



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного
Кафедра «Електротехніка і електромеханіка
імені професора В. В. Овчарова»



Національний
технічний
університет
України
«Київський
політехнічний
інститут імені Ігоря
Сікорського»



Національний
університет
біоресурсів і
природокористування
України



Національний
університет
«Запорізька
політехніка»



Харківський
національний
технічний
університет
сільського
господарства імені
Петра Василенка



Сумський
національний
аграрний
університет

Сучасний стан та перспективи розвитку електротехнічних систем



МАТЕРІАЛИ

III Всеукраїнської науково-практичної
інтернет-конференції
пам'яті В. В. Овчарова

15 квітня – 29 квітня 2021 року

Мелітополь

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Національний університет біоресурсів і природокористування
України

Харківський національний технічний університет сільського
господарства імені Петра Василенка

Національний університет «Запорізька політехніка»

Сумський національний аграрний університет

СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

МАТЕРІАЛИ

III Всеукраїнської науково-практичної
інтернет-конференції пам'яті В. В. Овчарова

15 квітня – 29 квітня 2021 року

Мелітополь
2021

УДК 621.3(043.2)

Т 13

Сучасний стан та перспективи розвитку електротехнічних систем: матеріали III Всеукр. наук.-практ. інтернет-конференції пам'яті В. В. Овчарова (Мелітополь, 15 квітня - 29 квітня 2021 р) / ТДАТУ; відповід. за вип. С.О. Квітка, Д.М. Нестерчук. - Мелітополь: ТДАТУ, 2021. - 135 с.

У матеріалах конференції викладені результати досліджень, які присвячені сучасному стану та перспективам розвитку електротехнічних систем: питанням загальної електротехніки, електромеханічних комплексів і систем, електротехнологій та електротехнологічних систем, електроенергетичних систем і систем електропостачання, теорії і практиці професійної підготовки фахівців інженерних спеціальностей.

Видання розраховане для науковців, аспірантів, студентів, фахівців, які працюють за напрямками конференції.

Матеріали видані в авторській редакції. Відповідальність за зміст наданих матеріалів, точність наведених даних та відповідність принципам академічної доброчесності несуть автори.

Адреса організаційного комітету:

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного,
факультет енергетики і комп'ютерних технологій,
кафедра електротехніки і електромеханіки імені професора В.В. Овчарова,
ауд. 1.125

пр-т Богдана Хмельницького, 18, м. Мелітополь, Запорізька область, Україна,
72310

e-mail: dina.nesterchuk@tsatu.edu.ua

Сайт конференції: <http://www.tsatu.edu.ua/etm/internet-konferencija/>

© Колектив авторів, 2021

© Дизайн та макетування.
Кафедра електротехніки і електромеханіки імені професора В. В. Овчарова Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного

Голова наукового комітету:

Кюрчев Володимир Миколайович – ректор ТДАТУ, член-кореспондент НААН України, д.т.н., професор, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

Співголова:

Єременко Оксана Анатоліївна – д.с-г.н., проф., проректор з наукової роботи Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного

Науковий комітет конференції:

Назаренко Ігор Петрович – декан факультету енергетики і комп'ютерних технологій, д.т.н., професор, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

Діордієв Володимир Трифонович – завідувач кафедри електроенергетики і автоматизації, академік МААО, д.т.н., професор, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

Квітка Сергій Олексійович – завідувач кафедри електротехніки і електромеханіки імені професора В. В. Овчарова, к.т.н., доцент, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

Сосницька Наталя Леонідівна – завідувач кафедри вищої математики і фізики, д.пед.н., професор, Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

Острроверхов Микола Якович – завідувач кафедри теоретичної електротехніки, д.т.н., професор, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Козирський Володимир Вікторович – завідувач кафедри електропостачання ім. проф. В. М. Синькова, д.т.н., професор, заслужений діяч науки і техніки України, Національний університет біоресурсів і природокористування України

Мірошник Олександр Олександрович – завідувач кафедри електропостачання та енергетичного менеджменту, д.т.н., професор, Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

Тиховод Сергій Михайлович – завідувач кафедри теоретичної і загальної електротехніки, д.т.н., доцент, Національний університет «Запорізька політехніка»

Яковлев Валерій Федорович – професор кафедри енергетики та електротехнічних систем, к.т.н., професор, Сумський національний аграрний університет

Соломаха Олександр Вікторович – заступник технічного директора «НПП «Преобразователь-комплекс», к.т.н.

