводу від магнітного поля, яке створює обмотка 6. Таким чином повний опір такого струмообмежувача при номінальному режимі роботи електромережі досить малий, що не призводить до значного зменшення напруги на навантаженні. Магнітні поля розсіяння ззовні обмотки екрануються додатковим НП екраном 5, що зменшує потужність втрат у осерді. Проведено математичне моделювання магнітного поля для номінального режиму роботи струмообмежувача (рис. 2) у математичному пакеті FEMM з параметрами: $U_n = 6$ кВ; $I_n = 400$ А [1]. Розподіл магнітного поля розрахований методом кінцевих елементів розв'язанням рівнянь Максвелла через векторний потенціал [2].

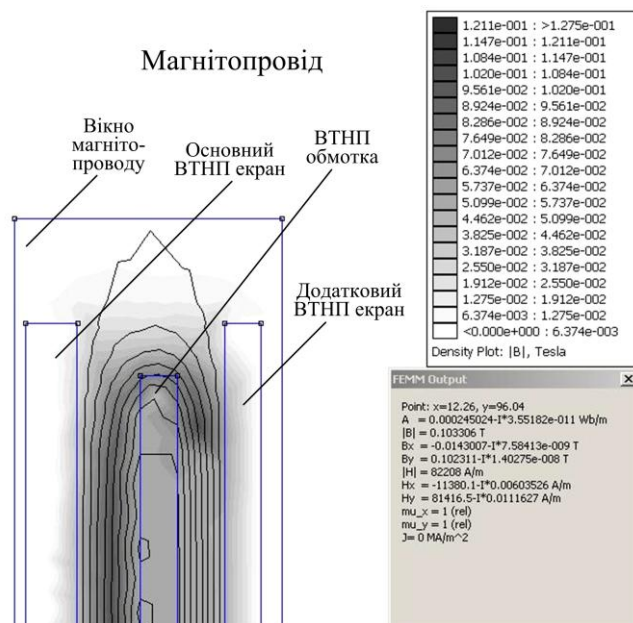


Рис. 2. Розподіл магнітного поля струмообмежувача

При короткому замиканні струм в обмотці **б** збільшується і досягає значення, при якому напруженість магнітного поля для екрана **4** сягає критичного значення, і він перестає екранувати магнітне поле. Магнітний потік проникає в осердя магнітопроводу **3**, індуктивність обмежувача струму багаторазово збільшується. НП обмотка **б** при подальшому зростанні струму до критичного значення втрачає надпровідність і набуває активний опір, що також забезпечує обмеження струму та прискорює протікання перехідного процесу.

Таким чином, повний опір струмообмежувача збільшується в аварійному режимі, що призводить до підвищення ефективності обмеження і надійності захисту електричної мережі та електроустаткування від струмів короткого замикання. За рахунок збільшення повного опору струмообмежувача достатньо обмежується усталене значення струму короткого замикання.

Перевага запропонованого пристрою порівняно з аналогами [3–5] полягає у покращенні екранування магнітних полів розсіяння, завдяки чому може бути використаний металевий кріостат, зменшенні припливи тепла у кріостат, а також потужність втрат у магнітопроводі за номінального режиму роботи.

Литература

1. Dan'ko V.G. Synthesis aspects of cryogenic high-temperature superconducting shielding inductive short-circuit current limiter / V.G. Dan'ko, E.V. Goncharov // Вісник НТУ "ХПІ". – Харків: НТУ «ХПІ». – 2016. – № 32(1204). – С. 3–7.
2. Буль О. Б. Методы расчета магнитных систем электрических аппаратов: Магнитные цепи, поля и программа FEMM: Учеб. Пособие для студ. высш. учеб. заведений. / О. Б. Буль. – М. : Издательский центр „Академия”, 2005. – 336 с.
3. Pat. US № 5694279, ICL H02H 7/00. Superconductive fault current limiters / Frankis James Mumford; filed 01.11.1996; publ. 02.12.1997.
4. Пат. 74741 Україна, МПК H02H 9/00. Надпровідний обмежувач струму короткого замикання з екраном / Данько В.Г., Гончаров Є.В.; власник патенту НТУ "ХПІ". – № u 201204751; заявл. 17.04.12; опубл. 12.11.12, Бюл. № 21. – 4 с.: 3 іл.
5. Пат. 107531 Україна, МПК H02H 9/00. Високотемпературний надпровідний обмежувач струму короткого замикання з повністю кріогенним охолодженням / Данько В.Г., Гончаров Є.В.; власник патенту НТУ "ХПІ". – № a 201312286; заявл. 21.10.13; опубл. 12.01.15, Бюл. № 1. – 4 с.: 1 іл.

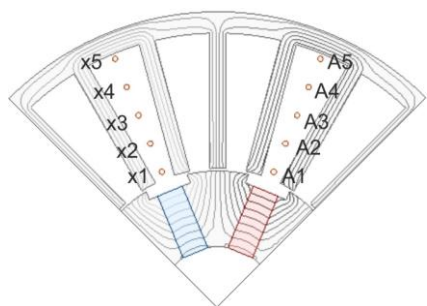
ВПЛИВ КОНФІГУРАЦІЇ МАГНІТНОЇ СИСТЕМИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МАШИНИ З ПОСТІЙНИМИ МАГНІТАМИ

*Гребеніков В.В., д.т.н.; Приймак М.В., інж. 1 кат.,
Інститут електродинаміки НАН України,
м. Київ Україна.
Maksim.prv@gmail.com*

Сучасні постійні магніти дозволяють конструювати магнітні системи збудження електричних машин з підвищеною величиною магнітної індукції в зазорі B_δ , а також створювати такі магнітні системи, в яких можна не тільки досягти високих B_δ , а і отримати в зазорі величини індукції, що перевищують залишкову магнітну індукцію B_r використаних постійних магнітів [1].

В роботі проведено дослідження способів зменшення пульсацій електромагнітного моменту в електричних машинах з постійними магнітами тангенціального та радіального намагнічення. Показано, що застосування феромагнітних клинів в пазах статора з невеликою магнітною проникністю в парі з профілюванням полюсів ротора дозволяють суттєво зменшити пульсації електромагнітного моменту [2,3].

Також проведені чисельні дослідження впливу кількості та висоти пазів статора (рис. 1), а також конфігурації постійних магнітів в роторі на



$$\begin{aligned}\Psi_{A5-x5} &= 0.0264 \text{ Вб} \\ \Psi_{A4-x4} &= 0.0267 \text{ Вб} \\ \Psi_{A3-x3} &= 0.0272 \text{ Вб} \\ \Psi_{A2-x2} &= 0.028 \text{ Вб} \\ \Psi_{A1-x1} &= 0.0292 \text{ Вб}\end{aligned}$$

Рис. 1. Розсіювання магнітного потоку в глибокому пазу.

характеристики електродвигунів з постійними магнітами. Показано, що при незмінних габаритних розмірах електродвигуна шляхом збільшення висоти пазів статора і рідинного охолодження можна підвищити електромагнітний момент і потужність електродвигуна. Виконано розрахунок робочих характеристик в програмному пакеті *Infolytica MotorSolve*, тепловий розрахунок виконаний в пакеті *Comsol*.

Для перевірки адекватності розроблених комп'ютерних моделей було розроблено і виготовлено три типи електричних машин з постійними магнітами, при цьому статор для дослідних зразків використовувався від асинхронного двигуна АІР80В8У2.

Конфігурація магнітної системи трьох типів електричних машин та

розподіл магнітного потоку в поперековому перерізі магнітної системи показані на рис. 2.

Ротор_1 має вісім постійних магнітів, вектори намагніченості яких мають тангенціальний напрямок. Ротор_2 та Ротор_3 мають радіальне намагнічення постійних магнітів, при цьому Ротор_2 має чотири магніти однакового напрямку намагніченості, а Ротор_3 має вісім магнітів з напрямками векторів намагніченості, що чергуються.

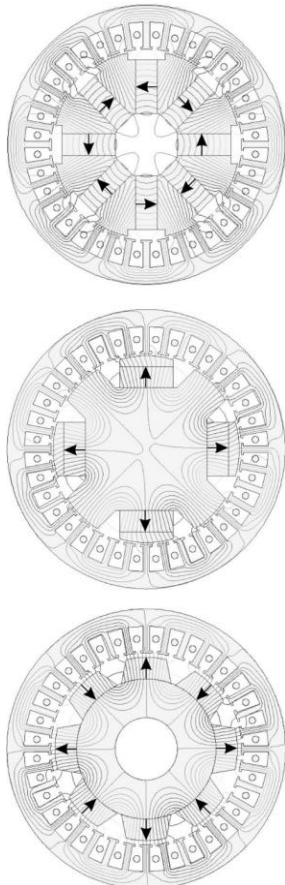


Рис. 2. Картини магнітного поля ЕМ з трьома типами роторів

За результатами дослідження характеристик холостого ходу та зовнішніх характеристик (рис. 3) однозначно зробити висновок про переваги тієї чи іншої магнітної системи неможливо, адже критерій

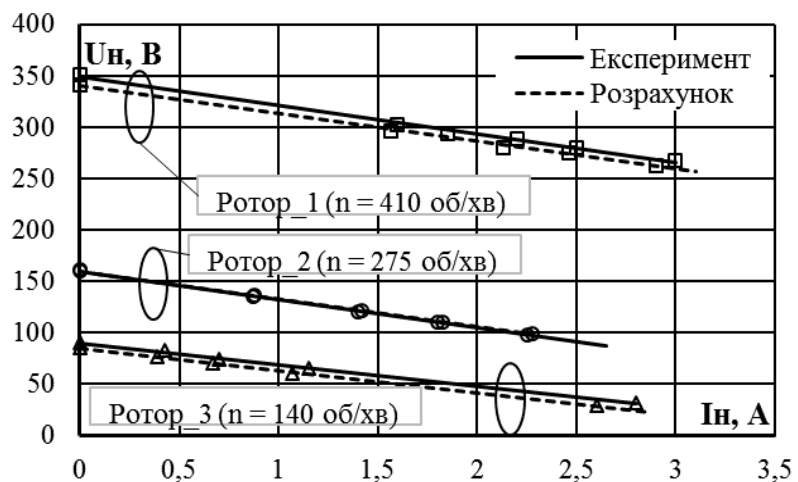


Рис. 3. Зовнішні характеристики досліджуваних моделей ЕМ в режимі генератора $U_{\phi} = f(I_n)$

оптимальності залежить від застосування електричної машини.

Проте порівняння розрахункових та експериментальних залежностей показує, що розроблена комп'ютерна модель розрахунку електромагнітних процесів в електрогенераторі з різною конфігурацією магнітної системи (маса магнітів та їх розташування в роторі, величина робочого зазору, насичення магнітної системи) адекватно описує електромеханічні процеси.

Література

1. Szymczak P. Innovative designs of permanent magnet synchronous machines; *Elektriczestvo* n.9; 2009; P. 37-44.
2. Гребеников В. В. Способы уменьшения пульсаций электромагнитного момента в электрических машинах с постоянными магнитами тангенциальной намагниченности. / В. В. Гребеников, М. В. Прыймак // *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*:

зб. наук. пр. Вип. 38'2014. Серія: Електричні машини та електромеханічне перетворення енергії. — 2014. — С. 69 – 78.

3. Рымша В. В. Влияние конфигурации зубцовой зоны статора на электромагнитный момент и радиальные электромагнитные силы вентильно-реактивного электродвигателя. / В. В. Рымша, И. Н. Радимов, Чан Тхи Тху Хыонг // Електротехніка і Електромеханіка. №2. – 2006. – С. 56 - 58.

ВИКОРИСТАННЯ ЗАСОБІВ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ДВИГУНА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ В ЛАБОРАТОРНОМУ ПРАКТИКУМІ З ЕЛЕКТРОТЕХНІКИ

Корюков С.В., викладач електротехніки

Державний вищий навчальний заклад

«Маріупольський будівельний коледж»,

м. Маріуполь, Україна

svk@msk.edu.ua

Ще Конфуцій казав: «Скажи мені - і я забуду, покажи мені - і я запам'ятаю, дай мені зробити - і я зрозумію!». Важко переоцінити учбово-пізнавальну цінність практичних занять при вивченні таких наповнених фізичними закономірностями, математичними залежностями і одночасно пов'язаних з вивченням цілком реальних пристроїв дисциплін, як електротехніка й електроніка.

Разом з тим реалії сьогодення, в тому числі кризові явища в національній економіці, не кращим чином впливають на забезпеченість лабораторій сучасною навчально-матеріальною базою. З урахуванням обмеженого навчального часу число студентів, що працюють одночасно на одній лабораторній установці занадто велике. Це негативно позначається на досягненні мети заняття, розумінні ходу роботи, змісту процесів, що відбуваються.

Сьогодні комп'ютер приходиться на допомогу навіть там, де ще вчора це було неймовірно собі уявити. Останнім часом з'явилися програми, що дозволяють без паяльника, припою й каніфолі, без дорогих вимірювальних приладів прямо на екрані монітора в лічені секунди зібрати електричну схему або електронний пристрій будь-якої складності, підключити необхідні вимірювальні прилади, і виконати повний аналіз роботи в різних ситуаціях.

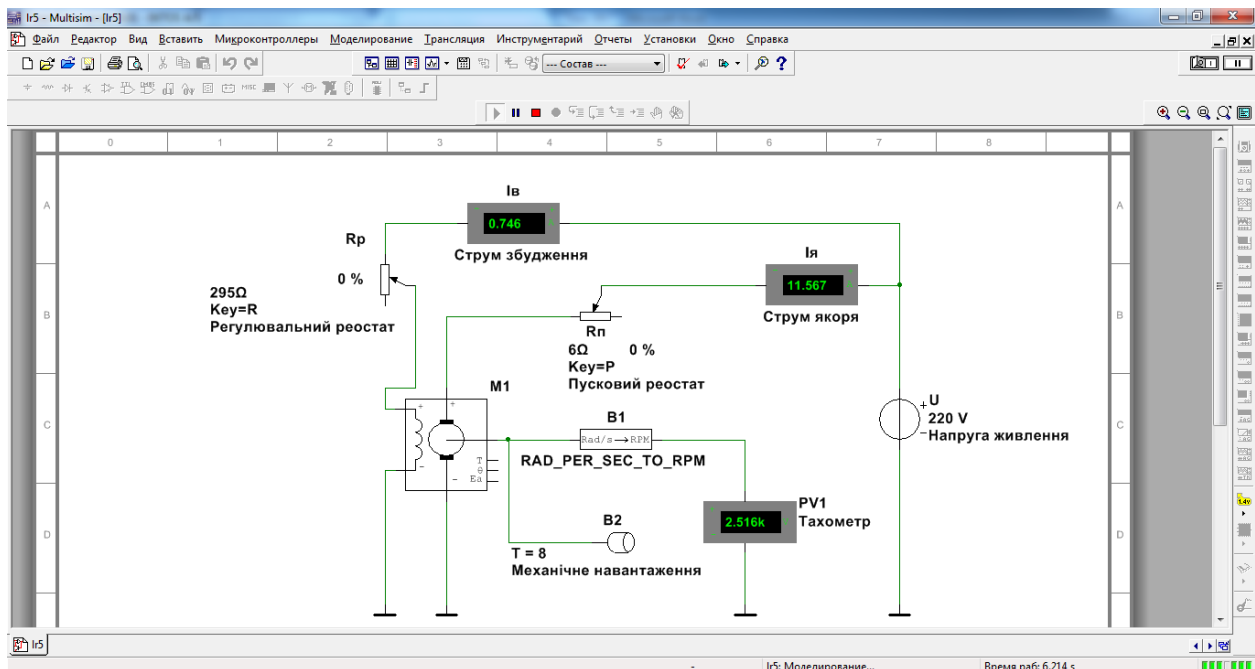
У наші дні по праву найбільш популярною є програма Multisim компанії National Instruments – потужний засіб моделювання процесів і досліджень електричних схем. Програма легко освоюється студентом навіть без глибоких знань комп'ютера й досить зручна в роботі. Після складання схеми моделювання починається увімкненням звичайного вимикача.

Можливості ранніх версій Multisim не дозволяли побудувати адекватну модель електричної машини й досліджувати всі її характеристики, у тому

числі механічні й робочі характеристики двигуна при роботі з різним навантаженням, і це було своєрідним вузьким місцем у проведенні віртуального лабораторного практикуму. З виходом 12-ої версії програми знята й ця проблема! Бібліотека електромеханічних компонентів Multisim 12 пропонує широкий вибір машин, контролерів руху, сенсорів, механічних навантажень, реле часу, електромагнітних реле, додаткових комутуючих пристроїв, приладів захисту.

Мною розроблений віртуальний варіант лабораторної роботи з дослідження двигуна постійного струму з паралельним збудженням. За основу взятий реальний двигун постійного струму 2ПН100L.

Студентам пропонується зібрати схему (мал. 1), що включає двигун з обмоткою збудження і якорем («Електромеханічні компоненти» - «MACHINES» - «DC_MACHINE_WOUND_FIELD»); джерело живлення; амперметри і реостати; тахометр для виміру обертів двигуна; регульоване механічне навантаження, що створює гальмуючий момент на валу.



Мал. 1 – Йде процес моделювання роботи двигуна постійного струму

У процесі роботи студенти вивчають залежність швидкості обертання двигуна від величини головного магнітного потоку (на холостому ході), від механічного моменту на валу, струму якоря, моменту обертання, коефіцієнта корисної дії двигуна - від корисної потужності на валу та за отриманими даними будують швидкісні, механічні, робочі характеристики.

У висновках по роботі студенти аналізують і пояснюють отримані результати, порівнюють експериментальні дані з теоретичними відомостями, отриманими на лекційних заняттях.

Література

1. Алиев И. И. Виртуальная электротехника. Компьютерные технологии в электротехнике и электронике. / И. И.Алиев - М. : РадиоСофт, 2003. - 112 с.
2. Емельянов В. А. Общая электротехника с основами электроники: Руководство по проведению лабораторных работ для учащихся средних специальных учебных заведений. / В. А. Емельянов, В. В. Масленников. – М. : Высш. шк. – 1989. – 80 с.

ПЕРЕВАГИ ВПРОВАДЖЕННЯ РЕГУЛЬОВАНИХ БЕЗДАТЧИКОВИХ ЕЛЕКТРОПРИВІДІВ В ХОЛОДИЛЬНІЙ ТЕХНІЦІ

Толбатов А.В., к.т.н., доцент; Балаховський Є.С., студент;

Нестеренко О.Д. студент

Сумський національний аграрний університет,

м. Суми, Україна.

tolbatov@ukr.net

Останнім часом вимоги до захисту екології, витрати води та енергозбереження все більшою мірою зачіпають ринок електротехніки. Чинні міжнародні та національні стандарти та нормативні документи вимагають виконання відповідних норм в нових поколіннях технічних засобів, особливо в холодильниках.

Для вирішення цього завдання було запропоновано рішення на базі цифрового сигнального контролера (digital signal controller - DSC), яке поєднує продуктивність DSP (Digital signal processor) з функціональністю і простотою використання мікроконтролерів на одному кристалі. Гнучкий набір периферії таких приладів дозволяє реалізовувати різні функції, такі як стандартні алгоритми роботи електроприводу, вдосконалені алгоритми управління, складні вимірювання сигналів зворотного зв'язку, компенсація коефіцієнта потужності і зв'язок з зовнішніми пристроями. Застосування електроприводів з регульованою швидкістю обертання дає можливість використовувати більш складні керуючі програми, що дозволяє поліпшити характеристики пристроїв та збільшити загальну ефективність споживання енергії. Таким чином, побутова техніка, обладнана приводом з регульованою швидкістю обертання і інтелектуальною системою керування, перевершує за своїми можливостями пристрою без електронного керування приводом та покращує характеристики апаратури, яка містить електроприводи з фіксованою частотою обертання. Зазвичай в електроприводах побутової техніки використовується фіксована, заздалегідь встановлена частота обертання, або їх живлення здійснюється від мережі змінного струму без додаткових електронних схем управління. Однофазні асинхронні електродвигуни з живленням від мережі змінного струму використовуються досить широко, оскільки володіють рядом переваг: низькою вартістю, надійністю і міцністю. Однак, вони мають також суттєві недоліки, такі як

низький ККД та неефективне управління частотою обертання. Ці недоліки ускладнюють вдосконалення систем управління асинхронними електродвигунами, а також обмежує можливості пристроїв. На відміну від однофазних асинхронних електродвигунів, електроприводи з регульованою швидкістю обертання відповідають вимогам з енергозбереження за рахунок точного контролю крутного моменту та поліпшення загальної ефективності пристрою. Ефективність побутової техніки залежить від режимів її роботи. В холодильнику звичайна система управління здійснює включення та виключення компресора і підтримує, таким чином, температуру в заданому діапазоні. За оцінками експертів, при оптимізації енергоспоживання за допомогою електронного управління електродвигуна загальна розсіювана потужність може бути знижена до 30%. Контролер для електроприводів з регульованою частотою обертання являє собою систему, що управляє швидкістю обертання електродвигунів змінного струму шляхом регулювання частоти електричного струму, що живить електродвигун. Електроприводи з регульованою частотою обертання забезпечують роботу електродвигунів у всьому діапазоні швидкостей. Для роботи електродвигуна змінного струму в режимі векторного управління важливо синхронізувати частоту прикладеної напруги з положенням магнітного поля ротора. Це здійснюється за допомогою режиму управління без використання датчика, коли алгоритм обчислення швидкості і положення замінює показання датчика. Метод управління електродвигуном з постійним магнітом без датчика забезпечує нові можливості електропривода і, в той же час, покращує надійність та підтримує високий рівень характеристик без збільшення вартості системи. Алгоритми управління можна розділити на дві основні групи: ті, які використовують магнітний виступ на роторі для відстеження положення ротора, та ті, які визначають положення ротора на основі розрахункової моделі електродвигуна. У разі холодильника контролер може забезпечувати прискорення компресора до необхідної частоти обертання протягом декількох секунд і регулювати швидкість в межах 1% від необхідного значення. М'який запуск компресора знижує рівень шуму. Знижена швидкість роботи мінімізує температурні цикли в холодильному відділенні і покращує якість охолодження. В даний час побутова техніка вимагає вдосконаленої технології електропривода, яка дозволить поліпшити характеристики продуктів наступного покоління. Цій меті служить метод векторного управління електропривода без датчика, який, дозволяє без використання в системі механічних датчиків, знизити вартість кінцевого продукту. Такий метод управління може бути реалізований за допомогою недорогого DSC, який поєднує переваги як мікроконтролера, так і *DSP*.