Організаційний комітет конференції:

Квітка Сергій Олексійович – к.т.н., доцент, завідувач кафедри електротехніки і електромеханіки імені професора В. В. Овчарова

Нестерчук Діна Миколаївна – к.т.н., доцент кафедри електротехніки і електромеханіки імені професора В. В. Овчарова (секретар організаційного комітету)

Вовк Олександр Юрійович – к.т.н., доцент кафедри електротехніки і електромеханіки імені професора В. В. Овчарова

Курашкін Сергій Федорович – к.т.н., доцент кафедри електротехніки і електромеханіки імені професора В. В. Овчарова

Ковальов Олександр Вікторович – старший викладач кафедри електротехніки і електромеханіки імені професора В. В. Овчарова

Щербина Марина Олександрівна – навчальний майстер кафедри електротехніки і електромеханіки імені професора В. В. Овчарова

ЗМІСТ

Секція 1. Загальна електротехніка

Майбородіна Н. В., Герасименко В. П., Ковальов О. В. ВПЛИВ КОЕФІЦІЄНТА ЕЛІПТИЧНОСТІ НА ПІДКРІПЛЕНІ ЕЛІПСОЇДАЛЬНІ ОБОЛОНКИ	9
Тиховод С. М., Паталах Д. Г., Подус О. Р. ГРАТОРНО-КОНДЕНСАТОРНИЙ МЕТОД МОДЕЛЮВАННЯ МАГНІТОЕЛЕКТРИЧНИХ СХЕМ ЗАМІЩЕННЯ	11
Сосницька Н. Л., Дяденчук А. Ф., Морозов М. В. ЗАСТОСУВАННЯ КВАНТОВИХ ТОЧОК У СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЯХ	13
Дяденчук А. Ф., Кідалов В. В. ВИЗНАЧЕННЯ ПОТЕНЦІАЛУ ПЛОСКИХ ЗОН НАПІВПРОВІДНИКОВОГО ЕЛЕКТРОДУ В РОЗЧИНІ ЕЛЕКТРОЛІТУ	15
Попова І. О. ДОСЛІДЖЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ ПРИСТРОЮ В ЯКОСТІ ФІЛЬТРУ ЛІНІЙНИХ НАПРУГ	17
Курашкін С. Ф., Вдовін Б. В. ПРИСКОРЕННЯ РЕЖИМУ РОБОТИ ОПТРОНА ШЛЯХОМ АКТИВНОГО ПРИГНІЧЕННЯ ЕФЕКТУ МІЛЛЕРА	19
Бурлаков А. В. АНАЛІЗ НЕСИМЕТРІЇ НАПРУГ ТА СТРУМІВ МЕРЕЖІ ТА МЕТОДІВ БОРОТЬБИ З НЕЮ	21
Попова І. О., Макенов П. С. ДОСЛІДЖЕННЯ ОПОРІВ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА ПРИ РОБОТІ В НЕСИМЕТРИЧНОМУ РЕЖИМІ	23
Грищенко О. С. ВПЛИВ ВІДХИЛЕННЯ НАПРУГИ МЕРЕЖІ ЖИВЛЕННЯ НА РОБОТУ СПОЖИВАЧІВ	25
Курашкін С. Ф., Волкова І. Д. ЗМЕНШЕННЯ ВІРОГІДНОСТІ ВИНИКНЕННЯ МЕТАСТАБІЛЬНОСТІ ТРИГЕРІВ	27

Секція 2. Електромеханічні комплекси і системи

Mykola Ostroverkhov, Mykola Buryk ELECTRIC DRIVE WITH FIELD REGULATED RELUCTANCE MACHINE	29
Стьопкін В. В., Бражнік В. К., Мансур Ануар МОЖЛИВОСТІ ІМІТАЦІЙНИХ МОДЕЛЕЙ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ В ПАКЕТІ SIM POWER SYSTEM / MATLAB	31
Нежурін В. І., Кувасєв В. Ю., Соловей Т. С. ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОДИНАМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СУЧАСНИХ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ НАХИЛУ МІКСЕРА ДМЗ ШЛЯХОМ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ	33

Кvitka S., Zharikova A. APPLICATION OF FREQUENCY CONVERTER IN THE ELECTRIC DRIVE CONTROL SYSTEM METAL-WORKING MACHINE	35
Миронець С. Д., Ковальов О. В. ПРОБЛЕМИ ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДА ОРІЄНТУВАННЯ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ОПТИМАЛЬНИХ СОНЯЧНИХ ІНСОЛЯЦІЙ	38
Кvitka С. О. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ СХЕМНИХ РІШЕНЬ ПОБУДОВИ СИЛОВОЇ ЧАСТИНИ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ЧАСТОТИ	40
Попова І. О. АНАЛІЗ ВПЛИВУ ВИЩИХ ГАРМОНІЙНИХ СКЛАДОВИХ НА РОБОТУ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ	43
Вовк О. Ю. ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ НОМІНАЛЬНИХ ВТРАТ ПОТУЖНОСТІ У ВУЗЛАХ АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОДВИГУНА ЗА КАТАЛОЖНИМИ ДАНИМИ	46
Кvitka С. О. ПРИСТРІЙ КОНТРОЛЮ І ЗАХИСТУ ТРИФАЗНИХ АСИНХРОННИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ ВІД АНОРМАЛЬНОЇ НАПРУГИ МЕРЕЖІ	48
Постнікова М. В. МАТЕМАТИКО-СТАТИСТИЧНИЙ МЕТОД НОРМУВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА ЕЛЕВАТОРАХ	50
Ковальов О. В. ОБҐРУНТУВАННЯ СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ СИЛОВОГО ЕНЕРГЕТИЧНОГО КАНАЛА ЕЛЕКТРОМОТОБЛОКА	52
Нестерчук Д. М., Кривцов Д. О., Нікульча М. В. ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ХОЛЛА В ПРИСТРОЯХ МОНІТОРИНГУ ТА ЗАХИСТУ ТРИФАЗНИХ АСИНХРОННИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ	54
Кvitka С. О., Облещенко А. Д. ЗАСТОСУВАННЯ ПЕРЕТВОРЮВАЧА ЧАСТОТИ В ЕЛЕКТРОПРИВОДІ ПРОМИСЛОВОЇ ПРАЛЬНОЇ МАШИНИ	56
Постнікова М. В. АНАЛІЗ ЕНЕРГЕТИЧНОГО МОНІТОРИНГУ ПІДПРИЄМСТВ ОБРОБКИ І ЗБЕРІГАННЯ ЗЕРНА	58
Нестерчук Д. М., Цвентух М. Ю., Родін Б. О. СПОСІБ ДІАГНОСТУВАННЯ ВИТКОВИХ ЗАМИКАНЬ І ЗАХИСТУ АСИНХРОННИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ ВІД АНОРМАЛЬНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ	60
Постнікова М. В., Вдовін Б. В. ТРИКОНТУРНА СИСТЕМА ПІДПОРЯДКОВАНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ПОЛОЖЕННЯ З ПОСЛІДОВНОЮ КОРЕКЦІЄЮ	62
Ковальов О. В. ОБҐРУНТУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДА АКУМУЛЯТОРНОГО МАЛОГАБАРИТНОГО ҐРУНТООБРОБНОГО МОТОБЛОКА	64

Постнікова М. В., Жук А. В. АВТОМАТИЧНЕ КЕРУВАННЯ ЗАВАНТАЖУВАЛЬНОЮ НОРІЄЮ ЗЕРНОСХОВИЩА	66
Попова І. О., Іванов М. В. ВИБІР РАЦІОНАЛЬНОЇ ПОТУЖНОСТІ ПРИВІДНОГО ЕЛЕКТРОДВИГУНА СЕПАРАТОРА-ВЕРШКОВІДДІЛЮВАЧА.....	68
Постнікова М. В., Біляєва А. С. СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ РОБОТОЮ МАШИНИ МВУ-1500 В РЕЖИМІ ОЧИЩЕННЯ-СОРТУВАННЯ ТА СОРТУВАННЯ- КАЛІБРУВАННЯ.....	70
Курашкін С. Ф., Жарікова А. О. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЕМОНТАЖУ ОБМОТОК ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ.....	73
Постнікова М. В., Коваль С. Д. АВТОМАТИЧНІ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ СУЧАСНИХ ТИПІВ БУНКЕРІВ АКТИВНОГО ВЕНТИЛЮВАННЯ ЗЕРНА	75
Ковальов О. В., Сідельников Б. Ю. ОБҐРУНТУВАННЯ СИСТЕМИ ІМПУЛЬСНО-ФАЗОВОГО КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ МОТОБЛОКУ	78
Постнікова М. В., Облещенко А. Д. СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ МАШИНИ ВТОРИННОЇ ОЧИСТКИ НАСІННЯ МС-4,5	80
Курашкін С. Ф., Іванова Д. В. ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРЕВИЩЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ОБМОТКИ ЗАГЛИБНОГО ЕЛЕКТРОДВИГУНА ЗА ДОПОМОГОЮ НАПІВПРОВІДНИКОВОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА	83
Постнікова М. В., Сідельников Б. Ю. АНАЛІЗ ЕНЕРГОЄМНОСТІ ВІБРОПНЕВМОСЕПАРАТОРІВ.....	85
Курашкін С. Ф., Біляєва А. С. ПОЛЕГШЕННЯ РОБОТИ ЗАГЛИБНИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ ЗА УМОВИ НЕПОВНОФАЗНОГО ЖИВЛЕННЯ	87
Постнікова М. В., Волкова І. Д. АНАЛІЗ МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СУЧАСНИХ ТРІЄРНИХ БЛОКІВ ПІДПРИЄМСТВ ПЕРЕРОБКИ ТА ЗБЕРІГАННЯ ЗЕРНА	89

Секція 3. Електротехнології та електротехнологічні системи

Яковлєв В. Ф. БЛОК ВИМІРЮВАННЯ КОЕФІЦІЄНТУ ПОГЛИНАННЯ ПРИСТРОЮ ОЦІНКИ ЯКОСТІ БІОЛОГІЧНИХ СТРУКТУР ФІКСОВАНОЇ ГЕОМЕТРИЧНОЇ ФОРМИ.....	92
Герасименко В. П., Майбородіна Н. В., Ковальов О. В. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ЗАХИСТУ ВІД НЕБЕЗПЕЧНОГО СТРУМУ ВИТОКУ ПРИ ОБСЛУГОВУВАННІ УСТАНОВОК ТЕПЛОВОЇ ОБРОБКИ І СУШІННЯ ЗЕРНОВОЇ СИРОВИНИ.....	95