Результати, отримані при випробуваннях із застосуванням цієї технології, свідчать про те, що поліпшення характеристик пристроїв можна отримати і для інших додатків, що використовують електропривод,

наприклад таких як насоси, вентилятори, сушильні апарати і т.д. Контролери, розроблені спеціально для систем управління електродвигунами, можуть бути інтегровані в багато типів побутової техніки, особливо в ті, до яких національні та міжнародні стандарти пред'являють серйозні вимоги по енергозбереженню.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВОСТРЕБОВАННОСТИ РАЗНЫХ ТИПОВ ГЕНЕРАТОРОВ С УЧЕТОМ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

Шевченко В.В., к.т.н., доцент; Строкоус А.В., аспирант

Национальный технический университет «ХПИ»,

г. Харьков, Украина.

zurbagan_@mail.ru

Направления развития электрогенерирующего оборудования определяются путями развития мировой электроэнергетики, возможными сценариями, циклами и неизбежными кризисами. Следует понимать, в каком направлении прогнозируется будущее промышленное получение электроэнергии:

1) увеличивать единичную мощность будущих блоков (до 1500-2000 МВт) или отдать предпочтение малым источникам энергии с целью их непосредственного приближения к потребителю;

2) выделять средства на обязательную замену отработавших срок эксплуатации турбогенераторов (ТГ) средней мощности (200-300 МВт) или ограничиться их модернизацией и технической реконструкцией с использованием новых технических решений: заменять водородное охлаждение на воздушное, внедрять новые приемы диагностики и последующей реабилитации, повышать мощность в существующем габарите на 10-15 %;

3) оценить целесообразность реконструкции работающего оборудования для изменения режимов его эксплуатации: переводить закончившие срок эксплуатации ТГ в режим синхронных компенсаторов; устанавливать на блоках ТЭС параллельно с работающими ТГ асинхронизированных турбогенераторов для расширения диапазона регулирования активной и реактивной мощности в сети и повышения устойчивости работы оборудования станций;

4) искать новые способы получения электроэнергии (энергетика от возобновляемых источников энергии, создание электрооборудования (ЭО) на базе высокотемпературных сверхпроводников и т.д.).

При всем разнообразии есть общие проблемы для национальных энергетик всех стран: загрязнение окружающей среды; ограниченность топливных и минеральных ресурсов; рост населения; увеличение потерь

электроэнергии из-за износа ЭО. Но для всех стран обязательными аспектами развития является удовлетворение спроса на долгосрочные устойчивые источники энергии, обеспечение экологической безопасности при их использовании, внедрение приемов энергоресурсосбережения, что является одной из наиболее серьезных проблем для национального производителя Украины. Сегодня на производство единицы ВВП в Украине в среднем расходуется почти в 2-3 раза больше энергоресурсов, чем в европейских странах, [1,2]. В Украине по технико-экономическим и социально - политическим параметрам используется инерционно - катастрофический сценарий развития экономики и промышленности, что предполагает сохранение исходной траектории развития энергетики, дальнейшее увеличение спроса на углеводородное топливо, преобладающую значимость тепловых и атомных станций. Поэтому в настоящее время основные экономические вложения следует делать в развитие крупного электромашиностроения, в повышение мощности ТГ для АЭС, в модернизацию ТГ тепловых станций, рис. 1.



Рис. 1. Направления исследований совершенствования ТГ

Электроэнергетика и, соответственно, турбогенераторостроение, неразрывно связаны с развитием экономики. Теоретической базой этого положения является теория длинных волн Кондратьева, [3], на которой строятся положения развития современной экономики. И если можно предполагать мировое снижение темпов развития топливной энергетики, то

атомная энергетика по-прежнему остается доминирующей. В том числе и для Украины, где свыше 50 % электроэнергии время вырабатывается на АЭС. Поэтому совершенствование ТГ, обеспечение их конкурентоспособности является определяющим, определяет значимость национальной промышленности и является основной задачей обеспечения энергетической безопасности Украины, [4].

Литература

1. Шевченко В. В. Системный подход к развитию энергетики Украины. / В. В. Шевченко, С. Н. Лутай // Вісник Кременчуцького НУ ім. М.Остроградського. - 2012. - № 3(74). - С. 28 - 32.
2. Бушуев В. В. Кризисы будущего: перспективы мировой экономики и энергетики до 2050 года / В. В. Бушуев, А. М. Мастепанов // Энергетическая политика. - 2010. - № 4-5.- С. 13 - 19.
3. Шевченко В. В. Развитие систем охлаждения турбогенераторов и теория длинных волн Кондратьева / В. В. Шевченко // Электрика. – 2014. - № 8. – С. 12 - 15.
4. Энергетическая стратегия Украины на период до 2030 года // Распоряжение Кабинета Министров Украины от 24 июля 2013 г. № 1071-р.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДВИГАТЕЛЕЙ С ПОЛЫМ РОТОРОМ ДЛЯ МОДУЛЯТОРА СВЕТОВОГО ПОТОКА В ПОЛЯРИМЕТРАХ.

^{1, 2}*Видьмаченко А. П., доктор физ.-мат. наук, профессор, профессор.*

²*Неводовский П.В., кандидат физ.-мат. наук, старший научный сотрудник.*

¹*Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины.*

²*Главная астрономическая обсерватория НАН Украины,
м.Киев, Украина*

Погодные условия на уровнях приземного слоя в значительной степени определяются балансом приходящей от Солнца энергии. Он зависит от состояния земной атмосферы, газовой-аэрозольного состава облаков, надоблачной дымки, озонового шара в стратосфере и т.п. Для исследования причин изменения этих параметров мы проводим поляриметрические измерения. Одним из методов получения поляризационных данных является дистанционное зондирование Земли с помощью поляриметров установленных на орбитальной платформе либо используя наземные поляриметрические измерения [1-5]. Приемники оптического излучения в таких приборах реагируют на изменение интенсивности светового потока, но не реагируют на состояние его поляризации. Поэтому метод определения степени поляризации света основан на преобразовании параметров вектора Стокса $I=I\{I_0, Q, U, V\}$ от источника излучения в скалярную величину. Для анализа поляризованного излучения применяют поляроиды, призмы, решетки и т.п. Их устанавливают перед приемниками излучения, и они могут быть статические или вращающиеся [7-14]. Подвижный элемент такого

модулятора (фазовая пластинка [6]) может вращаться либо благодаря кинематической передаче (с помощью зубчатых колес, храповиков и т.п.), либо поляризационный элемент может быть установлен непосредственно на оси вращения в отверстии ротора двигателя. В качестве таких двигателей используют синхронные, безмоментные электродвигатели и пьезодвигатели. Синхронный двигатель представляет собой двухобмоточную электрическую машину переменного тока, одна из обмоток которой возбуждается переменным током с частотой ω , а вторая – постоянным током. Скорость вращения ротора у таких электродвигателей при постоянной частоте тока сохраняется постоянной и не зависит от нагрузки. У этих двигателей есть возможность изменять его характеристики, изменяя форму фазовых напряжений, или переключая обмотки синхронной машины, то есть обеспечивать программирование требуемых параметров. В последнее время мы работали над использованием пьезоэлектрических двигателей, работа которых основана на преобразовании электрической энергии в механическую за счет пьезоэлектрического эффекта. Статор двигателя содержит пьезокерамический элемент, на котором укреплены толкатели, упирающиеся на внутреннюю поверхность ротора, выполненного в виде цилиндрической чашки, закрепленной на валу. На торцевые поверхности пьезокерамического кольца нанесены электроды, подключаемые к генератору ультразвуковых колебаний. Частота генератора соответствует одной из частот собственных механических колебаний пьезокерамического кольца в радиальном направлении. На наш взгляд, пьезодвигатели с полым ротором – довольно перспективные для использования в качестве привода в поляризационном модуляторе [11-13]. Они смогут обеспечить требуемые точности. Универсальность этих двигателей дает возможность оперативно изменять алгоритм работы всего прибора. Малые весогабаритные соотношения, малое энергопотребление позволит применить эти двигатели и при создании поляриметров устанавливаемых на борту космических летательных аппаратов.

Литература

1. Kostogryz N. M., et al. Polarimetric study of transiting extrasolar planets // Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. 2011, v. 415(1), p. 695-700.
2. Morozhenko A. V., et al. Astronomical Polarimeters and Features of Polarimetric Observations // Photopol. in Remote Sens., NATO Science Series II: Math., Phys. and Chem. 2005, v. 161, p. 479-486.
3. Morozhenko, A. V., et al. Polarimetry and Physics of Solar System Bodies // Photopol. in Remote Sens., NATO Science Series II: Math., Phys. and Chem. 2005, v. 161, p. 369-384.
4. Nevodovskiy P. V., et al. On testing of the photometer-polarimeter UVP layout using a telescope on Earth's surface // 16 Ukrainian Conf. on Space Res. Abstracts. 22-27.08.2016. Odessa, Ukraine. P.120.

5. Nevodovskyi P. V., et al. Tiny Ultraviolet Polarimeter for Earth Stratosphere from Space Investigation // Proceedings of IEEE 8th International Conf. IDAACS-2015. 24-26.2015. Warsaw, Poland. Vol. 1, p. 28-32.
6. Samoylov A. V., et al. Achromatic and super-achromatic zero-order waveplates // Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer. 2004, vol. 88(1-3), p. 319- 325.
7. Sinyavskii I. I., et al. Concept of the construction of the optical setup of a panoramic Stokes polarimeter for small telescopes // Journal of Opt. Techn. 2013, vol. 80(9), p. 545-548.
8. Vid'machenko A. P, et al. A cooled photomultiplier with an InGaAs photocathode developed for the spectropolarimetry observations // KFNT Suppl. no. 3. 2000, p. 283-285.
9. Vid'Machenko A. P., et al. Experimental observations with cooled photometric head on the basis of a photomultiplier with the InGaAs photocathode // KFNT. 2000, vol. 16(1), p. 72-79.
10. Vid'machenko A.P. Information-measuring and registering system of an astronomical polarimeter // Baltic Astronomy. 2000, vol. 9, p. 670-671.
11. Vidmachenko A. P., et al. Light modulators for astronomical polarimeters // Astronomical School's Report. 2005, vol. 5(1-2), p. 236-241.
12. Vidmachenko A., et al. Astronomical spectropolarimeter for remote investigation of optical and physical properties of solar system bodies // BNTUU "KPI". Series Instr. Mak. 2003, vol. 25, p. 45-52.
13. Vidmachenko A. P., et al. The unified optics-mechanical block for surface astronomical devices // BNTUUkraine "KPI". Series Instrument Making. 2007, vol. 33, p. 41-48.
14. Vidmachenko A.P., et al. Ways of the modulation of the polarized light in astronomical device // BNTUUkraine "KPI". Series Instrument Making. 2004, vol. 27, p. 61-66.

СПОСОБИ ОЦІНКИ ТЕРМІНУ СЛУЖБИ КОНТАКТІВ

Мрачковський А.М., к.т.н., доцент,

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м.Київ Україна. amrachkovskyi@mail.ru*

На даний час широко використовується метод безпосередньо комутаційних випробувань контактних матеріалів, коли використовують інформацію про ерозійні властивості контактних матеріалів отриманих на макетах реле, вибирають оптимальний з точки зору економічності і зносостійкості контактний матеріал, а потім виготовляють дослідну партію реле і випробовують її.

Вихідними даними для розрахунку є параметри електричного кола – струм, напруга, постійна часу, конструктивні параметри контактної системи реле – між контактний зазор, жорсткість контактної пружини, контактний натиск, електродугові і електроерозійні параметри контактного матеріалу – струм, напруга і енергія дуги горіння, коефіцієнти ерозії, склад матеріалу.

В основі досліджень взаємозв'язку ресурсу з такими параметрами дуги, як енергія W_d , що виділяється в ній, кількість електроенергії Q_d і часу її горіння t_d , виявлено, що основною визначальною величиною являється виявлення числа комутації N на величину енергії W_d . Термін служби N при цьому в першому наближенні складає

$$N = \frac{W_{дн}}{W_n} N_n.$$

де W_d – енергія, що виділяється при розриві кола в даному режимі; $W_{дн}$, N_n – енергія і термін дії в номінальному режимі.

Аналогічні залежності на практиці використовують для оцінки терміну дії контактів при комутації нелінійних індуктивних і резистивних навантажень.

Об'ємний знос δ_v слабкострумових контактів реле запропоновано оцінювати по емпіричній формулі.

$$\delta_v = \frac{(\alpha_0 q_0 + \alpha_B q_B) N}{\eta \gamma}$$

де N - число комутацій; γ - густина матеріалу; $\eta = 0,5-1$ коефіцієнт використання матеріалу; q_0 , q_B - кількість електричної енергії, яка протікає в газовому розряді при вмиканні і відмиканні; α_0 , α_B - емпіричні коефіцієнти.

Для визначення терму дії контактів типу сфера-площина приймається, що внаслідок ерозії має місце перенос матеріалу зі сферичного контакту на площину. При цьому на площинній контактній поверхні утворюється виступ сферичної форми, а на сферичній контактній поверхні утворюється відповідний кратер, також сферичної форми.

Висновки:

1. Розраховані такі параметри, як час дуги, енергія, кількість електроенергії, об'ємна і масова ерозія дозволяють достатньо швидко оцінити матеріал контактів та конструкцію контактної системи при розробці нових або модернізації відомих конструкцій реле, але не дозволяють оцінити в абсолютних цифрах їх комутаційну зносостійкість (термін дії).

2. Розробка загального підходу для розрахункової оцінки терміну служби контактів реле разом з методами розрахунку електроерозійних процесів на контактах дозволить оцінити вплив геометрії контактів на їх комутаційну зносостійкість.

Література

1. Омельченко В. Т. Теорія процесів на контактах. / В. Т. Омельченко – Харків: Вища школа, 1979. – 179 с.
2. Таев И. С. Электрические контакты и дугогасительные устройства аппаратов низкого напряжения. / И.С. Таев. - М. : - Энергия, 1979. –242 с.
3. Хольм Р. Электричні контакти. / Р. Хольм - М. : Издательство иностранной литературы, 1961.- 35 с.
4. Разумихин М. А. Эрозионная устойчивость маломощных контактов. / М. А. Разумихин - М-Л: Энергия, 1994. –278 с.
5. Намитоков К. К. Электроэрозионные явления. / К. К Намитоков - М. : - Энергия, 1978. –356 с.

СОЗДАНИЕ И ИЗМЕРЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКОГО МОМЕНТА НА ВАЛУ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ПРИ ЕГО ИСПЫТАНИИ

*Авдейко В.П., к.т.н., доцент, Вершинин А.С., к.т.н., доцент
Полоцкий государственный университет,
г.Новополоцк, Беларусь.
as.vershinin@mail.ru*

Введение. При испытаниях и снятии рабочих и механических характеристик электрических двигателей применяют различного рода тормозные устройства, позволяющие регулировать и одновременно измерять величину момента нагрузки на валу двигателя. Для указанной цели удобно использовать устройство, в котором нагрузочный момент создается машиной постоянного тока, работающей в режиме генератора, вал которой через муфту связан с исследуемым двигателем [2]. При этом вал и якорь машины постоянного тока свободно вращаются в подшипниках, расположенных в неподвижных стойках, а статор свободно висит и может поворачиваться на небольшой угол, ограниченный упорами. Механическая нагрузка для испытуемого двигателя создается электрической нагрузкой генератора - переменным резистором, включенным в цепь якоря.

Величину момента нагрузки измеряют моментометром по механической силе, действующей на статор [2], или определяют с помощью противодействующего момента, создаваемого грузом, подвешенным снизу к статору машины постоянного тока [1].

Недостатками такого устройства являются большие габариты и стоимость.

Цель работы. Целью данной работы является удешевление и упрощение устройства.

Варианты построения устройств. Для создания момента нагрузки в таких устройствах удобнее использовать более дешевые асинхронные электродвигатели (рис. 1) [3].

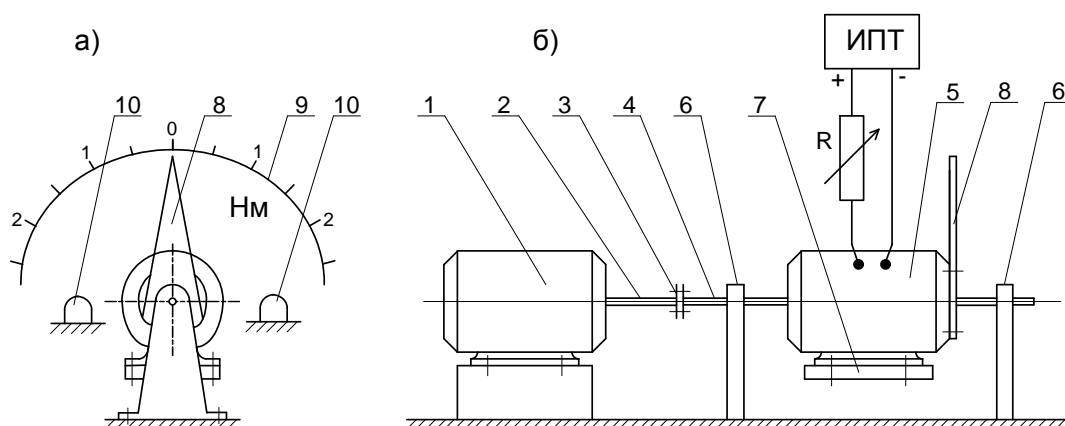


Рис.1. Устройство для создания и измерения момента нагрузки на валу электродвигателя

Вращение вала испытуемого двигателя 1 передается через соединительную муфту 3 ротору нагрузочного асинхронного двигателя (АД) 5. При этом статор АД будет неподвижен и стрелка 8 покажет небольшой момент, создаваемый трением в подшипниках нагрузочного АД. Для увеличения нагрузочного момента необходимо подключить обмотку статора асинхронного двигателя 5 к источнику постоянного тока (ИПТ) через переменный резистор R , посредством которого возможно изменение нагрузочного момента.

В результате электромагнитного взаимодействия статор АД 5 будет поворачиваться в сторону вращения на угол, при котором тормозной момент нагрузки уравнивается моментом сопротивления, создаваемым дисбалансным грузом 7.

Упоры 10 (рис.1а) ограничивают угол поворота статора асинхронного двигателя 5. Указательная стрелка 8 жестко закреплена на статоре АД 5, а шкалу 9 предварительно необходимо проградуировать в единицах измерения момента (Н·м), что позволяет непосредственно считывать величину нагрузочного момента. При этом шкала 9 данного устройства является нелинейной, и в области малых моментов нагрузки обладает большей разрешающей способностью, а с увеличением создаваемых моментов нагрузки разрешающая способность устройства снижается. Такая шкала даже удобна, и ее можно не рассматривать как недостаток.

Таким образом, использование в качестве нагрузочного устройства асинхронного двигателя, а также возможность непосредственного измерения момента нагрузки на валу испытуемого двигателя без моментомера заметно упрощают и удешевляют устройство для создания и измерения механического момента на валу указанного двигателя при его испытании.

Литература

1. Кацман М. М. Лабораторные работы по электрическим машинам и электрическому приводу: 3-е издание перераб. и доп. / М. М. Кацман - М. : Издательский центр "Академия", 2004. - С. 15 - 25.
2. Крицштейн А. М. Электрические машины и аппараты: Сб. лабораторных работ / А.М. Крицштейн. - Ульяновск: УлГТУ, 1997. - С. 35 - 43.
3. Пат. на полезную модель № 7621, Н 02Р 3/24, G 01L 3/00 Устройство для создания и измерения механического момента / В. П.Авдейко, А. С. Вершинин (Беларусь); заявитель Полоцкий государственный университет. - Опубл. 30.10.2011, Бюл. № 5, 2011 г.

ЕЛЕКТРОПЛАСТИЧНИЙ ЕФЕКТ ЯК СПОСІБ ЗНИЖЕННЯ ЗАЛИШКОВИХ НАПРУЖЕНЬ

Васюк В.В., асистент

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ, Україна. vasyuk@nubip.edu.ua*

У сучасних умовах низької інноваційної активності все більш актуальною стає розробка способів зниження і стабілізації рівня залишкових напружень, що дозволяють максимально продовжити експлуатацію діючих об'єктів.

Залишкові напруження (ЗН) це пружні деформації і відповідні їм напруження, врівноважені всередині тіла при відсутності зовнішніх сил. Особливість роботи конструкцій і обладнання умовах сільського господарства полягає в дії підвищеного тиску і температури, агресивних середовищ, абразивного зносу, перевищенням розрахункового терміну експлуатації, що й обумовлює виникнення ЗН. Вони виникають в металах при виготовленні, після завершення будь-яких технологічних процесів: зварюванні, процесах обробки металів (штампування, лиття, термічна обробка), зміцнення і відновлення деталей і елементів конструкцій[1,2]. Можливості регулювання рівня ЗН технологічними прийомами обмежені, і зазвичай їх рівень залишається досить високим навіть при оптимальній технології виготовлення.