Савойський О. Ю. ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО ОПОРУ ЯБЛУЧНОЇ СИРОВИНИ НА ЕТАПІ ЕЛЕКТРОПЛАЗМОЛІЗУ В ПРОЦЕСІ КОМБІНОВАНОГО СУШІННЯ	97
Дьоміна Н. А., Морозов М. В., Рожкова О. П. ДОСЛІДЖЕННЯ ОКИСНО-ВІДНОВНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ВОДИ	99
Стьопін Ю. О. МЕХАНІЗМ ВПЛИВУ ВИСОКОВОЛЬТНОГО ЕЛЕКТРОСТАТИЧНОГО ПОЛЯ НА ВНУТРІШНЮ СТРУКТУРУ НАСІННЯ.....	101
Кушлик Р. В., Репешко В. С., Риженко О. І. ПРИГОТУВАННЯ ЕМУЛЬСІЇ РОСЛИННОЇ ОЛІЇ І ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛЬНОГО ЗА ДОПОМОГОЮ УЛЬТРАЗВУКУ	102

Секція 4. Електропостачання та електроенергетичні системи

Радько І. П., Наливайко В. А., Окушко О. В. ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ – ОДИН З ГОЛОВНИХ ЧИННИКІВ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ УНІВЕРСИТЕТУ	104
Лисенко О. В., Адамова С. В. ОПТИМІЗАЦІЯ ГЕНЕРАЦІЇ ТА СПОЖИВАННЯ В ГІБРИДНИХ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМАХ	106
Лобода О. І. ПРОБЛЕМИ ЦИФРОВИХ ПІДСТАНЦІЙ ПО ЗБЕРЕЖЕННЮ ІНФОРМАЦІЙНИХ ПОТОКІВ ДАНИХ.....	108
Чебанов А. Б., Жарікова А. О. ЗАСТОСУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ КОМЕРЦІЙНОГО ОБЛІКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ У ПРОМИСЛОВОСТІ.....	110
Попова І. О., Курчанов А. А. СИСТЕМА КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ В СІЛЬСЬКИХ МЕРЕЖАХ ЯК ЗАСІБ СКОРОЧЕННЯ ВИТРАТ.....	112

Секція 5. Теорія і практика професійної підготовки фахівців інженерних спеціальностей

Лузан П. Г., Тігова О. А. ТЕХНОЛОГІЯ ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЮ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ СТУДЕНТІВ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ	114
Сосницька Н. Л., Кравець В. І. ВИКОРИСТАННЯ ДЕВАЙСІВ У НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ ЯК УМОВА РЕАЛІЗАЦІЇ ЕЛЕКТРОННОЇ ОСВІТИ	116

Кривильова О. А. ФОРМУВАННЯ ПРОФЕСІЙНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ МАЙБУТНІХ ІНЖЕНЕРІВ-ПЕДАГОГІВ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПРОФІЛЮ НА ОСНОВІ ПРОБЛЕМНОГО НАВЧАННЯ	118
Сосницька Н. Л. ПАРАДИГМА СТУДЕНТОЦЕНТРОВАНОГО НАВЧАННЯ ФІЗИКИ В СИСТЕМІ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ ІНЖЕНЕРНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ....	120
Алексєєва Г. М. ІЗ ДОСВІДУ ВИКОРИСТАННЯ PREZI VIDEO	122
Назарова О. П., Дьоміна Н. А. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ У НАУКОВИХ РОБОТАХ СЕКЦІЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА.....	124
Морозов М. В., Халанчук Л. В. МОДЕЛЮВАННЯ У ЛАБОРАТОРНОМУ ПРАКТИКУМІ КУРСУ «ФІЗИКО- МАТЕМАТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МАГІСТЕРСЬКИХ ПРОГРАМ»	126
Іщенко О. А. РОЛЬ МІЖПРЕДМЕТНИХ ЗВ'ЯЗКІВ У ПРОФЕСІЙНІЙ ПІДГОТОВЦІ ФАХІВЦІВ ІНЖЕНЕРНОГО ПРОФІЛЯ	128
Дяденчук А. Ф. РОЗВИТОК ЕКОЛОГІЧНОГО МИСЛЕННЯ У ФАХІВЦІВ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПРОФІЛЮ ПІД ЧАС ВИВЧЕННЯ ЗАГАЛЬНОГО КУРСУ ФІЗИКИ	130
Нестерчук Д. М. ОСОБЛИВОСТІ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ В УМОВАХ КОМПЕТЕНТІСНОГО ПІДХОДУ	132

Секція 1. Загальна електротехніка

УДК 539.3

ВПЛИВ КОЕФІЦІЄНТА ЕЛІПТИЧНОСТІ НА ПІДКРІПЛЕНІ ЕЛІПСОЇДАЛЬНІ ОБОЛОНКИ

Майбородіна Н. В.¹, к.ф.-м. н.

natashamai2311@gmail.com

Герасименко В. П.¹, інженер

Ковальов О. В.², інженер

alekstdaty1979@gmail.com

¹ВП НУБіП України "Ніжинський агротехнічний інститут", м. Ніжин, Україна

²Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Мелітополь

Актуальність та постановка проблеми. Задачі динамічної поведінки підкріплених еліпсоїдальних оболонок під дією нестационарного навантаження є актуальними, оскільки знаходять широке застосування в сучасних інженерних конструкціях та електромеханічних комплексах і системах. В основному розглянуто гармонічні коливання підкріплених оболонок простої геометрії [1]. Результати по вимушеним коливанням оболонок розглянуто в роботах [2...4].

Метою даної роботи є постановка та чисельне розв'язання задачі про дослідження впливу коефіцієнта еліптичності на коливання дискретно підкріпленої еліпсоїдальної оболонки під дією нестационарного навантаження.

Основні матеріали дослідження. Геометрія серединної поверхні оболонки: $x = R \sin \alpha_1 \sin \alpha_2$, $y = R \sin \alpha_1 \cos \alpha_2$, $z = kR \cos \alpha_1$, де α_1 , α_2 – гауссові криволінійні координати; $k = b/a$ – параметр еліптичності; a , b – півосі еліпса [4].

Розглядалась задача вимушених коливань підкріпленої повздовжніми ребрами частини еліпсоїдальної оболонки $D = \{\alpha_{10} \leq \alpha_1 \leq \alpha_{1N}, \alpha_{20} \leq \alpha_2 \leq \alpha_{2N}\}$ під дією навантаження $P_3(t) = A \cdot \sin \frac{\pi}{T} [\eta(t) - \eta(t-T)]$, $A = 10^6 \text{ Па}$; $T = 50 \cdot 10^{-6} \text{ с}$.

Параметри конструкції: $\alpha_{10} = \frac{\pi}{12}$, $\alpha_{1N} = \pi - \frac{\pi}{12}$, $\alpha_{20} = -\frac{\pi}{2}$, $\alpha_{2N} = \frac{\pi}{2}$, $\frac{a}{h} = 60$, $\frac{b}{a} = 1; 1,1; 1,2; 1,3; 1,4; 1,5$, $h_i = 4 \cdot h$, $F_i = 4 \cdot h^2$, $E_1 = E_2 = 7 \cdot 10^{10} \text{ Па}$, $\nu_{12} = \nu_{21} = 0,33$, $\rho = 2,7 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$, $E_j = E_1$, $\rho_j = \rho$.

Зовнішні повздовжні підкріплюючі ребра розміщувались вздовж координати α_1 в перерізах $\alpha_{2i} = -\frac{\pi}{4} + \frac{\pi}{4}i$, $i = 0,1,2$.

На рис. 1 зображено залежність величини u_3 від α_1 в перерізі $\alpha_2 = \frac{\pi}{8}$ в момент часу $t = 3T$. В силу симетрії розглядається залежність в діапазоні $\pi/12 \leq \alpha_1 \leq \pi/2$. Крива 1 відповідає випадку $\frac{b}{a} = 1$; крива 2 – $\frac{b}{a} = 1,1$; крива 3 – $\frac{b}{a} = 1,2$; крива 4 – $\frac{b}{a} = 1,3$; крива 5 – $\frac{b}{a} = 1,4$; крива 6 – $\frac{b}{a} = 1,5$. Найбільшого значення величина $u_3 = 5,498 \cdot 10^{-5}$ досягає для коефіцієнта еліптичності $\frac{b}{a} = 1,5$ (крива 6). В порівнянні зі значенням

величини $u_3 = -0,589 \cdot 10^{-5}$ для коефіцієнта еліптичності $\frac{b}{a} = 1$ (крива 1):

$$\frac{5,498 \cdot 10^{-5}}{-0,589 \cdot 10^{-5}} \approx 9.$$

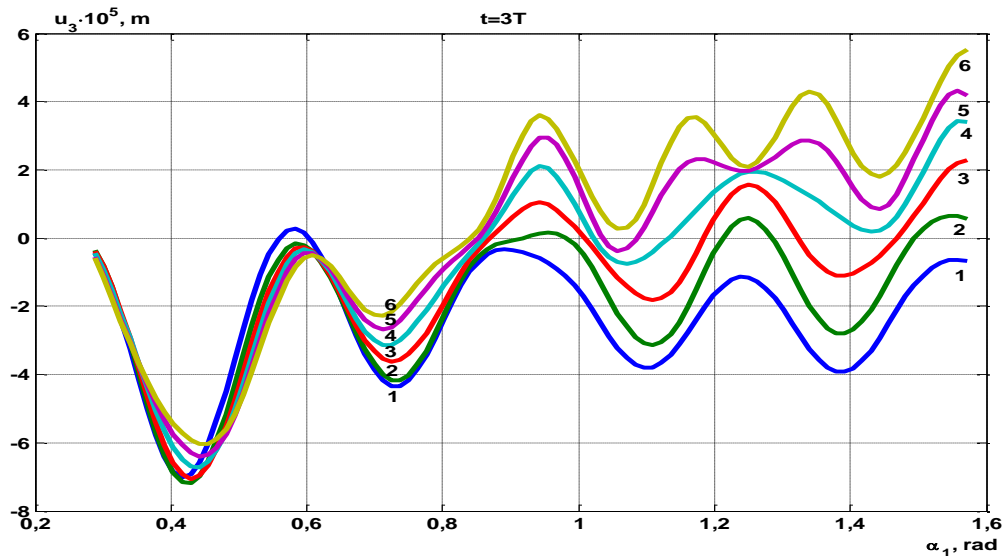


Рисунок 1. Залежність u_3 від α_1 в перерізі $\alpha_2 = \frac{\pi}{8}$ в момент часу $t = 3T$

Висновок. Результати розрахунків показали, що максимальні величини прогину u_3 проявляються в середині гладкої області – між ребрами. Величина прогину u_3 для випадку $\frac{b}{a} = 1,5$ в дев'ять разів більша від величини прогину u_3 для випадку $\frac{b}{a} = 1$.