Переважно залишкові напруження відіграють негативну роль та істотно впливають на надійність і довговічність техніки. Існує достатньо прикладів руйнувань, викликаних значними технологічними залишковими напруженнями, знижується міцність при змінних циклічних навантаженнях, металеві вироби часто руйнуються або приходять в непридатність через зміну їх розмірів в результаті що знижується точність, що призводить до підвищеного зносу, порушується нормальна робота машин і механізмів, погіршується корозійна стійкість. Сумуючись з напруженнями від зовнішніх сил, ЗН можуть перевищити межу пружності, що призводить до нерівномірної пластичної деформації, викривлення, скручування і т.д. [3]. Але, в деяких випадках стискаючі залишкові напруження в поверхневих шарах деталі підвищують втомну міцність і довговічність матеріалу. [4]

Для суттєвого полегшення обробки металів використовують додаткову дію електричним струмом, густина якого перевищує деяке граничне значення (сотні А/мм²). При цьому відбувається пружне розвантаження залишкових напружень в металі.

Метою дослідження є визначення параметрів струмових імпульсів, при яких досягається місцева релаксація залишкових напружень в металевому зразку.

Експериментально встановлено, що локальне розвантаження настає при поєднанні двох взаємодіючих факторів – імпульсу струму та динамічного тиску на зону контакту. Для сплаву АМТ6 амплітуда струму склала 800 А, динамічне зусилля 250 Н. Моделювання електромеханічного процесу виконано для заданих елементів розрядного ланцюга при спільному вирішенні польової електромагнітної задачі та рівняння руху.

Література

1. Биргер И. А. Остаточные напряжения. / И. А. Биргер – М. : Машгиз, 1963. - 232 с.
2. Винокуров В. А. Сварочные деформации и напряжения. / В. А. Винокуров – М. : Машиностроение, 1968. - 345 с.
3. Петушков В. Г. Влияние электрогидроимпульсной обработки на дислокационную структуру сварных соединений. / В. Г. Петушков, В. С. Опара, Е. С. Юрченко // Сварочное производство, 1984. № 10. С. 10 - 11.
4. Стеклов О. И. Стойкость материалов и конструкций к коррозии под напряжением. / О.И. Стеклов - М. : Машиностроение, 1990. - 384 с.

ГАЗОДИНАМІЧНІ І ТЕМПЕРАТУРНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕПЛОВОГО АПАРАТУ ІНДУКЦІЙНОГО ТИПУ ДЛЯ НАГРІВАННЯ ПОВІТРЯНОГО ПОТОКУ

Березюк А.О., к.т.н., ст. викл.

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ, Україна. aob.87@mail.ru*

Розглянемо спосіб нагріву потоку повітря в тепловому апараті, схема якого, його основні елементи та позначення показані на рис. 1. Повітря нагрівається при проходженні вздовж нагрітих сталевих труб. Самі труби нагріваються індукційним способом. Труби поміщаються всередині склотекстолітового циліндру, на поверхню якого намотана обмотка індуктора.

Можливі два варіанти організації руху потоку повітря, що нагрівається. При першому повітря обтікає нагріті труби з двох сторін: при русі всередині труб і в міжтрубному просторі між зовнішніми поверхнями труб і навколишнім зовнішнім діелектричним циліндром [1]. При другому варіанті повітря пропускається тільки через труби. В цьому випадку при однаковій витраті швидкість потоку вище і відповідно вище щільність потоку тепла з поверхні труб. Однак при цьому в міжтрубному просторі температура повітря наближається до температури нагрітих труб. У зв'язку з різним характером теплопередачі обидва варіанти будуть розглянуті.

Для дослідження газодинамічних і теплових характеристик теплового апарату необхідно вибрати вихідні технологічні параметри. Так, наприклад, якщо апарат призначений для теплової обробки зерна при певній продуктивності процесу, такими можуть бути наступні параметри:

- витрата повітря, що нагрівається $Q = Q_1 + Q_2$, де Q_1 і Q_2 відповідно витрата, обумовлена потоком повітря через сталеві труби і потоком в просторі між трубами, обмеженому зовнішнім діелектричним циліндром.

- значення температури повітря на вході труб T_{ai1} і міжтрубного простору T_{ai2} , а також відповідно на виході T_{af1} і T_{af2} , що дає приріст температури повітря, яке нагрівається в зазначених каналах $\Delta T_{a1} = T_{af1} - T_{ai1}$ і $\Delta T_{a2} = T_{af2} - T_{ai2}$;

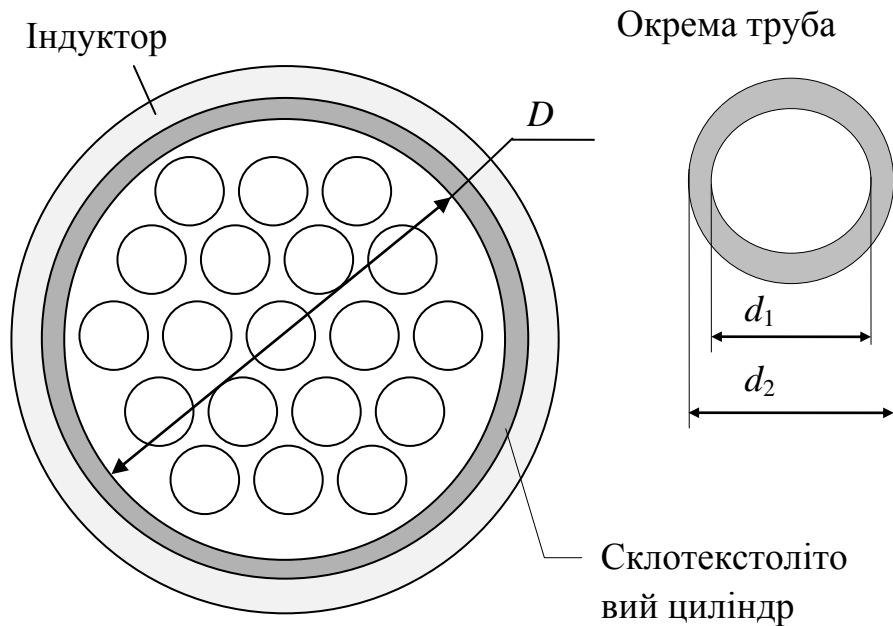
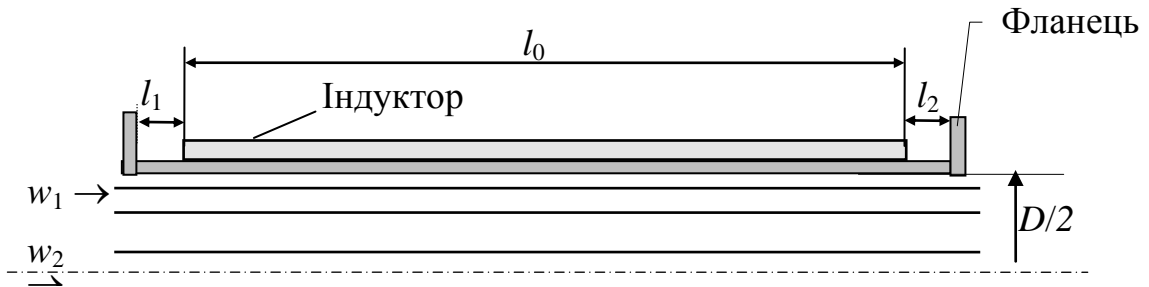


Рис. 1. Теплогенератор індукційного типу

Крім основних вихідних параметрів можуть бути задані і додаткові, наприклад, максимальна температура труб T_{tf} , допустима температура неметалевих елементів, перш за все діелектричного циліндра і фланців, якщо вони виконані з матеріалу з обмежено допустимою температурою.

Література

1. Исаченко В. П. Теплопередача. / В. П. Исаченко, В. А. Осипова, А. С. Сукомел - М. : Энергия, 1975. - 487 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОСТОЯННОЙ НАГРЕВА. КРИТЕРИЙ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ БОЛТОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

*Кривонос В.Е.¹, к.т.н., доцент; Азархов А.Ю.¹, д.м.н.,
профессор; Шайко-Шайковский А.Г.², д.т.н., профессор;*

*¹Приазовский государственный технический университет,
г. Мариуполь, Украина.*

*²Черновицкий национальный университет им. Юрия Федьковича,
г. Черновцы Украина.*

yhtverf@mail.ru

Основная причина нагрева болтового соединения – это ослабление плотности контакта. Выявление начального момента ослабления контакта и прогнозирование времени развития аварийной ситуации, позволяет планировать переключения и прогнозировать развитие аварийной ситуации.

Решением уравнения нагрева однородного тела [1] для определения температуры болтового соединения является выражение:

$$\theta = \theta_y (\theta_y - \theta_{i \dot{a} \ddot{a}}) e^{-t/\tau}; \quad (1)$$

где θ_y - температура болтового соединения в установившемся режиме; $\theta_{i \dot{a} \ddot{a}}$ - температура болтового соединения в начале режима; τ – постоянная нагрева болтового соединения.

Постоянная нагрева является конструктивной константой данного болтового соединения. которую можно определить по справочным данным, это параметры болтового соединения как

$$\tau = \frac{cG\Delta\theta_y}{I^2 R_c}, \quad (2)$$

где $R_c = R_k + R_{i \delta}$ суммарное сопротивление контактов и переходного сопротивления соединения. Или по данным нагрева болтового соединения

$$\tau = \frac{\theta_{y1} - \theta_{i \dot{a} \ddot{a}}}{3}, \quad (3)$$

где 3τ период время за которое исправное болтовое соединение нагреется от первоначального $\theta_{i \dot{a} \ddot{a}} = \theta_0 = \theta_{0k \text{ ср}}$ до установившейся температуры θ_{y1} , при номинальном значении силы тока. Изменение постоянной нагрева является причиной изменения конструкции болтового соединения, то есть увеличения переходного сопротивления $R_{пре}$. Определение времени нагрева соединения до критической температуры θ является выражение:

$$t = \tau \ln \frac{\theta_y - \theta_{i \dot{a} \ddot{a}}}{\theta_y - \theta}; \quad (4)$$

В следствии расслаблении болтового соединения, скорость нарастания температуры соединения увеличивается, при неизменной силе тока, и определится как отношением разности температур и интервалом времени за которое произошло это изменение.

$$V_{t^*} = \frac{\theta_y \tau - \theta_{i \dot{a} \dot{z}}}{\tau^*}. \quad (5)$$

Изменения постоянной нагрева τ^* определится как

$$\tau^* = \tau k_v, \quad (6)$$

где $k_v = \frac{V}{V_{t^*}}$ - кратности скоростных изменений.

Для ослабленного состояния болтового соединения, определяют новое значение переходного сопротивления $R_{N \dot{I}^*}$. Время, за которое превышения температура болтового соединения достигнет критической величины, определится выражением :

$$T_{\dot{a} \dot{I} \dot{I}} = \frac{\Delta(\theta_{\dot{a} \dot{I} \dot{I}})}{\Delta\theta_y (k_p^2 - 1)}; \quad (7)$$

k_p - кратность величин сопротивлений болтового соединения до и после ослабления контактов.

Вывод: изменение величины постоянной нагрева болтового соединения определяет его техническое состояние. Уменьшение величины постоянной нагрева выше 10% номинального значения определяет начало аварийной ситуации. Задаваясь величиной критической температуры болтового соединения, по выражению (7) определяют время за которое эта температура будет достигнута. Разработан способ контроля болтовых соединений [2].

Литература

1. Сыромятникова И. А., Режимы работы асинхронных и синхронных двигателей. / И. А. Сыромятникова - М. : Энергоатомиздат, 1984г. - 249 с.
2. Пат. №107749 Україна, МПК Н02К15/12 (2006.01) Спосіб контролю за станом болтових з'єднань електрообладнання, що працює змінним навантаженням / Кривонос В.Є.(Україна); – № а 201309491 опубл. 10.02.2015, бюл. № 3.

ГАРМОНІЧНИЙ СКЛАД ВИХІДНОЇ НАПРУГИ РЕГУЛЯТОРА З ШП ПРИ РОБОТІ НА АКТИВНЕ НАВАНТАЖЕННЯ

Санченко О.В., Голодний І.М. к.т.н., доц.

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ, Україна.*

Постановка задачі, аналіз останніх досліджень та публікацій. Сучасний регульований асинхронний привод з електронними перетворювачами

напруги, створюють імпульси напруги та вищі гармоніки в мережі, що негативно впливає на роботу як самого електродвигуна, так і на інші споживачі електроенергії. Покращити гармонічний склад вихідної напруги можна при використанні регуляторів з керування за принципом ШПП, в якому чергуються періоди включення і виключення силових електронних приладів. Період циклу на кілька порядків менший періоду синусоїди напруги живлення.

Мета дослідження – зменшення вартості регульованого асинхронного електропривода без погіршення якості електроенергії живлення.

Основні матеріали досліджень. Згідно основ теорії кіл дослідження періодичних несинусоїдальних напруг і струмів легше досліджувати, якщо криві розкласти в тригонометричний ряд Ейлера-Фур'є. Відомо, що люба періодична функція $f(\omega t)$, яка задовольняє умови Діріхле, може бути описана тригонометричним рядом синусоїд і косинусів.

$$f(\omega t) = a_0 + \sum_n a_n \cos(n\omega t) + b_n \sin(n\omega t),$$

де $\omega = 2\pi/T$ – основна частота, якщо період функції $T = 2\pi$, то $\omega = 1$; n – номер вищої гармоніки; a_0 , a_n , b_n – коефіцієнти, відповідно, постійної, косинусної та синусної складових.

Зазвичай періодичні функції часу в електротехніці, до яких відносяться криві напруги та струму перетворювачів, симетричні відносно осі абсцис та початку координат, тоді функція розкладається в ряд, яка не містить постійної складової a_0 , парних гармонік і косинусів a_n .

Вихідна напруга регулятора на базі широтно-імпульсного перетворювача при роботі на активне навантаження має вигляд синусоїди $f(\omega t) = U_m \sin(\omega t)$ з розривами.

Синусний коефіцієнт має розв'язок:

$$b_n = \frac{U_m}{2\pi} \sum_1^c \left\{ \frac{1}{n-1} \left[\sin \left[(n-1) \frac{2\pi c}{k} \right] - \sin \left[(n-1) \frac{2\pi(c-1)}{k} + \alpha \right] \right] - \right. \\ \left. - \frac{1}{n+1} \left[\sin \left[(n+1) \frac{2\pi c}{k} \right] - \sin \left[(n+1) \frac{2\pi(c-1)}{k} + \alpha \right] \right] \right\},$$

де $c = 1, 2, 3, \dots, k$; n – номер гармоніки; k – кратність частоти комутації транзисторів f_k до основної частоти струму джерела живлення f_1 .

В рівняння для визначення коефіцієнта b_n введено кут відкривання α та кратність комутації транзисторів k , що дає змогу проводити спектральний аналіз кривих при різних їх значеннях. Результати аналізу наведено на рис.

З рис. видно, що вищі непарні гармоніки вихідної напруги (9, 11, 19, 21, 29, 31 і т.д.) проявляються біля частоти, кратних частоті комутації транзисторного ключа $f_k = k f_1 = 10 \cdot 50 = 500$ Гц, що відповідає спектру

вихідної напруги автономного інвертора з широтно-імпульсним симетричним керуванням при роботі на активне навантаження

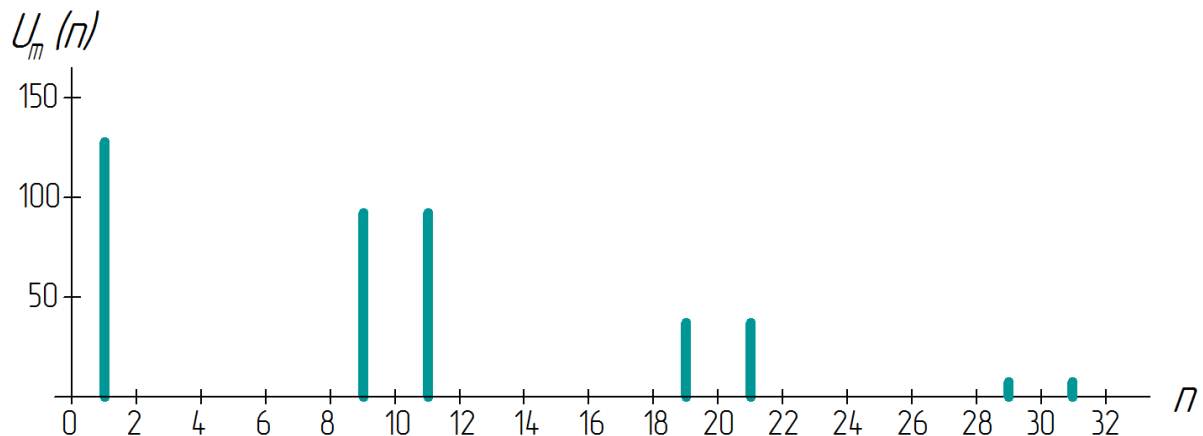


Рис. Спектр вищих гармонік вихідної напруги перетворювача з ШПП:
 $\alpha = \pi/10$, $k = 10$, $f_k = 500$ Гц

Висновки. На основі теоретичних досліджень визначене рівняння для аналізу спектрального складу вихідної напруги регулятора з ШПП, в якому враховано кут відкриття і частоту комутації транзисторних ключів.

За розрахунками вищі непарні гармоніки вихідної напруги (9, 11, 19, 21, 29, 31 і т.д.) з активним навантаженням проявляються біля частоти, кратних частоті комутації транзисторних ключів ($f_k = 500$ Гц).

THE DEVELOPMENT OF TECHNICALLY ENERGY-EFFICIENT ELECTRICAL COMPLEX FOR DRYING BULK MATERIALS BASED ON INDUCTION TYPE HEAT GENERATOR

Zhiltsov A., D.Sc., head of the department of Electrical Machinery and Electrical Equipment Operating,

Bereziuk A., phd, sn. lect. Department of Electrical Machinery and Electrical Equipment Operating,

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine. aob.87@mail.ru

For dry bulk materials currently used device of contact and convective type heat transfer.

By convective heat transfer systems use a drying drum that blows hot heat carrier. For getting hot carrier used mainly mineral fuel, which is burned (Fig. 1) in the local thermal units (furnaces). In units of contact type granular material directly in contact with the heated surface, energy, which can be transmitted efficiently by induction method.

Induction heating is able to efficiently provide temperature regimes of technology equipment. Possibility working without pollution, little time for achieving of nominal regime work, high coefficient efficiency of work, possibility of intensifying heat transfer between the dispersed material and heattransfer surfaces contribute to the implementation of electrical systems with induction method of energy transfer to the operation of thermal processing of bulk materials.

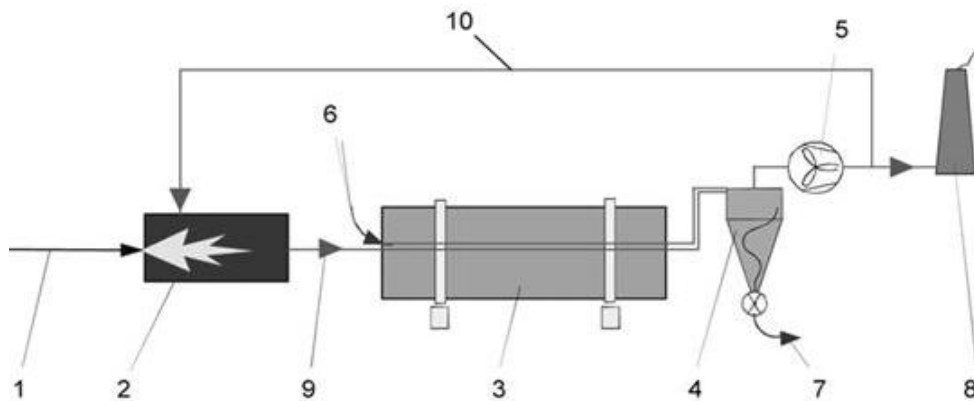


Fig.1. Block diagram of electrical and technical complex for dry bulk materials based on induction type heat generator

References

1. Rudnev V., Loveless D., Cook R., Black M. Handbook of induction heating. – Marcel Dekker. Inc., 2003.

ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТЕПЛОГЕНЕРАТОРА ІНДУКЦІЙНОГО ТИПУ ДЛЯ СУШІННЯ ЗЕРНОВИХ

Березюк А.О., к.т.н., ст. викл. кафедри електричних машин і експлуатації електрообладнання,

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ, Україна. aob.87@mail.ru*

Термічна сушка зернових на традиційних енергоносіях (мінеральне паливо), основне призначення якої – це сушка продовольчого та кормового зерна, потребує в середньому 5 – 11 МДж енергії на випаровування 1 кг вологи, що відповідає енергії від спалення природного газу об'ємом приблизно 0,143-0,314 м³ (в грошовому еквіваленті відповідає орієнтовно 2,3 – 5 грн). Використання сушарок на базі теплогенератора індукційного типу для забезпечення випаровування тієї ж кількості вологи із зерна відповідає орієнтовно 1,4 – 3 кВт·год, що відповідає приблизно такому ж грошовому еквіваленту. Однак, сушарки, які для отримання гарячого теплоносія спалюють мінеральне паливо – є пожежонебезпечними та шкідливими для навколишнього середовища. Таким чином, актуальним

завданням є розробка електротехнологічного комплексу для сушіння зерна на базі теплогенератора індукційного типу, який відрізняється від зазначених відсутністю шкідливих факторів, а також може бути орієнтований на невеликі фермерські господарства, які характеризуються невеликими об'ємами виробництва та потребують мобільності.