Список використаних джерел

1. Амиро И. Я., Заруцкий В. А. Учет дискретного размещения ребер при изучении напряженно-деформированного состояния, колебаний и устойчивости ребристых оболочек (обзор). *Прикладная механика*. 1998. Т. 34, № 4. С. 3–22.
2. Майбородина Н. В., Мейш В. Ф., Герасименко В. А. Динамическое поведение дискретно подкрепленных продольными ребрами эллипсоидальных оболочек при нестационарной распределенной нагрузке. *Математичні проблеми технічної механіки*. Дніпродзержинськ, 2012. Вип. 19 (2). С. 54–60.
3. Майбородина Н. В., Герасименко В. П. Застосування в автоматизації підкріплених еліпсоїдальних оболонок під дією нестационарного навантаження. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Сер. Техніка та енергетика АПК*. 2016. Вип. 242. С. 242–245.
4. Мейш В. Ф., Майбородина Н. В. Исследование напряженно-деформированного состояния дискретно подкрепленных продольными ребрами эллипсоидальных оболочек при нестационарных распределенных нагрузках. *Теоретическая и прикладная механика*. 2007. Вып. 43. С. 150–155.

УДК 681.527.2

ГІРАТОРНО-КОНДЕНСАТОРНИЙ МЕТОД МОДЕЛЮВАННЯ МАГНІТОЕЛЕКТРИЧНИХ СХЕМ ЗАМІЩЕННЯ

Тиховод С. М., д.т.н.

stikhovod@gmail.com

Паталах Д. Г., магістрант

Подус О. Р., студент

Національний університет «Запорізька політехніка, м. Запоріжжя»

Актуальність та постановка проблеми. В наш час моделювання перехідних процесів в електричних комплексах, пов'язаних з електромагнітними пристроями доцільно проводити методами теорії електричних і магнітних кіл, які взаємодіють між собою. Об'єднане магнітне і електричне коло складають так звану магнітоелектричну схему заміщення (МЕСЗ), яка моделюється як єдине коло.

Основні матеріали дослідження. Гіраторно-конденсаторний метод моделювання МЕСЗ з використанням поняття «магнітний струм» - це крок вперед в моделюванні МЕСЗ. Це дає підставу для модифікації математичної моделі, яка покладена в основу універсального програмного комплексу Solo, а також доопрацювання самого програмного комплексу. Розглянемо замкнутий феромагнітний магнітопровід довжиною ℓ , на якому розташована котушка, яка містить N витків. Якщо підключити до котушки джерело змінної напруги $e(t)$, то по витках котушки потече електричний струм $i(t)$ – рис. 1.

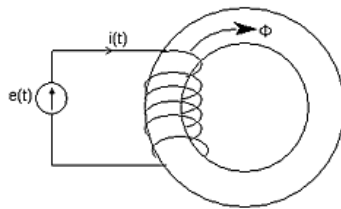


Рисунок 1. Схема підключення замкнутого феромагнітного магнітопроводу з котушкою

Відповідно до закону повного струму можна записати, що

$$H \cdot \ell = N \cdot i. \quad (1)$$

У роботах М. А. Шакірова запропоновано використовувати поняття магнітного струму зміщення, а саме, $i'' = d\Phi/dt$, за аналогією з електричним струмом зміщення щільністю dD/dt . Подібно до електричного струму зміщення, що протікає через ємнісний елемент, магнітний струм зміщення повинен протікати через магнітний ємнісний елемент C_m . Після диференціювання виразу (1) за часом, отримали вираз

$$\frac{dH}{dB} \frac{dB}{dt} \ell = N \frac{di}{dt}. \quad (2)$$

Перетворимо вираз (2), використовуючи позначення диференціальної магнітної проникності $\mu^d = dB/dH$

$$\frac{\ell}{S\mu^d} \frac{d\Phi}{dt} = N \frac{di}{dt}, \quad (3)$$

де S - площа поперечного перерізу магнітопроводу.

Згідно зі виразу (3) можна записати, що

$$\Phi' = \frac{Ni'}{\frac{\ell}{S\mu^d}} = i'' \cdot \quad (4)$$

Виконаємо формальне перетворення виразу (4), вводячи диференціальну ємність

$$i^m = \Phi' = C_m^d \frac{du_{cm}}{dt}, \quad (5)$$

де C_m^d - диференціальна ємність так званого магнітного конденсатору.

Згідно з виразів (4) та (5)

$$Ni' = \Phi' / C_m^d \quad (6)$$

Тоді МРС и магнітна напруга будуть пов'язані між собою за виразом

$$Ni = \Phi / C_m^d. \quad (7)$$

Взаємний вплив електричного та магнітного кіл здійснюють за допомогою гіраторів. Гіратор вперше запропонований Теледженом. Гіратор є елементом кола, який має два порти – рис. 2.