За попередніми розрахунками [1] застосування електротехнологічного комплексу для сушіння зерна на базі теплогенератора індукційного типу (рис. 1.), наприклад, потужністю 30 кВт дозволить отримати річний прибуток до 200 тисяч грн/рік із строком окупності 4 місяці при продуктивності установки до 500 кг/год. Заміна мінерального палива у технологічному процесі сушіння зернових, яке необхідне для створення гарячого теплоносія, на електричну енергію може забезпечити ресурсоенергозбереження до 30 % та, з іншого боку, підвищити екологічність сушарок зерна. Враховуючи, що електротехнологічний комплекс для сушіння зерна на базі теплогенератора індукційного типу має значно менший час виходу на номінальний режим роботи порівняно з установками на основі горіння мінерального палива, це сприяє збільшенню обсягів виробництва та зменшенню людино-годин на виробництво одиниці продукції.

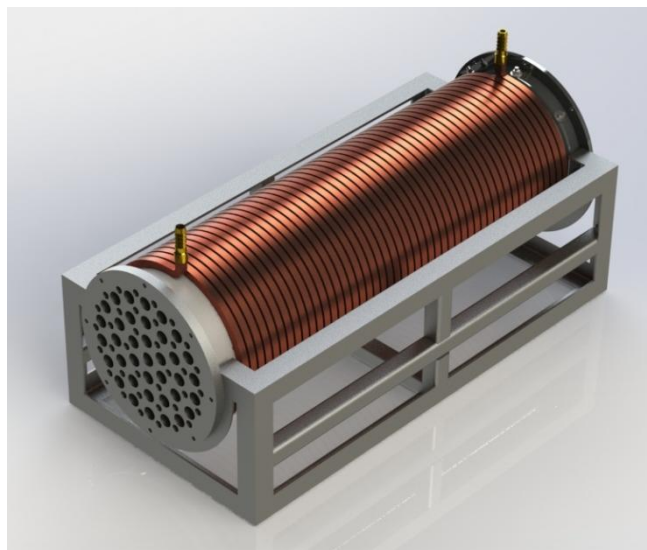


Рис. 1. Теплогенератор індукційного типу

Під час проектування таких індукційних систем потрібно встановити взаємозв'язки між режимними та геометричними параметрами індуктора і завантаження. Також необхідно зазначити, що ефективність роботи пристроїв індукційного нагріву, в основному, визначається величиною їх коефіцієнта корисної дії (ККД). ККД пристроїв індукційного нагріву визначається електрофізичними властивостями та геометричними розмірами завантаження та індуктора, а саме: довжиною намотки, кількістю витків

обмотки, числом шарів, конфігурацією індукуючого проводу, кількістю елементів у завантаженні тощо.

Таким чином, для забезпечення необхідного режиму сушки зернового матеріалу (з урахуванням встановленої продуктивності сушильного барабану) було вибрано параметри циліндричного індуктора, що призначений для нагріву теплоносія (повітря) потужністю 30 кВт, який би задовольняв вимогам енергоефективності та екологічності. Також, з економічної точки зору, доцільно використовувати джерело промислової напруги – 380/220 В, частотою змінного струму – 50/60 Гц.

Література

1. Березюк А. О. Визначення геометричних параметрів розрахункової моделі циліндричного індуктора для нагріву феромагнітних труб / А. О. Березюк, І. П. Кондратенко // Наук. вісн. НУБіП України. Серія «Техніка та енергетика АПК» – К., 2012. – № 174. – Ч.1. – С. 125 – 130.

РОЗРАХУНОК ТЕПЛООВОГО ПОЛЯ І ВИХІДНОЇ ТЕМПЕРАТУРИ ГЕНЕРАТОРА ТЕПЛА ІНДУКЦІЙНОГО ТИПУ

Березюк А.О., к.т.н., ст. викл. кафедри електричних машин і експлуатації електрообладнання,

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ, Україна. aob.87@mail.ru*

Для поліпшення якості нагріву та підвищення енергетичних показників індукційної установки досить важливим є вибір прийняттого режиму роботи нагрівача. Режим вибирають на основі аналізу можливих температурно-часових характеристик процесу нагрівання.

Зазначені характеристики отримують за результатами теплового розрахунку. За таких умов підвищуються вимоги до точності розрахунку і проектування нагрівальних установок. Тепловий розрахунок повинен враховувати ряд чинників, що впливають на температурне поле у завантаженні.

Методи розрахунку процесу індукційного нагріву оснований на вирішенні диференціальних рівнянь Максвелла і Фур'є [1] для електромагнітного та теплового полів відповідно. Розподіл температури в часі описується рівнянням Фур'є в циліндричній системі координат:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a \left(\frac{\partial^2 T}{\partial \rho^2} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial T}{\partial \rho} + \frac{1}{\rho^2} \frac{\partial^2 T}{\partial \varphi^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) + \frac{a}{\lambda} Q,$$

де T – температура в точці простору з координатами ρ, φ, z , що досягла значення за час t ; $a = \frac{\lambda}{c_p d}$ – коефіцієнт теплопровідності, $\text{м}^2/\text{с}$;

λ – теплопровідність матеріалу, $\text{Вт}\cdot\text{м}/\text{К}$; c_p – питома теплоємність матеріалу, $\text{Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$; ρ – питома густина матеріалу, $\text{кг}/\text{м}^3$; $Q = f(\rho, \varphi, z)$ – функція розподілу щільності внутрішніх джерел теплоти в матеріалі, $\text{Вт}/\text{м}^3$.

Щільність внутрішніх джерел теплоти є питомою електромагнітною енергією, що виділяється за одиницю часу в одиниці об'єму. Виходячи з того, що лінійні розміри феромагнітного завантаження (труби) більше довжини індуктора і довжина індуктора більше його діаметра як мінімум втричі ($a > 3 \cdot d_1$), а також експериментальних досліджень [2], можна стверджувати, що поле всередині індуктора розподілено рівномірно. Тому для вирішення теплової задачі, з усього об'єму завантаження, можна виділити одиничний елемент з прилеглою областю, які знаходяться в тих же умовах, що і решта труб (рис. 1). Причому приймаємо, що нормальна похідна температури на зовнішніх границях виділеної області приймається рівною нулю. Тобто теплові потоки ззовні і всередину області виключаються. Таким чином, рішення такої задачі зводиться до визначення розподілу температурних полів в області з однією трубою і подальшим поширенням розв'язку на весь об'єм завантаження.

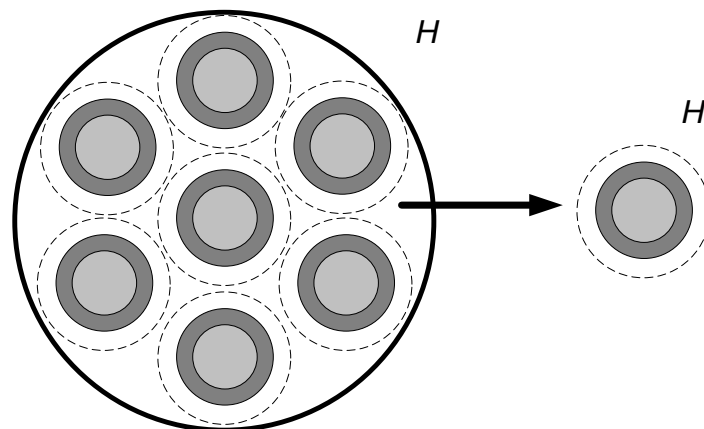


Рис. 1. – Виділення одиничної труби

Для розв'язку цієї задачі необхідно вирішити рівняння нестационарної теплопровідності, яке має вигляд:

$$\rho c_p \frac{\partial T}{\partial t} - \lambda \left(\frac{\partial^2 T}{\partial \rho^2} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial T}{\partial \rho} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) = \begin{cases} Q - \text{труба,} \\ -d c_p \nu \nabla T - \text{теплоносій,} \end{cases} \quad (1)$$

де d , c_p , λ – щільність, питома теплоємність і теплопровідність матеріалу відповідного середовища; Q – питома потужність джерел теплоти, t – час, v – швидкість руху теплоносія.

Розв'язок такої задачі може бути реалізований чисельно в програмному середовищі COMSOL в вісесиметричній постановці, за допомогою модуля *Heat Transfer Module* в розділі *General Heat Transfer* з урахуванням часу *Transient analysis (time dependent)*.

Література

1. Слухоцкий А. Е. Установки индукционного нагрева: [учебное пособие для вузов; под ред. А. Е.Слухоцкого] / А. Е. Слухоцкий, В. С. Немков, Н. А. Павлов, А. Б. Бамунэр . – Л. : Энергоиздат, 1981. – 328 с.
2. Кондратенко І. П. Дослідження розподілу температури в завантаженні циліндричного індуктора / І. П. Кондратенко, В. П. Лисенко, Д. С. Комарчук // Наук. вісн. НУБіП України. Серія «Техніка та енергетика АПК» – К., 2012. – № 184. – Ч.1. – С.74 – 82.

КЛАСИФІКАЦІЯ ЗАЛИШКОВИХ НАПРУЖЕНЬ

**Кондратенко І.П.¹, д.т.н.; Жильцов А.В.², д.т.н;
Васюк В.В.²; Тратак С.Н.³, к.т.н.**

¹*Інститут електродинаміки НАН України, м. Київ, Україна*

²*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ, Україна. azhilt@mail.ru*

³*Волгоградский государственный технический университет,
г. Волгоград, Россия*

Підвищення ефективності виробництва, поліпшення якості продукції, що випускається – основні завдання, що стоять перед сільським господарством. Успішне вирішення цих завдань в основному залежить від розробки і впровадження прогресивних технологій на основі нових методів і новітнього сучасного технологічного обладнання, що забезпечить багаторазове підвищення продуктивності праці, зниження трудомісткості та енергоємності виробництва при одночасному підвищенні якості і високої надійності.

Залишкові напруження (ЗН) це пружні деформації і відповідні їм напруження, врівноважені всередині тіла при відсутності зовнішніх сил. Переважно залишкові напруження відіграють негативну роль та істотно впливають на надійність і довговічність техніки.

В самий початковий період створення конструкцій, на стадії їх проектування, необхідно передбачати можливість появи в них значних ЗН і деформацій, які можуть змінити проектні форми та розміри. У тих випадках, коли зміна розмірів конструкції виходить за межі допустимих, доводиться

застосовувати спеціальні заходи щодо запобігання або зменшення залишкових деформацій і напружень. Для цього необхідно знати систему їх класифікацій і основні закони їх виникнення. Залишкові напруження зазвичай класифікують за ознаками протяжності силового поля і фізичної сутності.

Загально прийнятою є класифікація:

Напруження 1-го роду – макронапруження. Вони охоплюють області, співмірні з розмірами деталі, і мають орієнтацію, пов'язану з формою деталі, викликані неоднорідністю силового, температурного або матеріального поля всередині тіла. Вони виникають в результаті різних технологічних факторів при його виготовленні. Їх величина визначається щільністю дислокацій, а знак залежить від характеру розташування однорідних дислокацій по відношенню до поверхні деталі, наприклад стискаючі ЗН.

Напруження 2-го роду – мікронапруження(кристалічні), що поширюються на окремі зерна металу або на групу зерен також і напруження всередині окремого зерна. Вони виникають у полікристалічних металах в процесі деформації великих обсягів в результаті взаємодії зерен. Ці напруження є наслідком неоднорідності фізичних властивостей різних компонентів полікристала, а також обмежених умов деформації окремого зерна і анізотропії властивостей всередині його. Основними причинами їх виникнення є фазові перетворення, зміни температури, анізотропія механічних властивостей окремих зерен, межі зерен і поділ зерна на фрагменти і блоки при пластичній деформації.

Відмінність мікро і макро напружень полягає не тільки у величині масштабу їх прояву. Макронапруження можуть виникати в будь-якому суцільному однорідно ізотропному середовищі. Мікронапруження в такому матеріалі існувати не можуть, вони можуть виникати внаслідок істотної неоднорідності кристалічного матеріалу і його анізотропних властивостей.

Напруження 3-го роду – субмікроскопічні напруження пов'язані з спотворенням атомної решітки кристала. Скупчення великої кількості дислокацій в граничних шарах викликає численні спотворення атомної решітки, а це створює напруження. Поряд з цим граничний шар – зона силової взаємодії між окремими зернами – створює поле мікронапруження, що охоплює всю поверхню зерна.

Виникнення залишкових напружень пов'язано з різними процесами, що відбуваються в металі. Технологічні фактори (способи та режими обробки поверхні, стан інструменту, системи та ступінь охолодження та ін) роблять визначальний вплив на величину і знак залишкових напружень. Протягом однієї технологічної операції можуть діяти один або декілька чинників різної природи.

THE ELECTROMAGNETIC FIELD OF THE THREE-PHASE CYLINDRICAL INDUCTOR WHICH IS POWERED BY A FREQUENCY CONVERTER IN NON-STATIONARY MODES.

*Zhiltsov A., D.Sc., head of the department of Electrical Machinery and
Electrical Equipment Operating,
Bereziuk A., phd, sn. lect. Department of Electrical Machinery and
Electrical Equipment Operating,
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,
Kyiv, Ukraine. azhilt@mail.ru*

The most common process operation in the metalworking industry is heating to convert the mechanical properties or the application of special covering to improve the corrosion resistance of steel products, and more.

In any case, the heating process operation associated with high consumption of energy – mineral fuel or electricity. Because of this choice of heating method must conform to the principles of energy efficiency and manufacturability. This is consistent with the principles of induction heating, which is able to optimize processes using a wide range of frequency power.

We will consider the three-phase cylindrical inductor that heats the ferromagnetic tube to a temperature that is below the magnetic changes. In other words the magnetic properties of metal remain unchanged at during the heating.

Let the cylindrical three-phase inductor (Fig. 1) consists of three sections that are spaced from each other at equal distances, each section is powered on a separate phase and phase sequence is corresponded to the scheme of traveling magnetic field.

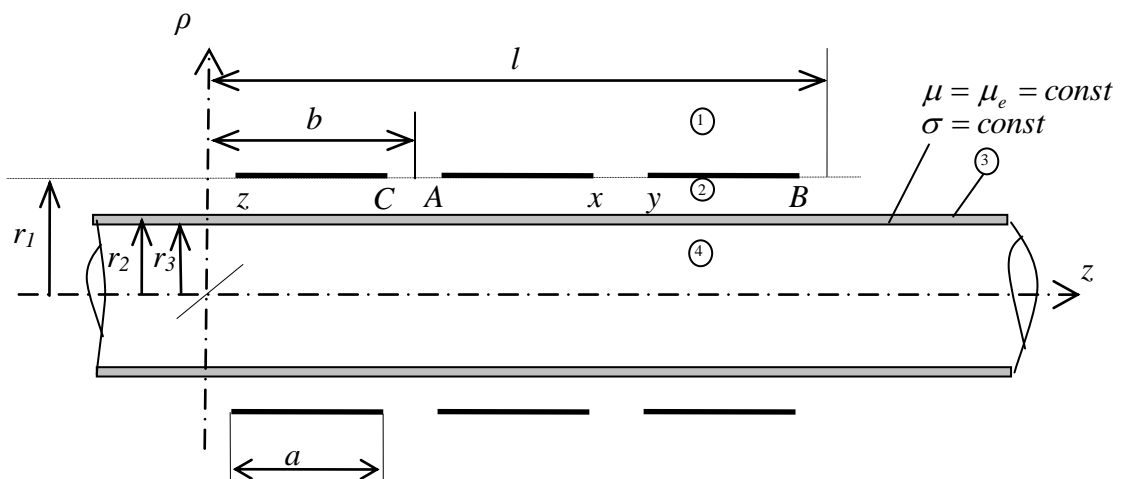


Figure 1.

In the cylindrical coordinate system, if we allocate four areas (fig. 1) – an area over the inductor, a zone under the inductor, an area that occupies the body

tube and the area in the middle of tube for azimuthal component of the magnetic vector potential, which is introduced with a ratio $rot\bar{A}=0$ and calibration $\vec{E} = -\partial\bar{A}/\partial t$, $div\bar{A}=0$, – we have the following equation:

$$\frac{\partial^2 A_\varphi}{\partial \rho^2} + \frac{\partial^2 A_\varphi}{\partial z^2} + \frac{1}{\rho^2} \frac{\partial^2 A_\varphi}{\partial \varphi^2} + \frac{2}{\rho} \frac{\partial A_\rho}{\partial \varphi} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial A_\varphi}{\partial \rho} - \frac{1}{\rho^2} A_\varphi = \mu\sigma \frac{\partial A_\varphi}{\partial t}. \quad (1)$$

Subject to the limitations of magnetic vector potential at infinity ($\rho \rightarrow \infty$) and the equality of the magnetic vector potential equal to zero on the axis of symmetry ($\rho = 0$), solutions for areas are as follows:

$$\begin{aligned} \bar{A}_1 &= C_1 K_1(p\rho), \quad \rho > r_1 \\ \bar{A}_2 &= C_2 I_1(p\rho) + C_3 K_1(p\rho), \quad r_1 > \rho > r_2 \\ \bar{A}_3 &= C_4 I_1(\eta\rho) + C_5 K_1(\eta\rho), \quad r_2 > \rho > r_3 \\ \bar{A}_4 &= C_6 I_1(p\rho), \quad \rho < r_3 \end{aligned} \quad (2)$$

References

1. Rudnev V., Loveless D., Cook R., Black M. Handbook of induction heating. – Marcel Dekker. Inc., 2003.

ПОВЕРХНЕВІ ПЛІВКИ НА ЕЛЕКТРИЧНИХ КОНТАКТАХ

Мрачковський А.М., к.т.н., доцент,

Національний університет біоресурсів і природокористування України.

м.Київ Україна. amrachkovskiy@mail.ru

На електричних контактах можуть утворюватися такі типи плівок: плівки потемніння (окисні або сульфідні), адгезійні плівки, пасивуючі плівки, граничні змащувальні плівки. Окисні і сульфідні плівки є напівпровідниками з великим питомим опором, який виникає при порушеннях в їх решітці. Оскільки щільність таких порушень змінюється від точки до точки, що частково залежить від будови решітки металу, яка знаходиться під плівкою, питомий опір окислів буде змінюватися також від точки до точки. Крім цього, товщина плівок потемніння залежить від того, на якій грані кристала ця плівка з'явилась. Це все разом призводить до висновку, що будь-яка плівка потемніння на полікристалічній металевій поверхні є неоднорідною.

Встановлено, що поверхні металів володіють виключно високою гетерогенністю і складаються з почергових ділянок з малим і з дуже великим опорами і таке явище спостерігається навіть у благородних металів.

Видимі оком плівки, якщо вони не зруйновані в результаті електричного пробою, будуть практично ізолювати тверді поверхні і значно ускладнювати роботу електричних контактів. Найбільш відома адгезійна плівка складається

з кисню. Якщо чисту поверхню піддати впливу повітря, то на ній буде осідати кисень у вигляді фізичних адсорбованих молекул, які виявляються пов'язаними з поверхнею металу порівняно невеликими силами, навіть при контактній температурі потрібно трохи часу, щоб ці молекули швидко дисоціювали внаслідок каталітичного впливу металу. Одночасно атоми можуть виявитися хемосорбованими, тобто ковалентно зв'язаними з атомами металу.

На поверхні контакту проявляється вплив питомого тунельного опору σ - опору, що чиниться на 1см^2 плівки тунельного току, що пронизує її. В адгезійних і пасивуючих плівках він знаходиться в межах $5 \cdot 10^{-9} - 10^{-4} \text{ Ом} \cdot \text{см}^2$.

Обчисливши контактну поверхню за допомогою рівняння

$$P = \xi H A_b,$$

де ξ – коефіцієнт стискання матеріалу, H – твердість матеріалу контакту, A_b – площа поверхні контакту (приймаємо $H = 5 \cdot 10^{-6} \text{ г} / \text{см}^2$ і $\xi = 0,3$ при $P = 10^{-3} \text{ г}$), отримаємо

$$A_b = 6,7 \cdot 10^{-9} \text{ см}^2$$

Звідси опір плівки буде

$$7,5 \text{ Ом} \text{ при } \sigma = 5 \cdot 10^{-9} \text{ Ом} \cdot \text{см}^2 \text{ і } 1500 \text{ Ом} \text{ при } \sigma = 10^{-6} \text{ Ом} \cdot \text{см}^2.$$

Можна вважати, що при таких величинах опору контакт порушується. Опір стягування, пов'язаний з тією ж поверхнею A_b , має величину близьку $0,1 \text{ Ом}$, тобто дуже малий в порівнянні з таким же опором плівки.

Висновки:

Основний вплив адгезійних плівок на контакти полягає в наступному:

1. Вони створюють опір, що є основною проблемою в роботі контактів.
2. Контакти з чистого срібла мають перехідний опір в 3 рази менший ніж композиції на основі срібла.
3. Композиції на основі вольфраму мають перехідний опір, який значно перевищує перехідний опір срібних композицій і в значній мірі залежить від контактного натиску і струму на контактах.

Література

1. Хольм Р. Электричні контакти. / Р. Хольм – М. : Издательство иностранной литературы, 1961. - 35 с.
2. Декабрун И. Е. Электрические контакты. / И. Е. Декабрун - М. : Государственное энергетическое издательство, 1978. – 224 с.
3. Бейлис И. И. Исследование эрозии металлокерамических контактов на основе серебра и никеля при коммутации малых токов. / И. И. Бейлис – М. : Энергия, 1987. – 305 с.

4. Белкин Г. С. Исследование электрической эрозии металлокерамических аппаратов. / Г. С. Белкин – М. : Электричество. – 128 с.

ВИЗНАЧЕННЯ ВЕЛИЧИНИ ЕРОЗІЇ КОНТАКТІВ АПАРАТІВ КЕРУВАННЯ І ЗАХИСТУ

***Коробський В.В., к.т.н., доцент; Мрачковський А.М., к.т.н., доцент**
Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ, Україна. kor-vlad-2002@mail.ru*

За формою більшість контакт-деталей пускачів і реле виготовляються круглого перерізу з плоскою або сферичною робочою поверхнею, причому величина діаметра d значно перевищує висоту l контакт-деталі. Тому при однократній комутації контакт-деталей будемо вважати, що тепловіддача здійснюється з протилежної сторони робочої поверхні (зі сторони прикріплення до контактотримача) в навколишнє середовище, а з бічних поверхонь тепловіддача відсутня і, що тепло до контакт-деталі надходить імпульсами протягом часу t_0 , крізь всю його робочу площу поверхнею S . Тепло надходить перпендикулярно до поверхні і теплопровідність у всіх напрямках – однакова. Тривалість імпульсів тепла Q_1 дорівнює часу горіння електричної дуги між електродами t_0 (\approx часу однократного замикання або розмикання контакт-деталей). Кількість тепла Q_1 - це тепло, необхідне для нагрівання контакт-деталі до температури плавлення.

Граничні умови:

– $T(x,0)=0$; (перепад температур контакт-деталі і навколишнього середовища в початковий момент дорівнює нулю);

– $T(l, t)=0$; (температура точок протилежної сторони деталі при $x=l$ також дорівнює температурі середовища і вона стала величина).

Рівняння теплопровідності в цьому випадку таке, що ізотермічні поверхні є концентричними сферами і температура контакт-деталі залежить тільки від координати x і часу t [1], тобто:

$$\frac{dT}{dt} = a \cdot \left(\frac{d^2T}{dx^2} + \frac{2}{x} \cdot \frac{dT}{dx} \right), \quad (1)$$

де T – температура точок об'єму контакт-деталі, яка нагрівається, К;

a - коефіцієнт температуропровідності контактного матеріалу m^2/c .

У випадку дії плоского джерела тепла (рис. 1) розв'язком рівняння (2) є вираз:

$$T = \frac{G}{2\sqrt{\pi at}} \cdot e^{-\frac{x^2}{4at}}, \quad (2)$$

де G - сила імпульсного джерела тепла, яке розміщене в площині розмикання контакт-деталей безпосередньо на поверхні при $x=0$ (густина теплового потоку, який надходить до однієї контакт-деталі), $m \cdot K$;

x – координата точки, температура якої в момент t дорівнює T .

Величина глибини проплавлення за даними випробуваних зразків контактних матеріалів становить: $h \approx (0,01 \dots 0,1) \text{ мм} = (1,0 \dots 10) 10^{-5} \text{ м}$.

Тому, підставляючи наведені числові значення до виразу $e^{\frac{h^2}{4at_0}}$, можна обчислити величину $e^{\frac{h^2}{4at_0}}$, яка при реальних числових співвідношеннях мало відрізняється від одиниці. В подальшому величина глибини проплавлення однієї контакт-деталі визначається за формулою:

$$h = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{U_0 I_0 \omega \sqrt{t_0}}{\psi b T_{\text{дi cв}}}}. \quad (3)$$

Основні теплофізичні характеристики і розрахункові температури плавлення та кипіння для серійних і дослідних контактних матеріалів наведені.

Наведено графіки залежності значення глибини проплавлення контакт-деталі залежно від часу горіння дуги для двох контактних матеріалів при різних величинах робочого струму.

Література

1. Лыков А. В. Теория теплопроводности. / А. В. Лыков – М. : ГИТЛ, 1967. – 303 с.
2. ГОСТ 2491-82 (СТ СЭВ 5535-86). Пускатели электромагнитные низковольтные. Общие технические условия. – Введ. 01.01.83. – М. : Изд-во стандартов, 1982. – 22 с.
3. Справочник по электротехническим материалам / Под ред. Ю. В. Корицкого, В. В. Пасынкова, Б. М. Тареева. - Т. 3. - 3-е изд., перераб. - Л. : Энергоатомиздат, 1988. - 728 с.
4. Патент на винахід №93778 від 10.03.2011. / Матеріал для електричних контактів комутаційних апаратів.

ПРОГНОЗУВАННЯ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРОПРИЛАДІВ

**Щепотьєв О.І.¹, к.т.н.; Жильцов А.В.¹, д.т.н;
Васюк В.В.¹, аспірант; Свиродов Д.О.², к.т.н.**

¹Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ, Україна. azhilt@mail.ru

² Санкт-Петербурзький державний технологічний
університет, г. Санкт-Петербург, Росія.

Один з найважливіших видів контролю – допускний, полягає у встановленні співвідношень між значеннями параметру, що контролюється та встановленими певним чином границями (допусками) на його відхилення. Так як вимірювальним пристроям властиві похибки, результати, вимірювань потребують кількісних характеристик, що відображають ступінь довіри до отриманих результатів.

Достовірність результатів контролю – це показник ступеня об’єктивного відображення результатами контролю дійсного технічного стану об’єкта контролю. Вона може бути уявлена у вигляді двох складових частин – методичної достовірності та інструментальної достовірності.

Достовірність контролю (діагностування) визначається наступним чином:

$$D_K = D_M \cdot D_{инстр},$$

де D_M – методична достовірність контролю; $D_{инстр}$ – інструментальна достовірність контролю.

Методична достовірність визначається достовірністю алгоритму і достовірністю метода контролю.

Методична достовірність – складова достовірності контролю, яка визначається мінімальною сукупністю параметрів, які контролюються, методикою контролю та прийнятим сим в ній критеріями оцінки технічного стану об’єкта.

Величина методичної достовірності може бути визначена як відношення кількості інформації Jn_k , яка отримана в результаті обробки n_k ознак об’єкта, до апріорної ентропії об’єкта $H_o(N)$:

$$D_M = \frac{Jn_k}{H_o(N)} = \frac{H_o(N) - \prod_{i \in n_k} p_i \cdot H_o(N)}{H_o(N)}, \quad (1)$$

де $H_o(n_n) = - \prod_{i \in n_k} p_i \cdot \log_2 \prod_{i \in n_k} p_i - (1 - \prod_{i \in n_k} p_i) \log_2 (1 - \prod_{i \in n_k} p_i)$ – ентропія множини n_n ознак об’єкта, які не входять до складу n_n ознак; p_i – ймовірність отримання інформації об об’єкті при обробці інформації по i -ю ознаці; n_n – множина ознак об’єкта, за якими обробка інформації не здійснюється (інформація не відома); N – загальна кількість ознак.

Якщо $n = N$ то $D_M = 1,0$.

Інструментальна достовірність – складова достовірності результатів контролю, яка визначається ймовірнісними властивостями ознак об’єкта, видом алгоритму обробки ознак, точнісними характеристиками засобів вимірювання та ін.

При допусковому контролі «придатним» визначається об’єкт з параметрами, результати вимірювань яких знаходяться в межах заданих допусків, та «непридатним» – об’єкт з параметрами, результати вимірювання яких знаходяться не в межах.

Величина експлуатаційних меж встановлюється інструкцією з експлуатації чи іншими відповідними документами для тих параметрів об’єкта, які контролюються в умовах експлуатації.

Межі – це встановлені досвідом або розрахунком границі для значень параметрів об’єкта, при яких він здатний виконувати задані функції,

зберігаючи свої експлуатаційні показники протягом необхідного часу при визначених умовах. При цьому допускається повна безвідмовність засобів контролю, а можливі результати контролю, обумовлені лише їх точнісними характеристиками і фактичним станом об'єкту контролю.

У результаті здійснення контролю отримуємо або результат, який визначає об'єкт контролю придатним (результат контролю знаходиться в межах встановлених допусків) – випадок, або результат, який визначає об'єкт контролю непридатним (результат контролю знаходиться за межами встановлених допусків) – випадок. У силу властивих вимірювальним пристроям помилок вимірювання отримані результати не можуть розглядатися як абсолютні.

ВІДНОВЛЕННЯ І ЗМІЦНЕННЯ КОНТАКТІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ АПАРАТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

*Коробський В.В. к.т.н., доцент; Щербатов Д.С., магістр
Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ, Україна. kor-vlad-2002@mail.ru*

Для відновлення зношених контакт-деталей застосовуються наступні методи металізації: вакуумний, вибухом, дифузійний, занурення в розплав, планування, електролітичний, газоелектричний та електроіскровий.

Найбільш широке застосування отримали методи електролітичний та електроіскровий для відновлення робочих поверхонь контактів.

Електролітичний метод має ряд істотних переваг:

- рівномірність отриманих покриттів;
- можливість регулювання товщини покриття у порівняно широкому діапазоні;
- незначні втрати осаджуваного металу;
- автоматизація процесу.

Електролітичний метод нанесення покриттів здійснюють при відносно низьких температурах 50-100 °С з товщиною 30 мкм.

Контакти із срібним покриттям нанесеним електролітичним осадженням, відрізняються підвищеною електро- та тепло- провідністю.

Порівняно з металургійним сріблом, срібні покриття володіють значно вищою твердістю, міцністю та електроерозійною стійкістю. Електролітичний спосіб отримання срібних покриттів має ряд істотних недоліків.

Електроіскровий метод нанесення покриття базується на явищі перенесення матеріалу аноду на катод під час протікання імпульсних розрядів у газовому середовищі. Оскільки цей метод більше використовується для отримання зміцнювальних металевих поверхонь шляхом їх легування, його часто називають методом електроіскрового

легування(ЕІЛ). Електричний розряд, що використовується для здійснення ЕІЛ, традиційно називають “іскрою”, розуміючи під цим імпульсний розряд, тривалість якого не перевищує 10 с. Метод ЕІЛ відрізняється рядом суттєвих переваг порівняно з іншими методами:

- характеризується низькими енергоємністю і трудомісткістю процесу;
- забезпечує локальність покриття, що не потребує захисту всієї деталі;
- забезпечує високу міцність зчеплення покриття з основою;
- не потребує нагрівання деталі, що виключає небажану зміну її властивостей;
- можливість широкої автоматизації процесу і застосування композиційних електродів, що дозволяє цілеспрямовано керувати властивостями покриття.

За енергетичними параметрами установки для контактного ЕІЛ умовно розділяють на установки для листового легування (робочий струм $I_p < 10\text{А}$, енергія імпульсу $W = 10^{-2} - 10^{-1}$ Дж), які забезпечують формування поверхневого шару товщиною 0,01 – 0,12 мм при середній висоті мікронерівностей $Rz=2,5 - 80$ мкм, і установки для глибокого легування ($I_p > 10\text{А}$, $W > 10$ Дж), які допускають формування шарів товщиною більше 0,2 мм при $Rz=80$ мкм.

Нами ставилась завдання розробити композиційні металокерамічні електроди на основі срібла, що суттєво дозволить підвищити продуктивність нанесення зовнішнього шару на поверхні контакт-деталей, поліпшити якість покриття і знизити втрати срібла при електроіскровому легуванні.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗВАРЮВАЛЬНОГО ТРАНСФОРМАТОРА

Брагіда М. В, к.т.н., доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України

м. Київ Україна

bragida@nubip.edu.ua

Проведені лабораторні дослідження зварювального трансформатора []. Найбільш важливими є характеристики короткого замикання та регульовальна. Характеристики короткого замикання – це залежності струму в первинній обмотці I_1 від прикладеної напруги U_1 при змінних струмах в обмотці регулювання I_p та короткозамкненій вторинній обмотці.

На рис. 1 приведені графічні залежності $U_1 = f(I_1)$ при розімкненій обмотці регулювання та при максимально допустимому конструкцією значенні струму регулювання. Всі проміжні положення знаходяться у цьому діапазоні..

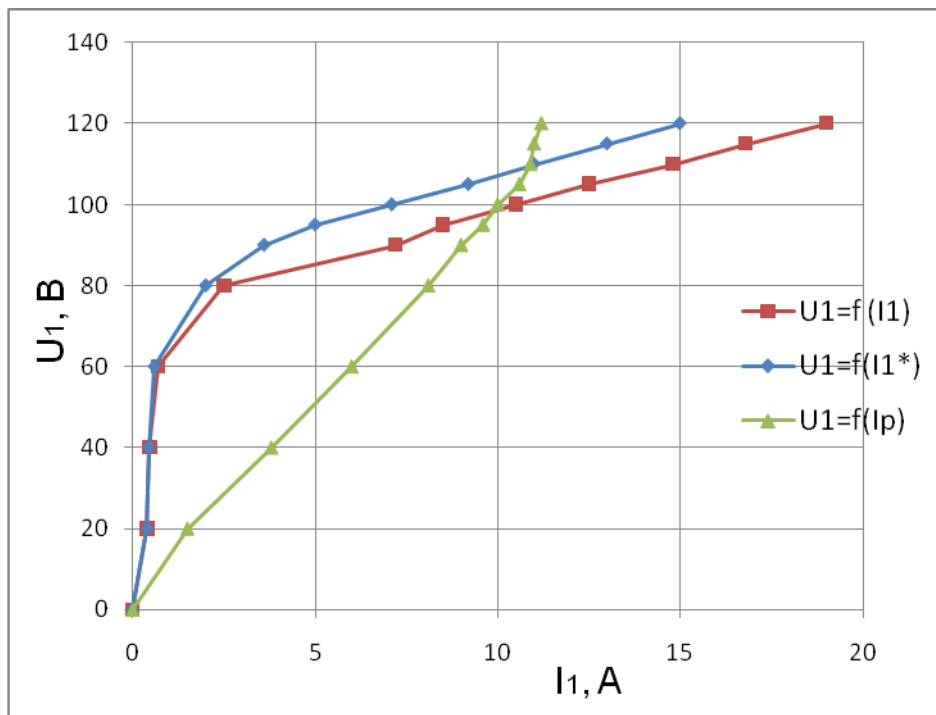


Рис. 1. Залежності $U_1 = f(I_1)$ при розімкненій обмотці регулювання; при максимально допустимому конструкцією значенні струму регулювання $U_1 = f(I_1^*)$ та $U_1 = f(I_p)$.

На рис. 2 приведена графічна залежність струму первинної обмотки I_1 від струму регулювання I_p при постійній напрузі 100 В.

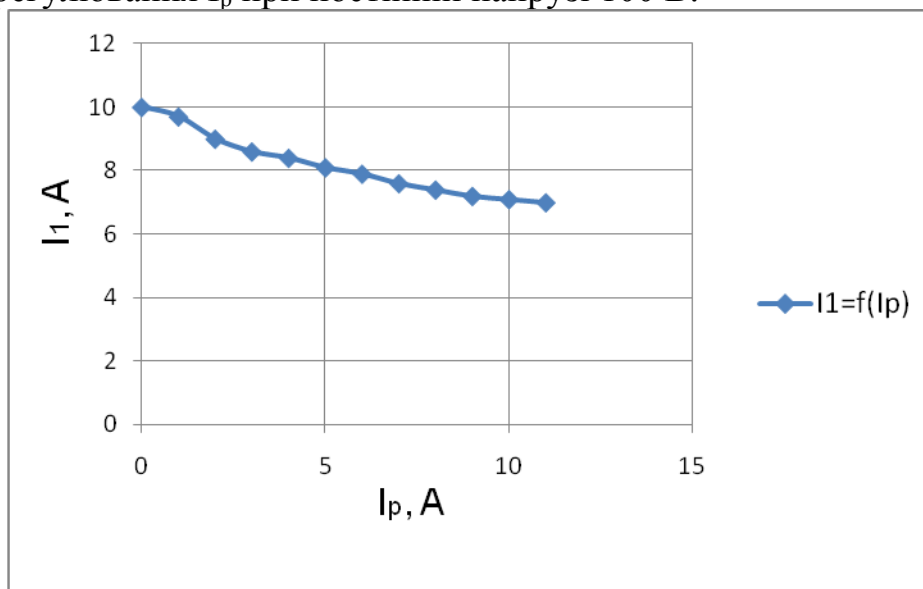


Рис. 2. Залежність струму первинної обмотки I_1 від струму регулювання I_p при постійній напрузі живлення U_1 ; $I_1 = f(I_p)$ при $U_1 = 100$ В.

При такому конструкційному виконанні діапазон регулювання струму зварювання знаходиться в межах (0,86...1) від струму зварювання. Максимальна енергія, яка виділяється при регулюванні не перевищує 400 Вт.

Для збільшення діапазону регулювання необхідно збільшити кількість витків обмотки регулювання та величину струму регулювання, а також вторинну обмотку трансформатора виконати розподіленою.

Література

1. Пат. 72397 України МПК Н 01 F 30/06/ Трансформатор для зварювання /Васьковський Ю. М., Брагіда М. В., Чуєнко Р. М., Брагіда Є. М.; заявник і патентовласник Національний університет біоресурсів і природокористування України. – №201014661; заявл. 06. 12. 10; опубл. 27. 08 12. Бюл. №16.

СЕКЦІЯ 8. ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКА

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ГЕНЕРАЦІЇ 3D-СІТКИ ПРОМИСЛОВОЇ ТЕПЛИЦІ МЕТОДОМ КІНЦЕВИХ ЕЛЕМЕНТІВ В ANSYS MESHING

Троханяк В.І., асистент, Куляк Б.В., аспірант, Решетюк В.М., к.т.н., доцент

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ, Україна. v1kt0r_t@ukr.net*

Питання генерації якісної сітки є ключовим при вирішенні задач обчислювальної гідро-газодинаміки і тепло-масопереносу. Компанія *ANSYS Inc.*, пропонує кілька препроцесорів для генерації сіток. Найбільш універсальним та спрощеним препроцесором на даний момент є *ANSYS Meshing*. Він має простий інтерфейс і доступний у вивченні [1, 3].

Основними критеріями якості елементів для *Fluent* є *Orthogonal Quality* і *Skewness* [2]. Рекомендується використовувати сіткові моделі, для яких мінімальне значення *Orthogonal Quality* $> 0,1$ або максимальне значення *Skewness* «перекіс» $< 0,95$ [4].

Мета роботи. Побудувати 3D-сітку методом кінцевих елементів для CFD моделі промислової теплиці та проаналізувати зони обігріву і вентиляційні потоки у відповідних точках з похибкою не більше 5%.

Результати досліджень. Розрахунок і побудова сітки проводилася в модулі платформи *Workbench* - препроцесорі *ANSYS Meshing*.

Результати розрахунків для промислової теплиці наведено на рисунках 1–2. На рис. 1 зображено побудовану сітку виробничого приміщення промислової теплиці у розрізі, із отворами для припливного повітря та трубами із гарячою водою для опалення. Сітка, в певній мірі, зменшена в місцях розташування отворів та труб, відносно решти площі приміщення. Це зроблено для того щоб покращити розрахунок гідродинаміки та теплообміну.

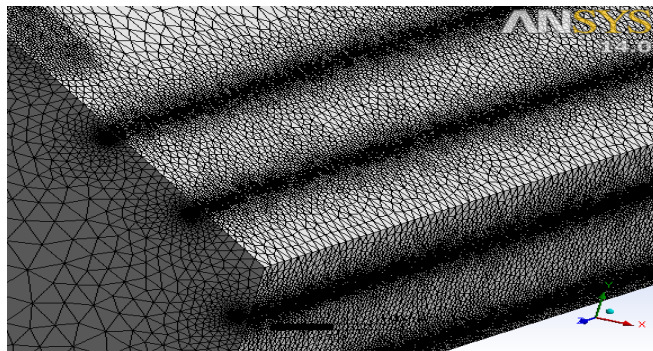


Рис. 1. Загальний вигляд сітки теплиці в розрізі із отворами для припливного повітря та трубами із водяним опаленням.

На рис. 2 наведено розріз труби із гарячою водою у збільшеному масштабі, що дозволяє чітко побачити пограничні шари. Два шари розташовані в середині труби та два зовні. Дані із розрахунку внутрішніх пограничних шарів описують гідродинаміку в середині труби, а дані із зовнішніх пограничних шарів – теплообмін зовні труби.

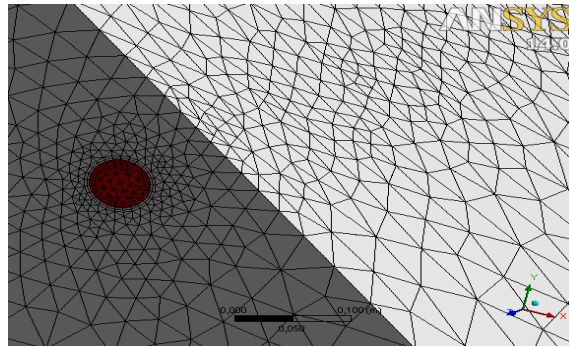


Рис. 2. Сітка теплиці з детальним виглядом труби для опалення із пограничними шарами

Отже, надмірне згущення сітки, дозволяє отримати більш якісні результати гідродинаміки та теплообміну в теплиці, що дає можливість ефективніше оцінити якість та недоліки сітки.

Висновки. За допомогою методу кінцевих елементів побудовано розрахункову 3D-сітку в препроцесорі *ANSYS Meshing* для розв'язку задач гідродинаміки і теплопереносу у відділенні промислової теплиці четвертого покоління “*Venlo*”. Розглянуто особливості побудови сітки для задач гідродинаміки і тепло- масопереносу при вентиляційних потоках в закритому середовищі із регульованим мікрокліматом. В результаті побудови різноманітних сіток для *CFD* моделей, вибрано найбільш якісну, що дає змогу отримати достовірні та точні результати розрахунку вентиляційних і теплових потоків у теплиці.