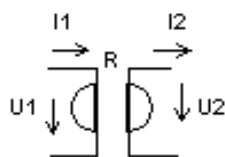


Рисунок 2. Позначення гіратора на схемі

Струм і напруга на вході та виході гіратора зв'язані співвідношеннями

$$\left. \begin{aligned} U_1 &= R \cdot I_2 \\ U_2 &= R \cdot I_1 \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

де R - коефіцієнт гірації.

Будемо інтерпретувати вираз (7) наступним чином. У схемі заміщення магнітної вітки є магнітний струм, рівний похідній магнітного потоку. У магнітну вітку включений магнітний конденсатор з диференціальною ємністю. Вплив магнітної вітки на котушку, а також вплив котушки на магнітну вітку враховано включенням гіратора з коефіцієнтом гірації N - рис. 3.

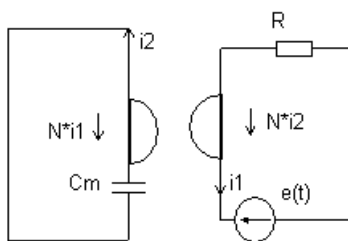


Рисунок 3. Схема заміщення котушки

МЕСЗ розглядається, як єдине коло, для якого складаються рівняння за законами Кірхгофа і виконується розрахунок числовими методами.

Список використаних джерел

1. Tellegen В. D. H. The gyrator a new electric network element. *Philips Res. Rep.* 1948. № 3. P. 81-101.
2. Тиховод С. М. Моделювання перехідних електромагнітних процесів в трансформаторах на основі магнітоелектричних схем заміщення: підручник. Запоріжжя: ЗНТУ, 2017. 94 с.
3. Тиховод С. М., Токмаков И. Моделирование переходных процессов в электромагнитных устройствах на основе магнитоэлектрических схем замещения с магнитными конденсаторами. *Електротехніка та електроенергетика.* 2013. № 1. С. 5-12.

УДК 621.315.592:621.383

ЗАСТОСУВАННЯ КВАНТОВИХ ТОЧОК У СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЯХ

Сосницька Н. Л., д.п.н.,

Дяденчук А. Ф., к.т.н.,

Морозов М. В., к.ф.-м.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного,
м. Мелітополь*

alena.dyadenchuk@tsatu.edu.ua

Актуальність та постановка проблеми. Стрімкий розвиток у галузі нанотехнологій спонукав до вивчення проблеми квантових станів електрона в низьковимірних системах (квантові ями, квантові нитки і квантові точки). Дані системи знаходять все більш широке застосування в елементній базі сучасної електроніки, в тому числі при перетворенні сонячної енергії в електричну. Властивості таких структур, а отже і приладів на їх основі, в основному визначаються їх електронним спектром, який відрізняється від електронного спектру об'ємних матеріалів. Ця відмінність обумовлена ефектами розмірного квантування, а також ефектами змішування електронних станів на гетерограницях. Крім того особливістю сучасного етапу розвитку наноелектронних приладів є ускладнення їх конструкції для створення якісно нових систем з поліпшеними характеристиками. Оскільки створення якісних напівпровідникових гетероструктур з квантовими структурами є дорогим і трудомістким процесом, важливим є завдання попереднього чисельного розрахунку параметрів приладів з даними структурами і діагностика вже створених приладів. Дослідження властивостей напівпровідникових гетероструктур є одним з основних наукових напрямів сучасної фізики напівпровідників, опто- і наноелектроніки тощо.

Для виготовлення сонячних панелей наразі найефективнішим є використання поруватого кремнію [1], що дозволяє підвищити коефіцієнт поглинання. Найпростішою моделлю структури поруватого кремнію є набір квантових ниток циліндричної форми з оболонкою. Для такої квантової структури рух носіїв заряду обмежений у радіальному напрямку [2], тому представляє інтерес розрахунок енергетичного спектру у цьому випадку.

В останні декілька десятиліть квантові точки GaN почали привертати до себе увагу завдяки зміщенню основної смуги фотолюмінесценції в глибоку ультрафіолетову область спектру. Відмінною особливістю квантово-розмірних систем є більш яскрава вираженість квантових ефектів, таких, як поява дискретного енергетичного спектру, прояв співвідношення невизначеностей та інші. Актуальною задачею залишається розгляд квантових точок та їх використання у сонячних батареях з метою підвищення коефіцієнту корисної дії.

Метою даної роботи є розгляд технології отримання квантових точок GaN на поверхні поруватого GaAs та математичного моделювання стану електронів у квантовій точці для оптимізації параметрів сонячних батарей третього покоління.

Основні матеріали дослідження. Запропонована будова сонячного елемента на основі структури, що являє собою квантові точки GaN на поруватому GaAs (рис. 1).

Для вирощування квантових точок GaN використано підкладки поруватого GaAs, одержані методом анодного електрохімічного травлення монокристалічних пластини n-GaAs орієнтації (001). Більш детально методика одержання поруватих напівпровідників описана в роботі [3]. Для отримання квантових точок GaN на поруватому GaAs обрано метод радикало-променевої епітаксії.