Література

1. Инженерный анализ в ANSYS Workbench: Учеб. Пособ. / [В. А. Бруйка, В. Г. Фокин, Е. А. Солдусова та ін.]. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2010. – 271 с.: ил.
2. Троханяк В. І. Застосування методу кінцевих елементів при побудові сітки в ANSYS Meshing для CFD моделей / В. І. Троханяк, Ю. О. Богдан. // Вісник приазовського державного технічного університету. – 2015. – №30. – С. 181 – 189.
3. Хитрых Д. Рекомендации по использованию сеточного препроцессора ANSYS Meshing / Денис Хитрых. // ANSYS Advantage. Русская редакция. – 2014. – №20. – С. 34–43.
4. ANSYS Meshing User's Guide. Release 15. ANSYS, Inc. Southpointe 275 Technology Drive Canonsburg, PA 15317, 2013. – 492 p.

СЕКЦІЯ 9.
ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА НАДІЙНІСТЬ АПАРАТІВ І СИСТЕМ
ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ

ОСОБЛИВОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ ПОТЕНЦІАЛУ
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЧЕРЕЗ ЗАПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ
ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ

Горбань В.Б., к.е.н., старший науковий співробітник
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності,
м. Львів, Україна.
vasylina.horban@yandex.ua

В умовах невинного зростання масштабів та обсягів використання традиційних паливно-енергетичних ресурсів актуальним завданням сьогодення є послідовне та системне управління процесами їх виробництва, транспортування та споживання з метою забезпечення комплексної перебудови енергетичного сектору України на засадах сталого енергоефективного розвитку. З цією метою в зарубіжній практиці на об'єктах різних форм власності практикується створення системи енергетичного менеджменту, основною метою функціонування якої вбачається систематичне та цілеспрямоване підвищення рівня енергетичної ефективності при одночасному раціональному використанні усіх наявних ресурсів.

У червні 2016 року Наказом Національного органу стандартизації Державного підприємства «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості» № 125 прийнято національні стандарти України з енергетичного аудиту та енергетичного менеджменту, гармонізовані з міжнародними нормативними документами Європейського Союзу, зокрема:

- ДСТУ ISO 50002:2016 (ISO 50002:2014, IDT) «Енергетичні аудити. Вимоги та настанова щодо їх проведення»;
- ДСТУ ISO 50003:2016 (ISO 50003:2014, IDT) «Системи енергетичного менеджменту. Вимоги до органів, які проводять аудит і сертифікацію систем енергетичного менеджменту»;
- ДСТУ ISO 50004:2016 (ISO 50004:2014, IDT) «Системи енергетичного менеджменту. Настанова щодо впровадження, супровід та поліпшення системи енергетичного менеджменту»;
- ДСТУ ISO 50006:2016 (ISO 50006:2014, IDT) «Системи енергетичного менеджменту. Вимірювання рівня досягнутої/досяжної енергоефективності з використанням базових рівнів енергоспоживання та показників енергоефективності. Загальні положення та настанова»;

• ДСТУ ISO 50015:2016 (ISO 50015:2014, IDT) «Системи енергетичного менеджменту. Вимірювання та верифікація рівня досягнутої/досяжної енергоефективності організацій. Загальні принципи та настанова» [1].

Усі зазначені ДСТУ набули чинності з 01 вересня 2016 року і мають сформувати необхідне підґрунтя для розбудови систем енергоменеджменту та енергетичного аудиту в Україні на різних рівнях управління.

Слід зауважити, що завдяки впровадженню системи енергетичного менеджменту можна досягти близько 10% зменшення базового рівня енергоспоживання, що, своєю чергою, позитивним чином вплине на скорочення обсягів викидів вуглекислого газу [2]. Проте ефективне функціонування системи енергоменеджменту неможливе без належного обліку. В той же час ситуація, яка на сьогодні склалася з комерційним обліком паливно-енергетичних ресурсів в Україні, залишає бажати кращого. Так, згідно із даними Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України рівень оснащення приладами обліку теплової енергії станом на 30.06.2016р. складав лише 59,17%; по холодному водопостачанню – 34,5%; по гарячому водопостачанню – 27,3% [1]. Таким чином, забезпечення комерційного обліку рівня енергоспоживання залишається пріоритетним завданням сьогодення, оскільки його відсутність не лише унеможливорює ефективне функціонування системи енергетичного менеджменту та енергетичного моніторингу, але й не дозволяє коректно здійснювати оцінювання результативності державних, регіональних та місцевих програм в енергетичному секторі.

Імплементация системи енергетичного менеджменту в сучасних умовах стрімкого підвищення цін на паливно-енергетичні ресурси дозволяє ідентифікувати резерви до енергозбереження шляхом активізування складових потенціалу енергоефективності. Це, своєю чергою, дозволяє окреслити стратегічні можливості стійкого розвитку регіонів, міст і окремих господарюючих суб'єктів через інструменти та механізми довгострокового енергетичного планування та прогнозування, беручи за основу реальні й достовірні показники. Ефективна розбудова системи енергетичного менеджменту дозволить забезпечити покращання якості використання ресурсного потенціалу як в енергетичній сфері, так і в економічній сфері, адже завдяки їй створюється аналітичний інструмент, що дозволяє ідентифікувати проектні заходи з енергозбереження, які є менш капіталоемними та найбільш ефективними для забезпечення сталого розвитку.

Література

1. Офіційний сайт Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://minregion.gov.ua/>.

2. Горбань В. Б. Особливості впровадження муніципальних систем енергетичного менеджменту в Україні. / В. Б. Горбань // Сучасний стан та проблеми розвитку статистики, обліку та аудиту в умовах глобалізації та енергозбереження: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, 6 – 7 квітня 2016 р. – м. Дніпропетровськ, 2016. – Том 5. – С. 39 – 43.

К ВОПРОСУ МОНИТОРИНГА ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ КРАНОВ

Неженцев А.Б., к.т.н., доцент

*Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт» им. И. Сикорского
г. Киев, Украина.
nezhentsev@meta.ua*

Грузоподъемные краны по сравнению с другим оборудованием имеют низкий к.п.д. и являются наименее эффективными по энергопотреблению машинами. Высокое потребление энергии большинством эксплуатируемых кранов, обусловлено как устаревшими системами управления приводами, неоптимальными режимами работы механизмов, так и неудовлетворительным их техническим состоянием. В первую очередь это касается более 80% кранов, отработавших нормативный срок и эксплуатируемых в настоящее время.

В Украине и странах ближнего зарубежья мониторинг энергопотребления грузоподъемных кранов практически не используется. Вместе с тем, например, для автомобилей, авиационной техники и др. транспортных средств мониторинг потребляемого топлива успешно применяется и является мощным инструментом для оценки и повышения энергоэффективности машин.

Даже на современных зарубежных предприятиях, где применяется энергетический менеджмент, до недавнего времени детальное управление рациональным энергопотреблением, как правило, не касалось отдельных кранов, а рассматривалось предприятие в целом и выделялись определенные технологические процессы (производства, линии). Контроль показателей энергопотребления отдельного оборудования производился эпизодически. В последнее время применяется непрерывный контроль потребления энергии конечными потребителями с оперативным реагированием при ухудшении энергоэффективности. При этом рассматриваются не только характеристики привода, его загрузка и энергетические показатели в данный момент времени, но и осуществляется оценка его экономичности за весь срок службы. Однако это касается, как правило, приводов, установленных в вентиляторах, компрессорах, насосах и т.п. Для кранов указанный подход не применялся.

Отметим, что главным приоритетом при эксплуатации кранов является безопасность функционирования их металлоконструкций, механизмов и электрооборудования. Для предотвращения аварий существует многоуровневая система государственных органов технического надзора, которые осуществляют контроль в течение всего их жизненного цикла от регистрации до вывода из эксплуатации. Важнейшим звеном в системе безопасной эксплуатации кранов является обязательное проведение их технических освидетельствований и экспертных обследований для диагностики технического состояния кранов, которые должны быть исправными, соответствовать нормативным документам и обеспечивать безопасную эксплуатацию.

Вместе с тем, в настоящий период необходима более полная и точная оценка технического состояния кранов с учетом их энергопотребления, характера и степени влияния диагностируемых параметров на потери энергии. В связи с этим предлагается усовершенствовать нормативную методику технических освидетельствований и экспертных обследований путем дополнения ее системой мониторинга энергопотребления кранов. Таким образом, одновременно с регулярным проведением полного или частичного технического освидетельствования по результатам мониторинга целесообразно проводить энергетический аудит грузоподъемных кранов.

Автором разработана система мониторинга энергопотребления грузоподъемных кранов с учетом нормативных требований безопасной эксплуатации. Система мониторинга базируется на установленной нами функциональной связи между изменениями потерь энергии при эксплуатации грузоподъемных кранов и их техническим состоянием. Действительно, в процессе эксплуатации кранов изменяются: состояние подкрановых путей, реборд и ободов ходовых колес, тормозных накладок, тормозных шкивов, канатных блоков, барабанов, подшипников и др. узлов в крановых механизмах, сопротивление изоляции и состояние обмоток электродвигателей и релейно-контакторной аппаратуры, катушек электромагнитных толкателей, вязкость рабочей жидкости в электрогидротолкателях и редукторах и т.д. Вследствие этого в процессе эксплуатации изменяются также потери энергии.

С целью оптимизации энергетических показателей крановых электроприводов и динамических нагрузок, разработаны математические модели кранов, которые учитывают переходные процессы в крановых электроприводах, колебания металлоконструкции, раскачивание груза и представляют собой совокупность нелинейных интегро-дифференциальных уравнений. Для решения последних разработан пакет прикладных программ, использующий численные методы и реализующий различные процессы разгона и торможения механизмов передвижения кранов, подъема и опускания грузов.

Анализ результатов проведенных исследований позволил установить степень влияния различных факторов на потери энергии в механизмах подъема и передвижения кранов. Функциональная связь между потерями энергии и параметрами, которые характеризуют техническое состояние кранов, установлена с помощью теории планирования эксперимента. На основе многофакторного анализа определены пути снижения потерь энергии кранов. Разработана концепция создания средств контроля энергопотребления, потерь энергии и других параметров грузоподъемных кранов. Для удобства накопления, обработки и анализа результатов мониторинга грузоподъемных кранов, а также справочно-статистической информации разработан автоматизированный программный комплекс.

ЭНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ЗДАНИЙ ИСТОРИЧЕСКОЙ ЗАСТРОЙКИ ОДЕССЫ

Постернак И.М.¹, к.т.н., доцент; Постернак С.А.², к.т.н., доцент
¹Одесская государственная академия строительства и архитектуры,
²ЧП «Композит», г. Одеса, Украина.
posternak.i@gmail.com

Мировая практика показывает, что повышение энергоэффективности достигается большей частью за счет организационных изменений в системе управления энергохозяйством предприятия или города. Внедрив систему энергоменеджмента можно без больших финансовых потерь достигнуть значительной экономии энергии в 3...5% за 1...2 года. Энергоменеджмент включает в себя набор мероприятий, нацеленных на экономию энергетических ресурсов: мониторинг энергопотребления, разработку энергетических бюджетов, анализ существующих показателей как основы составления новых бюджетов, разработку энергетической политики, планирование новых энергосберегающих мероприятий и т.д. Энергетическая эффективность здания – свойство здания, его конструктивных элементов и инженерного оборудования обеспечивать в течение ожидаемого жизненного цикла этого здания бытовые потребности человека и оптимальные микроклиматические условия для его пребывания в помещениях такого здания при нормативно-допустимых (оптимальных) затратах энергетических ресурсов на отопление, освещение, вентиляцию, кондиционирование воздуха, нагрев воды с учетом климатических условий [1].

Как можно повысить энергоэффективность в домах старой застройки? В принципе, существует два различных подхода. Первый из них заключается в том, что свести потери тепловой энергии к минимуму, точнее говоря к технико-экономическому оптимуму за счет использования теплоизоляции. Второй метод заключается в применении энергетических установок,

использующих солнечную энергию за счет технологического дооснащения ограждающих элементов здания. Оба эти подхода не являются взаимоисключающими. Так же для достижения энергетического баланса можно использовать творческий подход, например, для добычи солнечной энергии можно задействовать все доступные возможности.

На практике суммарный объем всех предпринятых мероприятий определяется по результирующему расходу энергии, получаемой от сжигания полезных ископаемых. Повышенные энергетические потери в одной части здания при определенных обстоятельствах можно компенсировать энергией, полученной из альтернативных источников. В этом отношении возможно сбалансированное рассмотрение вопроса, в зависимости от конкретных обстоятельств, приводящих к определенным рамочным предпосылкам, которые в первую очередь определяются состоянием и ценностью каждого из архитектурно-конструктивных элементов зданий исторической застройки Одессы.

Для разработки вариантов снижения энергопотребления зданий, необходимо описать как энергетические, так и строительно-технические характеристики каждого архитектурно-конструктивного элемента:

- Какие объемы энергии каждый конкретный архитектурно-конструктивный элемент здания исторической застройки теряет или наоборот, дополнительно производит на основании таких характеристик, как сопротивление теплопередачи, ориентация по сторонам света.

- Какая площадь от каждой поверхности доступна для использования под получение энергии из возобновляемых источников? Какова длина конструктивных подключений которую необходимо предусмотреть?

- В каком состоянии находится архитектурно-конструктивный элемент здания исторической застройки, каково его техническое состояние и насколько высоко оценивается срок его службы? Какие существуют аспекты, имеющие приоритет перед остальными и говорящие в пользу сохранения данного элемента (например, закон об охране культурного наследия)?

- Какого улучшения можно добиться благодаря тому или иному мероприятию? Насколько высоки инвестиционные затраты на это?

- Какие существуют компенсационные возможности и в чем они заключаются? Иными словами, не будет ли рациональнее оставить элемент здания, плохо поддающийся модернизации (например, внешнюю стену, которую сложно снабдить теплоизоляцией), «как есть», а вместо этого в качестве компенсации модернизировать другой элемент – например, крышу или окна, сделав это на максимально высоком техническом уровне.

В качестве одной из перспективных форм интеграции выступают в градостроительной структуре различные комплексы. В процессе формирования планов развития крупных городов все чаще складывается ситуация, когда для повышения эффективности используемых финансовых,

материальных и трудовых ресурсов нужна не просто концентрация усилий, но и новые прогрессивные формы организации строительного производства [2]. Нами предлагается создать корпоративные комплексы, имеющие различные масштабы, цели, структуру (в градостроительной реконструкции – Корпоративные научно-технические комплексы градостроительной энергореконструкции "КНТК ГЭРек").

Литература

1. Ассоциация энергоаудиторов. – Режим доступа: <http://aea.org.ua/ru/energy-management/>

2. Постернак И. М. Организационная структура «КНТК ГЭРек» для реконструкции зданий исторической застройки Одессы по стандартам энергоэффективности. / И. М. Постернак, С. А. Постернак // Тези доповідей XIII міжнародної конференції «Управління проектами у розвитку суспільства». м. Київ 13-14 травня 2016 р. – К. : КНУБА, 2016. – С. 201 - 203.

ЕЛЕКТРИЧНА ЗНОСОСТІЙКІСТЬ ЯК ФАКТОР ЕФЕКТИВНОЇ РОБОТИ ТРАНСФОРМАТОРА

Мархонь М.В., асистент

*Національний університет біоресурсів і природокористування,
м. Київ, Україна*

На частоту обслуговування пристроїв регулювання напруги силових трансформаторів під навантаженням (пристрій РПН) під час експлуатації в основному впливає електрична зносостійкість контактів його контактора, яка в свою чергу залежить від матеріалу контактів.

У процесі досліджень проведено порівняння електричної зносостійкості контактів різних виробників в умовах експлуатації пристроїв РПН.

Досліджено контакти наступних виробників:

- НВП "Технологія" м. Кинешма на основі міді – вольфрамової композиції КМК-Б4Ж;
- ПІМ НАН України, м. Київ на основі міді – вольфрамової композиції КМК-Б45;
- НВП "Геконт", м. Вінниця на основі вольфраму – молібденової композиції МДК.

Література

1. Белкин Г. С. Адаптивные методы определения коммутационных характеристик выключателей. / Г. С. Белкин // Электротехника, 2003. – №11. – С. 12 – 18.

2. Хольм Р. Электрические контакты / Р. Хольм. – М. : Изд-во иностр. лит., 1961. – 464 с.

3. Гамазин, С. И. Справочник по энергоснабжению и электрооборудованию промышленных предприятий и общественных зданий. / С. И. Гамазин, Б. И. Кудрин, С. А. Цырук. – М. : Московский энергетический институт, 2010. – 748 с.

СЕКЦІЯ 10.
ІСТОРІЯ ТА ФІЛОСОФІЯ НАУКИ І ТЕХНІКИ. МЕТОДОЛОГІЯ
ВИЩОЇ ТЕХНІЧНОЇ ОСВІТИ

СУТНІСТЬ ТА ПРОБЛЕМИ МЕТОДОЛОГІЇ
СИСТЕМНОГО НАВЧАННЯ

Кіндер М.В., к.т.н., доцент

Полтавська державна аграрна академія

м. Полтава, Україна

mk707@mail.ua

Мотивація системного навчання. Древні мислителі вважали: ціле – більше від своїх частин. Евклід, Платон, Галілей, пізніше Ньютон, Кант, Гегель мали переконання в природній системності пізнання. Наука – не агрегат, а система, в якій ціле, що являє собою чіткий взаємозв'язок відповідних знань значно важливіше частин – роз'яснював І. Кант. А чого варте висловлювання більш як 5000р. до н. е. великого Лао – Цзи: «Когда человек разъял мир на части, он перестал понимать действие законов не только божественных, но и человеческих».

Проблема цілісності знань виникла, як тільки знання, узагальнені філософією, стали виділятися з неї в самостійні галузі наук. Диференціація наук обумовила перехід до окремого викладання навчальних дисциплін. В процесі дроблення між знаннями порушився природній зв'язок, який існує між предметами і явищами реального світу. З часом це порушення і призвело до проблеми цілісності знань [3].

З метою її подолання поступово створювалась ціла група системних наук:

системний аналіз (СА), загальна теорія систем (ЗТС), теорія управління(ТУ), пізніше – синергетика, які базуються на системнім підході (СП) як найбільш ефективнім методі дослідження і вирішення складних соціальних проблем [1]. В технічних системах принцип цілісності закладений уже в їх теоріях (трактора, автомобіля, двигуна, с-г машин та ін.). Область застосування СП – клас слабо структурованих систем з кількісними і якісними показниками, саме виробничих і навчальних.

Передумова розвитку. Освіта у вирішальній мірі впливає на розвиток всіх складових і суспільства в цілому, вона – першопричина і передумова розвитку. «Засобом розвитку країни є не економіка, політичне керівництво, ринок, приватна власність чи ще щось, а насамперед, нова якість навчання» [4].

І дійсно, для забезпечення тієї ж економіки, як і всього іншого, потрібні певні способи, методи, які є прерогативою методології – вчення про методи

пізнання і перетворення дійсності.. Сам рівень пізнання визначається методами його досягнення (Юдін Є.Г.). Перші (описові) етапи пізнання потребують простих емпіричних і частину теоретичних методів. Вищі ж їх рівні – усвідомлення цілісної картини об'єкту і механізмів його забезпечення потребують складних (системних) методів. Освіта пододала перші етапи і зупинилась перед необхідністю застосування складних, – для освоєння вищих рівнів пізнання. От в чому полягає визначальна роль освіти, її методології і системного навчання, від якого – і рівень економіки. і політичного керівництва як і всього іншого.

Прецедент методів і некомпетентності. В основі навчання метод аналізу – розчленування навчального процесу як цілого на окремі складові (дисципліни); принципи послідовності, незалежності, статичності. Результат – фрагменти, сума знань.

В основі виробництва – метод синтезу – поєднання окремих частин в єдине ціле; принципи одночасності, динамічності, єдності, а отже, системності. Той же процес сівби можливий лише за умов зв'язків і взаємодії трактора, сівалки, ПММ, насіння, операторів, поля, технології і всього ін.

Таким чином, системне по своїй природі і суті виробництво, забезпечується не системними методами навчання. Наслідок такого красномовно засвідчує факт: «Поки – що наша ВШ продовжує готувати спеціалістів – предметників, тому ми жили і живемо в обстановці некомпетентних рішень і все це приймає характер національного лиха. У результаті економічних «реформ» Росія втратила в 14 разів більше, ніж за всю ВВВ 1941 – 1945 рр., а Україна – 400 млрд. доларів [5]. – То якої ж суми ці втрати сягнули на сьогодні, адже в освіті – без змін!

Звідси і необхідність нової стратегії освіти: від предметного до системного навчання, від суми – до системи знань. Цю стратегію і забезпечує ЗТС [1].

Глосарій: засіб для ліквідації не системності.

Ліквідація несистемності (лікнес) – процес невідкладного і всеосяжного вивчення та запровадження в практичну діяльність і мислення людини наукових основ системності як всезагальної властивості і форми існування матерії.

Головний критерій освіченості – системність знань і системність мислення, які дають спроможність людині самостійно доповнювати ланки, яких не вистачає в системі знань.

Пізнання – поєднання методів аналізу (розчленування цілого) і синтезу (поєднання в ціле). Синтез в традиційній освіті недостатній через відсутність системного підходу. Острівки синтезу: тренінг, ККР, курсові, Н – В та ДП.

Рівень пізнання – визначається методами його досягнення. Вищий – потребує методів системних наук.

Системний підхід (СП) – напрямок в методології, який розглядає об'єкти як системи. Є найбільш ефективним в дослідженні і вирішенні проблем.

Система – набір цілеспрямовано взаємодіючих елементів. Всі ми – в оточенні систем і весь Світ – найбільша система, відома нам.

Ознаки системи – наявність елементів, зв'язків між ними, цілі, заради якої створюється система та чітко вираженого управління.

Ціль – основний системо утворюючий фактор. При наявності цілі елементи об'єднуються в систему і діють для її досягнення. Якщо ж немає цілі, то і теоретично система утворитись не в змозі, – навіщо?

Системний аналіз (СА) – прикладна дисципліна для реалізації СП і теорії систем – для аналізу соціальних систем та проблем управління. Аналіз освіти з позицій системності розкриває її недостатність.

Загальна теорія систем (ЗТС) – узагальнено описує системи та розробляє специфічні методи їх аналізу. Не підмінюючи спеціальних системних теорій, вона виступає загальною методологічною базою кожної з них. Потреба її знань – обов'язкова для кожного фахівця.

Теорія управління (ТУ) – наука про принципи і методи управління системами. Її сутність – побудувати таку модель, яка дозволить отримати алгоритм управління для досягнення системою заданої цілі. Як і системні науки, ТУ в методах навчання не задіяна.

Адаптація – здатність системи в процесі функціонування за рахунок зворотних зв'язків (ЗЗ) вносити корективи в управлінські рішення і покращувати свої параметри. В навчанні дія ЗЗ призупиняється оцінкою знань.

Наведеним вище системним поняттям сутність навчання не відповідає. І вже є пояснення: чому?

Хто править бал? Згідно ЗТС, ціль будь-якій системі задається ззовні, іншою системою. В освіті формально так і є: суспільство (виробництво) – замовник, освіта – виконавець, готує фахівців. Проте, визначальні функції – задачі, цілі і контроль якості навчання освіта формує односторонньо і монополює: сама – собі. Замовник практично відсторонений і самоусунувся від належних йому функцій. Саме тому освіта, на шкоду якості, не перевантажує себе складнощами системного навчання. Прецедент невідповідності методів навчання і виробництва (аналізу і синтезу) – продовжується. Тому навчання не цільове, потреб виробництва – не забезпечує. Результат – фактичний рівень того ж аграрного виробництва далекий від потенційних можливостей. Середня урожайність пшениці не 7, а 3,5 т/га. Тому без нової якості навчання в сучаснім матеріальному виробництві аж ніяк не обійтись. В той час, як системні науки в явно обмеженому обсязі вивчають лише окремі провідні ВНЗ управлінського спрямування. А стосовно балу, так ним має правити в підлеглий йому галузі замовник, – і аж ніяк не виконавець замовлення. Доречний вислів Л.М. Гриневич: «Суспільство, як замовник, в праві вимагати від освіти якісних знань ...».

Процес навчання idem процес управління. Навчання – процес, а тому він має бути цілеспрямованим, а отже, керованим. В освіті ж має місце лише адміністративно – організаційне управління галузі і навчальних закладів (Закон «Про ВО»), і аж ніяк не управління процесом навчання. Викладач – не орган, студент – не об'єкт управління. Керуючий вплив...(?). Вихідні параметри (обсяг і якість знань) – вельми скромні і штучно завищені (прихований брак). Зворотний зв'язок (оцінки знань) – має місце, але до адаптації процесу цільовій функції навчання справа не діходить – відсутня сама управлінська складова. Тому залишається і досі не задіяним потужний апарат ТУ з можливістю адаптації, в т. ч. до збурених, некерованих впливів, які в освіті сягнули загрозливих масштабів. В природі пустоти не буває, тому керуючий вплив все більше заміщається збуреним, не керованим.

Як піднести показник ефективності управління виробництвом, коли саме навчання позбавлене як цього показника, так і управління ним.

Системний підхід і Світові рекорди. Важко уявити фактичний показник, який би перевищував теоретично можливий. Теоретична потужність двигуна, швидкість авто, урожайність культур, пропускна здатність комбайна і т. п. – завжди перевищує фактичну. Те ж саме – з методами. Прості – для початкових рівнів пізнання, складні, такі як СП, СА – для вищих. А від рівня пізнання (знання) – і кінцеві результати. Освіта опанувала початкові рівні і методи пізнання і зупинилась перед системними...

А от практика – пішла далі. В обхід вітчизняної освіти агрокультурне підприємство «Агро–Союз» з початку свого заснування взяло курс на СП в рослинництві, а згодом – і в інших галузях. В результаті – перші місця по СНД по виробничих показниках, в т. ч. Світові рекорди по площі посіву одним агрегатом за добу: 1. Ярий ячмінь з добривами – 571,9 га (24.04.2003). 2. Гібридний соняшник – 667,2га (17.05.2005.). 3. Кукурудза – 740 га (21. 05. 2005). 4. Озима пшениця – 624,6 га (11.10.2005). Не всі рекорди «Агро–Союзу» по сівбі, але всі – його агрегатами «Horsch – Агро – Союз», створеними і використаними з урахуванням всіх факторів впливу, тобто, з позицій СП. Тому і результати – не забарилися.

Тепер підприємство переживає не кращі часи, бо з позицій системності не можна покращити частину при недоліках цілого.

«Дармовий» ефект цілісності. Природне прагнення усього суцього до цілісності цілком виправдане. Властивості цілого (системи) незвідні до властивостей його елементів, – вони вищі. Ефект цілісності (емерджентності – «ні з чого») виникає лише за рахунок зв'язків між елементами системи. Дійсно, не порівняти властивостей ручки, окуляра, автомобіля, – цілих і розібраних. Те ж саме – якості традиційного і системного навчання та їх результатів, – суми і системи знань. Але таке просте розуміння відразу втрачається стосовно соціальних систем, в котрих задіяна людина. Якщо важливість зв'язків у матеріальних складових для виробничих систем

очевидна, то відносно технологічних, організаційних і управлінських – вона майже непомітна. Не випадково має місце проблема НОУЗВ – наукового і організаційно – управлінського забезпечення виробництва.

Стосовно ж освіти, то оцінка цілісності процесу навчання, як і її ефекту відсутня. Навчання через недостатність зв'язків «їде» як авто без колеса. Бо поведінка системи в більшій мірі обумовлена не так особливостями її елементів, як зв'язками між ними. В авто – між приводом і дорогою, в навчанні – між предметами, теорією і практикою виробництва. Важливіше не який МТА чи поле, а як він використовується; не який підручник чи предмет, а як він читається чи вивчається.

Алгоритм системного навчання. «Система, як специфічний спосіб організації знань, спеціально розрахована на найбільш ефективне використання знань для цілеспрямованої дії з реальністю. Система є форма представлення предмету наукового пізнання. І в цьому розумінні вона є фундаментальною і універсальною категорією». (С.В. Ємельянов, Е.Л. Наппельбаум). – Це вже роль системи в навчанні прямим текстом. Але який, хоча б один, освітній канон таке декларує?!

Класик системного руху Р. Акофф постійно підкреслював, що розвиток є результатом навчання, і що системне мислення і системна практика надають можливість нам самим проектувати своє бажане майбутнє.

Першим кроком до системного навчання є потреба оптимального розподілу навчального процесу на дисципліни. «Критерієм вибору найбільш адекватного розчленування об'єкта, що вивчається, може служити те, наскільки в результаті вдається побудувати «одиницю» аналізу, яка дозволяє фіксувати цілісні властивості об'єкта, його структуру і динаміку.» (СП / Новая ФЭ). Традиційний поділ на дисципліни таким критерієм, зрозуміло, не оперує. А зростання їх кількості аж ніяк не сприяє підвищенню цілісності знань.

Сам алгоритм полягає в наступному. Виходячи з поняття системи, як набору цілеспрямовано взаємодіючих елементів, визначаються її ознаки: наявність елементів, зв'язків, цілі і управління для її досягнення. Управління притаманне лише системним об'єктам. Наявність ознак свідчитиме, що навчання саме таке [2,3].

Описати процес навчання по наведеній схемі означає: А – перевести його в системне русло; Б – удосконалити методологію навчання; В – забезпечити практичну можливість системного навчання по всьому комплексу дисциплін, а отже, по навчальному процесу в цілому; Г – здійснити якісний перехід від традиційної суми до системи знань з принципово вищим рівнем їх змісту і якості.

Елемент творчості в розробці основних розділів дисципліни – ідентифікація залежностей і зв'язків між темами, розділами, видами занять, теоретичними і практичними питаннями, іншими дисциплінами, процесами і задачами

реального виробництва. Цільовий аналіз виявляє «зайві» для потреб науки, виробництва і суспільства теми, ті, з якими важко виявити і налагодити зв'язки. На цій основі відбувається оновлення і збагачення навчальних дисциплін, перехід від забезпечення до управління навчанням як процесом. При цьому підводиться наукова основа методології двох складових: системної (СП) і управлінської (ТУ), загалом СПТУ, як основи для обґрунтування теорії освіти і навчання.

Голоси волаючих – синонім важливих тверджень учених, яких еліта суспільства на данім етапі не враховує.

-«Наші успіхи пов'язані з тим, наскільки системно підходимо ми до вирішення складних проблем, а наші невдачі – з відступом від системності» [5].

-«Чому ми бідні, якщо такі освічені?» (Кремень В. Г., «Дзеркало тижня. Україна»). – Одна назва статті зумовлює прискіпливу увагу до освіти.

- Медицина спроможна вирішити одвічну мрію людства – перейти від лікування до попередження захворювань. Для цього слід вивчати не лише органи людини, а й їх системи. Адже спочатку порушується функція системи, яку можна завчасно виявити, і лише після цього виникає захворювання якогось органу [1]. Якщо СП здатний піднести на новий рівень медицину, то хіба продовольче забезпечення не впливає на здоров'я нації?

-«В основі системного підходу до теорії навчання лежить кібернетичне поняття системи» (Булах І.Є. та ін.). – Істина в останній інстанції. Залишилось всього нічого, – пов'язати та ввести в освіту означений дослідниками трикутник: СП, ТУ і теорію навчання.

-«Рациональна наука спрощує світ. Вона може досягти що-небудь, лише розклавши єдине ціле на частини і вивчивши їх окремо (як в освіті –М.К.). І вчені розірвали світ на тисячі суверенних наук... Це призвело до того, що вчені перестали бачити світ в його цілісності, в його об'ємі.» (В. і Т. Тихоплав, 2014 р.). І це коли критерій найбільш адекватного розподілу навчальних дисциплін уже віднайдений і досі не використаний.

-А ось наслідки діяльності вузьких спеціалістів: «Его надо назвать учёным неучом... Их варварство – непосредственная причина деградации знаний и самого общества» (Ортега – Гасет).

-«Специалист – человек, натренированный не понимать ничего, что выходит за пределы его специальности» (Бернард Шоу). Агроном, інженер, економіст, – якщо не будуть «виходити», то де взятись зв'язкам, як основи для високих результатів виробництва?!

-А ось вже зав'язка, спільний знаменник, першопричина всього – стан освіти, суспільства, країни, життя людей, криза і навіть... війна: «Криза освіти провокує негативні тенденції в розвитку суспільства і житті людей. Для кризи характерне явище: ...стан суспільства, для якого типовим є байдуже усунення від питань, які є ... вирішальними» [4].

Дійсно, хіба СП – не вирішальна задача для навчання і чи не факт – байдуже усунення від нього в умовах теперішнього стану країни?! – Права автор, як і її рецепт на покращення, коли освіта буде «не однобока, системна і найбільш комплексна». (Там же).

Цитати можна подовжити, але й наведена одностайність переконань цілком достатня для усвідомлення того, що, незважаючи на всі втрати суспільства, спровоковані, передусім, нашим рівнем освіченості традиційним навчанням, головний критерій якої – система знань і системне мислення (госларій), системний підхід і понині залишається на узбіччі освіти.

Література

1. Гайдес М. А. Общая теория систем (Системы и системный анализ) – изд. 2-е исправл. / М. А. Гайдес – Винница: Глобус – прогресс, 2005. – 203 с.
2. Кіндер М. В. Методологія навчання і виробництва: прецедент невідповідності. / М. В. Кіндер, В. М. Сакало // Матеріали Міжнародної науково – практичної конференції молодих учених, студентів, аспірантів, 5 – 6 листопада 2014. – Х. : ХНАУ, 2014. – С.218 – 222.
3. Кіндер М. В. Мотивація сходження до системного навчання. / М. В. Кіндер // Збірник науково – практичної конференції професорсько – викладацького складу ПДАА за підсумками НДР в 2015 році (м. Полтава, 18 – 19 травня 2016 року). – Полтава: РВВ ПДАА, 2016. – С. 111 – 117.
4. Косова Б. Кризис образования и задача университетов и общественных наук / Б. Косова // Вища освіта України, 2012, №3, с. 16-23, №4, с. 25 - 30. (Часопис).
5. Лесечко М. Д. Основи системного підходу: навч. посіб. [для студ. вищ. навч.закл.] / М. Д. Лесечко – Львів: ЛРІДУ УАДУ, 2002. – 300 с.(Теорія, методологія, практика).

САМОСТІЙНА РОБОТА ЯК ЧАСТИНА НАВЧАЛЬНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ СТУДЕНТА

Нестерчук Д.М., к.т.н., доцент

Таврійський державний агротехнологічний університет,

м. Мелітополь, Україна.

dina-nesterchuk@mail.ru

Основне завдання вищої освіти полягає у формуванні творчої особистості фахівця, здатного до саморозвитку, самоосвіти та інноваційної діяльності. Самостійна робота студентів (СРС) є не просто важливою формою освітнього процесу, а повинна стати його основою. Організація СРС передбачає реалізацію методологічних підходів, а саме, диференційний підхід, який дозволяє розширити доступність навчання, при цьому відбувається поліпшення якості навчання, впроваджується інноваційні технології, використовуються додаткові освітні ресурси, що призводить до посилення ролі СРС, а також системний підхід, який характеризує активне використання інформаційних технологій як ефективних методів, що забезпечують не тільки системність, а й структурно-функціональний зв'язок

навчального матеріалу. Інноваційні освітні технології спрямовані на те, щоб підвищити інтерес до навчання, привчити студента працювати самостійно, бути компетентним та мобільним, адаптуватися до вимог сучасного суспільства [1]. Найсильніший фактор мотивації СРС – підготовка до подальшої ефективної професійної діяльності. Аналіз літературних джерел [2,3] виявив чинники, що сприяють активізації СРС, а саме: корисність роботи, що виконується; участь студентів у творчій діяльності під керівництвом викладача; участь в предметних олімпіадах та конкурсах студентських науково-дослідних робіт; використання факторів контролю знань; заохочення студентів за успіхи у навчанні та творчої діяльності; індивідуалізація завдань, що виконуються як в аудиторії, так і поза її, постійне їх оновлення; особистість викладача, так як викладач повинен бути прикладом для студента як професіонал, так і як творча особистість, так як викладач може і повинен допомогти студенту розкрити свій творчий потенціал, визначити перспективи свого внутрішнього зростання. Важливу роль відіграє методичне забезпечення СРС - тестові завдання, пакети тематичних контрольних завдань, питання та завдання для самоконтролю. Організацію СРС здійснюють як викладачі дисциплін, так й самі студенти, які вивчають дисципліни.

Таким чином, головним завданням організації СРС є використання традиційних та інноваційних форм і методів навчання, які б, доповнюючи один одного, становили єдину систему, яку можна адаптувати до особливостей навчального процесу в ВНЗ з метою оптимізації навчання та підготовки висококваліфікованих фахівців [4].

В Таврійському державному агротехнологічному університеті функціонує Навчально-інформаційний портал (НІП), на якому викладачами методично спланована, організована та контрольована СРС дозволяє досягти високих результатів навчання та сприяє отриманню якісних професійних знань, вмінь та навичок. На кафедрі «Електротехніка і електромеханіка» університету впроваджена система організації навчальної діяльності студента, яка складається з осмислення та формування змісту дисципліни; з підготовки джерел знань для студента; з лекційного викладання програмного матеріалу; з самостійної пізнавальної аудиторної роботи; з самостійної позааудиторної діяльності студентів на НІП; з контролю та оцінювання результатів самостійної пізнавальної діяльності студентів. Для реалізації самостійної пізнавальної роботи студентів на кафедрі впроваджені алгоритми вивчення тем предметних дисциплін на трьох рівнях: інформаційно-репродуктивному, практично-стереотипному та логічно-понятійному. Алгоритми вивчення тем виконані у вигляді пари таблиць, одна з яких є таблицею з завданнями, а друга є таблицею з вірними відповідями. По суті, студент повинен скласти логічні пари та заповнити першу таблицю при використанні другої таблиці. Для самоконтролю студенту пропонуються коди перевірки результатів. При

виконанні таких завдань студент наочно показує знання, при цьому формуються його практичні уміння з закріпленням теоретичних знань та навичок при виконанні завдань експериментально спрямування. Результати виконання алгоритмів студент може надсилати викладачеві в електронній формі до НІП або подавати у паперовому вигляді особисто на практичних заняттях.

Самостійна робота студентів – це основна форма організації навчання, яка включає різноманітні види індивідуальної й колективної навчальної діяльності та яка здійснюється на аудиторних та позааудиторних заняттях з урахуванням індивідуальних особливостей і пізнавальних можливостей студентів під керівництвом викладача або без його безпосередньої участі. У контексті нашого дослідження, самостійна робота визначається як вид навчальної діяльності студента, який спрямований на формування пізнавальних здібностей студента, з їх спрямованістю на безперервну самоосвіту.

Література

1. Карпов Я. С. Напрямки підвищення ефективності самостійної роботи студентів. Стратегія посилення СРС у контексті приєднання України до Болонського процесу: Матеріали Всеукраїнської науково-методичної конференції/ Я. С. Карпов, В. М. Павленко. – Харків, ХНАМГ, 2004. – С. 87 - 89.
2. Солдатенко М. Самостійна пізнавальна діяльність у контексті Болонського процесу. / М. Солдатенко // Рідна школа, 2005. - №1. – С. 49 - 51.
3. Педагогіка вищої школи: Навч. посіб. / Курлянд З. Н., Хмелюк Р. І., Семенова А. В. та ін.; За ред. Курлянд З. Н. – К. : Вища школа, 2005. – С.156.
4. Ломейко О. П. Збірник положень з організації навчального процесу за кредитно-модульною системою в Таврійському державному агротехнологічному університеті/ О. П. Ломейко, Ю. П. Рогач, О. В. Бойко, С. І. Малюта, А. О. Смелов, М. О. Колесніков. – Мелітополь: ТДАТУ, 2011. – С. 66.

ВИНИКНЕННЯ ІНЖЕНЕРНОЇ ОСВІТИ

Оберська Н. В., викладач, Михайлишин М.С.

Національний університет біоресурсів і природокористування України

«Бережанський агротехнічний коледж»,

м. Бережани, Тернопільська область, Україна.

oberska_nadya@ukr.net

На перший погляд може здатися, що назва «Техніка і філософія» містить в собі деяку невідповідність. Що спільного у техніки з філософією? Хіба вони не дві діаметрально протилежні форми людського життя? З одного боку, динамічний, спрямоване зовні, утилітарне дію, а з іншого - спокійне, внутрішнє, безкорисливе споглядання.

Проблемам поширення технічних знань в Росії стало приділятися значна увага з часів Петра Великого. Технічної освіти в Росії поклали початок

Інженерна (1700 р.) і Математико-навігатська школи (1701 р): "Петро I примусив вивчати інженерну справу не тільки в Морській академії, але і в полкових школах і навіть в духовних семінаріях". Проте викладання наукових дисциплін у цих закладах було ще дуже елементарним і примітивним з сучасної точки зору. У той же час професія інженера ускладнювалася і практика пред'являла нові вимоги до підготовки кваліфікованих інженерних кадрів. У Росії таким технічним навчальним закладом стало засноване в 1773 р. Гірське училище - дітище великого організатора гірничої справи та вищої освіти в Росії Михайла Федоровича Соймонова. Теоретична підготовка в подібних технічних училищах все ще значно відставала від рівня розвитку науки (вони були в більшій мірі практично орієнтованими).

Лише після заснування Гаспаром Монжем в 1794 р. Паризької політехнічної школи, яка з самого початку свого заснування орієнтувалася на високу теоретичну підготовку студентів, ситуація в інженерній освіті змінюється (в тому числі і в Росії). За зразком цієї школи будувалися багато інженерні навчальні заклади Німеччини, Іспанії, Швеції, США. У Росії за її зразком у 1809 р. був створений Інститут корпусу інженерів шляхів сполучення, начальником якого був призначений учень Монжа іспанець А.А. Бетанкур. Бетанкур розробив проект, відповідно до якого були засновані училища для підготовки середнього технічного персоналу: військово-будівельна школа і школа кондукторів шляхів сполучення в Петербурзі. Пізніше (у 1884 р) ця ідея була розвинена і реалізована видатним російським ученим, членом Петербурзької академії наук І.А. Вишнеградський, на думку якого технічна освіта має бути поширене на всі щаблі промислової діяльності, вищі школи, що готують інженерів, середні, що готують техніків (найближчих помічників інженерів), та училища для майстрів, фабричних і заводських робітників. У кінці XIX і особливо початку XX ст. в Росії виникає безліч безкоштовних недільних і вечірніх шкіл для робітників та їхніх дітей при різних фабриках і заводах.

До кінця XIX століття наукова підготовка інженерів, їх спеціальне, саме вища технічна освіта стають настійно необхідними. До цього часу багато ремісничі, середні технічні училища перетворюються у вищі технічні школи та інститути.

Сьогодні вища технічна школа відіграє у розвитку суспільства надзвичайно важливу роль, яка обумовлена тим, що у вузах представлені всі фундаментальні наукові напрямки і розробляються практичні схеми використання сучасних наукових досягнень.

Література

1. Апанович О. Острозька академія. // Урядовий кур'єр. –1994. –15верес.
2. Беляков Г. Ф. Київський політехнічний інститут. Нарис історії. / Г. Ф. Беляков, С. С. Василенко, М. Ф. Вілков – К. : Наукова думка, 1995. – 318 с.

3. Бесов Л. М. Історія науки і техніки. З найдавніших часів до кінця двадцятого століття. 2-е вид. / Л. М. Бесов – Харків: ХДПУ, 2000. – 250 с.

4. Білецький Б. Ф. Культура України в XVI-першій половині XVII ст. / Б. Ф. Білецький, Р. О. Гірш // Наукові записки з української історії: Збірник наукових статей. – Переяслав-Хмельницький, 1999, - Вип. 6. – С. 22 – 27.

РОЛЬ ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ ПРИ ПІДГОТОВЦІ ВИСОКОКВАЛІФІКОВАНИХ СПЕЦІАЛІСТІВ

Піддуний В. О., к.т.н., доцент; Піддубний А. О., викладач, пенсіонер

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,

м. Київ, Україна.

varoddubny@gmail.com

При підготовці спеціалістів в вищій школі використовуються як групові (лекційні) так і індивідуальні (лабораторні, практичні, семінарські) заняття. Лекційні заняття пов'язані з достатньо великою аудиторією (від одної групи до потоку, на якому може бути від чотирьох до шести груп). Такі заняття потребують від викладача крім уміння ясно та чітко подавати матеріал а також уміння знайти контакт з аудиторією і зацікавити її. Для цього часто використовуються можливості мультимедійних засобів (електронні презентації, відеофільми та інше). Однак, на превеликий жаль, навіть такі лекційні заняття – масові. На лекції викладач працює зі всіма студентами одночасно, не виділяючи окремі особистості з загального числа студентів, що вивчають його дисципліну. Інша справа лабораторні роботи, на яких викладач працює індивідуально з кожним студентом. На них відбувається перевірка теоретичних знань, які засвоїв студент на лекціях, отримуються досвід і знання необхідні для практичної діяльності. Для прискорення засвоєння матеріалу та поліпшення його якості студенту іноді достатньо невеликої підказки, консультація та роз'яснення. А це може бути здійснено лише за наявності зворотного зв'язку між студентом та викладачем в адаптивній системі управління процесом навчання. Тільки сталий зворотній зв'язок між студентом та викладачем може забезпечити високу якість засвоєння матеріалу. Досягти цього дозволяє певна методика проведення занять. Найбільш ефективною на наш погляд є методика проведення лабораторних робіт [1], модернізований варіант якої запропоновано нижче.

На першому занятті група розбивається на бригади. Найчастіше це робить староста групи, враховуючи індивідуальні побажання студентів, їх симпатії та антипатії. При цьому, як правило, не враховується рівень найближчого індивідуального розвитку. Виникає ситуація, коли одному зі студентів матеріал цікавий, іншому – не цікавий, тому що він для нього або простий (високий рівень розвитку) або занадто складний та незрозумілий

(низький рівень розвитку). Тому розбивати групу на бригади повинен викладач в співпраці зі старостою враховуючи рівень найближчого індивідуального розвитку. При цьому він використовує інформацію про студентів, отриману на лекціях, при проведенні модульного контролю та виконанні обов'язкових домашніх завдань, які виконуються студентом при підготовці до занять. Потім викладач працює з бригадами, враховуючи індивідуальні особливості кожного із студентів, що входять до складу бригади.

Лабораторні заняття починаються з підготовки до них. Для цього кожному студенту пропонується ознайомитися з графіком проведення робіт та виконати індивідуальне завдання, за яким пізніше викладач оцінить їх рівень розвитку. Індивідуальне завдання повинно в себе включати ознайомлення з теоретичним матеріалом, з макетами, на яких проводиться лабораторна робота, та моделювання процесу досліджень в математичному середовищі, наприклад для спеціалістів в галузі радіотехніки та телекомунікацій це може бути Multisim.

Далі заняття проходить за наступним планом:

- ознайомлення з домашнім завданням та короткий (15...20 хвилин) експрес-контроль з метою виявлення якості домашньої підготовки. Результати контрольного опитування входять як одна із складових загальної рейтингової оцінки з дисципліни;

- ознайомлення з порядком виконання роботи, особливостями макетів, обладнання, приладів та техніки безпеки при виконанні конкретної лабораторної роботи;

- перевірка результатів експрес-контролю та коротке пояснення основних помилок виявлених в відповідях студентів;

- індивідуальна робота зі студентами під час виконання роботи (пояснення теоретичних та практичних питань, що виникають у студентів в процесі виконання роботи, поточний контроль отриманих результатів);

- підготовка студентами експериментально знятих даних до перевірки викладачем, уточнення результатів роботи та при необхідності їх доопрацювання;

- оформлення протоколів виконання роботи та складання роботи викладачеві.

При складанні враховується, як якість оформлення протоколу, так і розуміння матеріалу, якість відповідей на контрольні питання, що наведені в методичних вказівках та виникають в процесі складання. Виставляються дві оцінки: перша – за якість оформлення протоколу, друга – за теоретичні знання та вміння пояснити отримані результати. Ці оцінки також ідуть в сумарний рейтинг при оцінюванні знань. Сумарна оцінка за роботу складається із оцінки за експрес-контроль (25 %); за якість оформлення протоколу (25%); за відповіді під час складання роботи (50%). Такий

розподіл змушує студента самостійно готуватися до роботи перед заняттям, та добросовісно і грамотно оформлювати протоколи випробувань в відповідності до вимог, що висуваються державними стандартами до технічної документації.

В рамках обговорення результатів роботи проводиться невелике практичне заняття, яке дозволяє шляхом підказки або невеликого роз'яснення підштовхнути студента до правильного розуміння отриманих результатів та прийняття відповідних рішень.

Лабораторні заняття проводяться двома викладачами на групу, що дозволяє індивідуально працювати з кожним студентом, вирішувати з ним конкретні питання, вияснити його загальний рівень знань, оцінити його здібності та можливості, як дослідника, технічного працівника, так і особистості в цілому. При визначенні рейтингу студента головне завдання викладача допомогти йому адекватно оцінити свій рівень знань, запобігши внутрішнім (невпевненість, психологічний дискомфорт та таке інше) та зовнішнім (з оточуючим його середовищем) конфліктам.

Таким чином, в процесі проведення лабораторних робіт досягається засвоєння теоретичних знань отриманих під час лекцій, напрацювання навиків практичної роботи в колективі, установлюється стабільний зворотній зв'язок між студентом та викладачем, який забезпечує максимальну ефективність їх співпраці, що в цілому формує особистість студента.

Така методика проведення лабораторних робіт з успіхом використовується в дисциплінах «Елементна база радіоелектронної апаратури» та «Електроживлення радіоелектронної апаратури» для студентів спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» радіотехнічного факультету НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського».

Література

1. Поддубный В. А. Роль обратной связи между студентом и преподавателем в формировании мировоззрения. / В. А. Поддубный, А. А. Поддубный // Международная Крымская конференция «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии» (КрыМиКо'2007) Материалы конф. — Севастополь, 2007. — т. 2, . — С. 943 - 944.

СТВОРЕННЯ ЕЛЕКТРОННОГО НАВЧАЛЬНОГО КУРСУ З ДИСЦИПЛІНИ ФІЗИКА З ВИКОРИСТАННЯМ ПЛАТФОРМИ ДИСТАНЦІЙНОЇ ОСВІТИ MOODLE

Гуменюк Я.О., к. ф. – м. н., доцент

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м.Київ, Україна*

MOODLE (Modular Object Oriented Distance Learning Environment) – це назва системи програмних продуктів CLMS (Content Learning Management

System), дистрибутив якої розповсюджується безкоштовно за принципами ліцензії Open Source. За допомогою цієї системи студент може дистанційно, через Інтернет, ознайомитися з навчальним матеріалом, який може бути представлений у вигляді різнотипних інформаційних ресурсів (текст, відео, анімація, презентація, електронний посібник), виконати завдання та відправити його на перевірку, пройти електронне тестування. Викладач має змогу самостійно створювати дистанційні електронні курси і проводити навчання на відстані, надсилати повідомлення студентам, розподіляти, збирати та перевіряти завдання, вести електронні журнали обліку оцінок та відвідування, налаштовувати різноманітні ресурси курсу і т.д. Всі ці можливості дають змогу ефективно організувати самостійну роботу студентів, надаючи ресурси для самостійного опрацювання в електронному вигляді, задавати завдання для самостійного виконання та контролювати їх виконання, забезпечувати самоконтроль опрацьованого самостійно теоретичного матеріалу.

Запропонована технологія організації самостійної роботи з використанням електронного навчального курсу дає можливість керувати самостійною роботою через систему ефективних завдань, які можуть бути індивідуальними, парними, груповими. Встановлені терміни виконання, після яких можна заборонити здачу робіт, дисциплінують студентів. Доступність методичних вказівок та прикладів розв'язаних завдань у матеріалах курсу дають можливість студенту, не відходячи від ПК, отримати всі необхідні рекомендації щодо виконання завдання. Чітко встановлені критерії оцінювання самостійної роботи регламентують виконання роботи студентом згідно встановлених вимог. Дотримання критеріїв при оцінюванні дозволить викладачам уникнути зайвих запитань та претензій з боку студента.

Література

1. Демченко О. Дидактична система організації самостійної роботи студентів. / О. Демченко // Рідна школа, 2006. - №5. - С. 68 - 70.
2. Солдатенко М. Самостійна пізнавальна діяльність у контексті Болонського процесу. / М. Солдатенко // Рідна школа, 2005. - №1. - С. 49 - 51.

ЗДОРОВИЙ СПОСІБ ЖИТТЯ ЯК ФАКТОР УСПІШНОСТІ СТУДЕНТА

Ковтун П.М., старший викладач

*Національний університет біоресурсів і природокористування
м. Київ, Україна*

Головна цінність суспільства – життя і здоров'я людини. В умовах ускладнення життя, між особистісних зв'язків і стосунків державний курс освітньої політики в Україні передбачає пропаганду здорового способу

життя, виховання здорового молодого покоління, якому жити і працювати в новій державі.

Основними причинами негативних змін у здоров'ї нації є погіршення економічної ситуації, низький рівень державного медичного обслуговування, несприятливі умови, соціальна напруженість. Україна підтримала Конвенцію ООН про постійний розвиток людства. Головне – це безпека кожної людини, рівень якої залежить від стану навколишнього середовища, державної системи підтримки безпеки людства та індивідуальної захищеності.

Здоровий спосіб життя (ЗОЖ) – це спосіб життя, заснований на принципах моральності, раціонально організований, активний, такий, що гартує і, в той же час захищає від несприятливих впливів навколишнього середовища, що дозволяє до глибокої старості зберігати моральне, психічне та фізичне здоров'я.

Багато студентів вищих навчальних закладів зневажають таким найважливішим аспектом як здоровий спосіб життя.

Здоров'я – безцінне надбання не тільки кожної людину, але й усього суспільства. При зустрічах, розлуках із близькими і дорогими людьми ми бажаємо їм доброго та міцного здоров'я тому, що це – основна умова і запорука повноцінному та щасливому життю. Здоров'я допомагає у навчанні виконувати поставлені плани, успішно вирішувати основні життєві завдання, долати труднощі, а за необхідності, то й значні перевантаження. Добре здоров'я, що розумно зберігається і зміцнюється самою людиною, забезпечує їй довге і активне життя.

Література

1. Охорона здоров'я в Україні: проблеми та перспективи / Заг. ред. д-ра. мед. наук, проф. В. М. Пономаренка. – Тернопіль: Укрмедкнига. – 1999. – 72 с.
2. Сущенко Л. П. Соціальні технології культивування здорового способу життя людини. / Л. П. Сущенко / Запоріж. держ. ун-т. – Запоріжжя, 1999. – 308 с.
3. Молодь України: стан, проблеми, шляхи розв'язання: Зб. наук. публ. Укр. НДІ проблеми молоді за підсумками наукових програм і проектів 1996 р. – К. : АТ Видавництво “Столиця”, 1997. – Вип. 6

ЩОДО ЯКОСТІ ВИЩОЇ ІНЖЕНЕРНОЇ ОСВІТИ

Лут М.Т., к.т.н., проф.

*Національний університет біоресурсів і природокористування України,
м. Київ, Україна. limmit1@ukr.net*

Проблема якості підготовки фахівців з вищою освітою є першорядною в питанні їх затребуваності національною економікою і міжнародного визнання національних ступенів і кваліфікацій [1]. Загальновідомо, що ця

проблема безпосередньо пов'язана із змістом освіти і технологіями реалізації освітніх програм.

Інженерна освіта є найбільш наукоємкою в царині освіти, оскільки дисципліни, що вивчаються, складні для засвоєння і до того ж темп оновлення знань найбільш високий саме в техніці і технологіях. Це обумовлює потребу у підвищеній увазі до вищих навчальних закладів інженерного профілю, що є основою кадрового забезпечення реального сектора економіки.

У сучасному світі набуває все ширшого розвитку інноваційна інженерна освіта, спрямована на формування у фахівців у сфері техніки і технологій не лише певних знань і умінь, але і особливих компетенцій, сфокусованих на здатності застосування їх на практиці, в реальній інженерній діяльності, при створенні нової конкурентоздатної продукції [2].

Вирішальне значення для реалізації доктрини інженерної освіти має пошук і створення нетрадиційних технологічних соціальних і педагогічних рішень, використання ідей і принципово нових «високих» освітніх технологій, що забезпечують багатократне підвищення ефективності праці професорсько-викладацького складу, створення технологій масового «виробництва талантів», використання дистанційного навчання[3].

В даний час у всьому світі в підготовці інженерів здійснюється досить радикальний перехід від «школи пам'яті» до інституту, в якому студента вчать працювати з власним мисленням. Перетворення системи інженерної освіти на сферу освоєння способів пізнавальної і інженерної діяльності, комунікативної та інженерної культури міняє корінним чином уявлення про вищий навчальний заклад з його навчально-виховним процесом. Найважливішим напрямом розвитку інженерної освіти при цьому є спеціальна організація роботи студента впродовж всього навчання у вищому навчальному закладі в комплексних багатодисциплінарних практикоорієнтованих колективах, органічне включення студентів в активну творчу діяльність, забезпечення їх масової участі в науково-дослідній діяльності, створення цілеорієнтованих форм навчання. Все це має створити передумови еволюційного переходу в інженерній освіті від навчально-освітнього (школа пам'яті) до науково-освітнього процесу. Науково-освітній процес можна представити як систему творчих майстерень авторитетних учених, які ведуть майбутніх інженерів. При цьому перманентно оновлюване співтовариство студентів, претендентів бакалаврських, магістерських ступенів та інженерних звань, аспіранти і докторанти утворюють цілісний творчий колектив, відповідну наукову школу, де реалізується спадкоємність в методології пізнавальної діяльності, становленні уявлень про світ і місце людини в світі, про ідеали, цінності і цілі наукової і інженерної роботи, закріплюються і передаються традиції мистецтва дослідження і інженерної діяльності з допомогою і в ході самого дослідження.

Сучасні освітні технології в системі інженерної освіти органічно включають широку академічну мобільність.

В даний час піддається справедливій критиці самодостатність вищого навчального закладу будь-якої країни для підготовки інженера-професіонала, конкурентоздатного на світовому ринку інтелектуальної праці, і є загально визнаною необхідність розширення академічної мобільності студентів для підвищення якості підготовки.

Для формування сучасного вітчизняного корпусу інженерів необхідно:

- суттєво підняти престиж інженерних професій;
- забезпечити внесення якісних змін у підготовку інженерних кадрів, зорієнтувавши її на сучасні досягнення науки і техніки, поглиблене вивчення фундаментальних дисциплін, розвиток творчих і організаційних навичок майбутніх інженерів, їх здатності працювати в умовах жорсткої конкуренції;
- здійснити якісне поліпшення професорсько-викладацького складу та переоснащення навчально-лабораторної бази;
- забезпечити можливість активізації участі виробничих підприємств, науково-дослідних і проектно-конструкторських установ у підготовці фахівців інженерного профілю;
- створити правові основи для корпоративної підготовки інженерів вищими навчальними закладами.

Література

1. Похолков Ю. П. Управление качеством инженерного образования. / Ю. П. Похолков, А. И. Чучалин // Университетское управление. 2004. - № 5-6(33). - С. 121 - 125.
2. Агранович Б. Л. Инновационное инженерное образование. / Б. Л. Агранович, А. И. Чучалин, М. А. Соловьев // Инженерное образование. - № 1. - С. 11 – 14.
3. Основные принципы национальной доктрины инженерного образования. [Електронний ресурс]. - http://aeer.cctpu.edu.ru/winn/doctrine/doctrine_4.phtml

ПОЗИЦІОНУВАННЯ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ ЗНАТЬ В ТЕХНІЧНИХ ДИСЦИПЛІНАХ У КОНТЕКСТІ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ

Несторук Н. А., к.пед.н., доцент

Красноармійський індустріальний інститут ДВНЗ

«Донецький національний технічний університет»,

м. Покровськ, Україна.

natasha.nestoruk@yandex.ua

У системі підготовки студентів електромеханічного профілю значна кількість технічних дисциплін. Для технічних дисциплін характерним є те, що «... їх завдання носять, як правило, ... практично спрямований характер, і

зазвичай формулюються із використанням таких термінів, як розкрити основи функціонування; дати навички постановки задач; дослідити залежність (явища); експериментально виявити тощо [2, с. 53], а також формування умінь організації і проведення експериментальних досліджень та набуття необхідного досвіду у процесі навчання [1, с. 65]. І підготовка цих інженерів з технічних дисциплін має бути такого рівня, який робитиме їх компетентними у своїй справі, а отже і конкурентоспроможними на ринку праці [4, с. 66].

Ми не будемо вдаватися до чергового глибокого аналізу понять «компетентність» та «компетенції» – його досить докладно зроблено у багатьох наукових доробках вчених-педагогів [6], [3, с. 5], [5, с. 93], – а вкажемо лише на їх сутність, яка полягає в тому, що компетентність – це здатність особистості якісно виконувати певну роботу, а компетенції – це її готовність до виконання цієї роботи. Це означає, що незалежно від вихідних позицій дослідників, компетентність фахівця електромеханічного профілю передбачає його здатність до майбутньої професійної діяльності.

Роль ведучого, інтегруючого загальнотехнічного предмета у змісті підготовки фахівців досить великої групи професій електротехнічного профілю виконує електротехніка, яка виступає і як основа для формування в учнів системи електротехнічних знань в процесі вивчення ними теорії, що описує об'єкти електромеханічної практики: електричні ланцюги, електромеханічні прилади, електричні машини, а також формування професійно значущих умінь. На основі студіювання практики підготовки студентів електромеханічного профілю було з'ясовано, що компетентнісні вимоги до майбутніх інженерів-електромеханіків стосовно формування у них здатності до професійної діяльності, які визначають зміст навчання студентів, спрямовуються на:

- формування базових уявлень про електромеханічні пристрої (об'єкти), їх різноманітність, розуміння призначення та принципів роботи;
- опанування методами спостереження, опису, ідентифікації, виявлення особливостей функціонування електромеханічних пристроїв (об'єктів);
- забезпечення дій і режимів роботи електромеханічних пристроїв (об'єктів);
- набуття досвіду аналітичної, планувальної та організаційної діяльності у процесі експериментальних досліджень електромеханічних пристроїв (об'єктів);
- застосування загальних, технологічних, аналітичних і спеціальних методів експериментальних досліджень для визначення статистичних і динамічних характеристик, режимів функціонування електромеханічних пристроїв (об'єктів);

– використання професійно профільованих знань у галузі електромеханіки для статистичної обробки експериментальних даних і математичного моделювання електромеханічних явищ і процесів.

Нами обґрунтовано, що інтегруючою основою підготовки майбутніх фахівців електромеханічного профілю доцільно позиціонувати електротехнічні знання, які дозволяють формуванню нових знань і практичних умінь як необхідних результатів засвоєння змісту технічних дисциплін, що сприяє розвитку електромеханічної компетентності, а отже і вирішує проблему підвищення конкурентноспроможності фахівців на сучасному вітчизняному й міжнародному ринку праці.

Література

1. Артюх С. Ф. Основи наукових досліджень / С. Ф. Артюх, І. Я. Лізан, І. В. Голопоров, Н. А. Несторук. – Харків : УПА, 2006. – 278 с.

2. Гризун Л. Е. Визначення специфіки навчальних дисциплін різних типів як один з чинників формування змісту вищої професійної освіти. / Л. Е. Гризун // Педагогіка, психологія та медико-біологічні проблеми фізичного виховання і спорту : Наук. журнал. – 2008. – № 8. – С. 51 – 56.

3. Компетентнісно зорієнтована програма курсу "Методика навчання математики в початковій школі" : для напряму підготовки 0101 "Педагогічна освіта" : освітньо-кваліфікаційний рівень – бакалавр [Електронний ресурс] / укл. С. О. Скворцова. – Одеса : ПНПУ ім. К. Д. Ушинського, 2010. – Режим доступу : <http://skvor.info/students/metodika/info.html>.

4. Несторук Н. А. Формування змісту технічної творчості засобами експериментальної діяльності. / Н. А. Несторук // Проблеми інженерно-педагогічної освіти : наук.-метод. зб. – Харків : УПА, 2006. – Вип. № 13. – С. 65 – 71.

5. Петрук В. А. Теоретико-методичні засади формування професійної компетентності майбутніх фахівців технічних спеціальностей у процесі вивчення фундаментальних дисциплін [Текст] : монографія / В. А. Петрук. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2006. – 292 с.

6. Рапацевич, Е. С. Педагогіка : Большая современная энциклопедия. / Е. С. Рапацевич. – Минск : Современное слово, 2005. – 720 с.

Наукове видання

**Проблеми сучасної енергетики і автоматики
в системі природокористування
(теорія, практика, історія, освіта)**

Матеріали
Міжнародної
науково-технічної конференції
м. Київ, 14-18 листопада 2016 р.

Відповідальний за видання

А.В. Жильцов, д.т.н., доц.

Технічний редактор

Комп'ютерне складання та верстання

Мірських Г.О.

Ликтей В.В.

Васюк В.В.