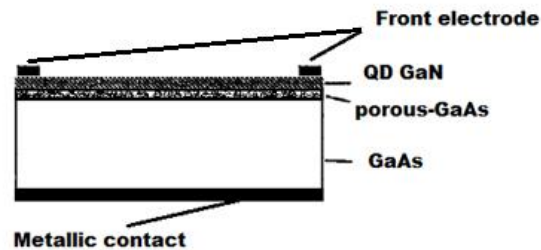


Рисунок 1. Структура сонячного елемента на основі гетероструктури GaN/porous-GaAs/GaAs

Для виготовлення сонячних елементів використано гетероструктури з тетраедральними квантовими точками. Розміри квантових точок наступні: довжина ребра $a=8...12$ мкм; кут $\alpha=60^\circ$. Додатковий енергетичний спектр електронів у тетраїдній квантовій точці залежить від її розмірів:

$$E = \frac{\hbar^2}{8ma^2} \left(n_1^2 + n_2^2 + \frac{3}{2}n_3^2 \right). \quad (1)$$

Крім того, пори у GaAs є аналогом квантових ниток (циліндричних квантових точок, в яких висота багато більше діаметра ($h \gg d$)). Тому рух носіїв заряду у радіальному напрямку обмежений та власні значення енергії дорівнюють:

$$E = \frac{\hbar^2}{2m} \left(\frac{4\xi_n^2}{d^2} + \frac{\pi^2 n_4^2}{h^2} \right), \quad (2)$$

де $n_1, n_2, n_3, n_4 = 1, 2, 3, \dots$ – квантові числа; ξ_n – нулі функції Бесселя.

Висновок. Досягається розширення діапазону спектра поглинання та збільшуються коефіцієнт використання сонячної енергії і корисної дії сонячного елемента. Результати досліджень можна застосовувати при розробці імітаційних віртуальних лабораторних робіт на основі комп'ютерного моделювання квантових явищ та процесів при вивченні курсу «Фізико-математичне забезпечення магістерських програм» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка і електромеханіка» [4].

У подальшому представляють інтерес розрахунки спектрів поглинань та дослідження впливу дисперсії розмірів квантових точок на ширину смуги спектра поглинань з метою підвищення коефіцієнту корисної дії сонячних батарей з використанням квантових точок.

Список використаних джерел

1. Хрипко С. Л., Кідалов В. В. Сонячні батареї створенні на основі низько-розмірних нанокompatитних структур. *Журнал нано- та електронної фізики*. 2016. Т. 8, № 4(2). С. 04071-1-04071-10.
2. Морозов М. В., Халанчук Л. В. Моделювання стану електрона у циліндричній квантовій точці з оболонкою. *Вісник Запорізького національного університету. Сер. Фізико-математичні науки*. Запоріжжя, 2019. № 2. С. 117-123.
3. Dyadenchuk A. F. Obtaining and research of properties of porous GaAs. *International Journal of Modern Communication Technologies & Research*. 2014. Vol. 2, № 11. P. 5-6.
4. Sosnytska N., Morozov M., Khalanchuk L. Modeling of Electron State in Quantum Dot Structures. *2020 IEEE Problems of Automated Electrodrive. Theory and Practice (PAEP)*. Kremenchuk, 2020. P. 1-5.

УДК 538.91:621.38

ВИЗНАЧЕННЯ ПОТЕНЦІАЛУ ПЛОСКИХ ЗОН НАПІВПРОВІДНИКОВОГО ЕЛЕКТРОДУ В РОЗЧИНІ ЕЛЕКТРОЛІТУ

Дяденчук А. Ф., к.т.н.

alena.dyadenchuk@tsatu.edu.ua

Кідалов В. В., д.ф.-м.н.

KidalovV.V@gmail.com

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного,
м. Мелітополь

Актуальність та постановка проблеми.

Інтерес до отримання екологічно чистих джерел енергії і досі не зменшується. Це стало своєрідним поштовхом до вивчення поруватих напівпровідників отриманих методом електрохімічного травлення [1] і, відповідно, процесів, що відбуваються на межі поділу напівпровідник-розчин електроліту.

Вивчення даної межі має як фундаментальне, так і практичне значення. Спроба вивчення і маніпулювання цими процесами на більш тонкому (атомному) рівні знайшли нові можливості застосування в мікроелектроніці [2], екологічної реабілітації, виробництві датчиків, сонячних батарей, тощо.

В якості приладових структур пропонується використання поруватих сполук груп A_3B_5 [3] і A_2B_6 [4]. До числа найбільш перспективних напівпровідників типу A_2B_6 , у зв'язку з широкою сферою застосування як матеріалу для виробництва оптичних елементів, високотемпературних детекторів іонізуючого випромінювання тощо, належить селенід цинку.

Тому вивчення межі розділу електроліт-porous-ZnSe, використання якої надасть можливість плавно керувати поверхневим потенціалом у широкому діапазоні, а з отриманих дослідних залежностей коефіцієнта відбиття від потенціалу електрода визначити напруженість поля біля поверхні потенціалу плоских зон, розподіл за енергіями, заселеність і концентрацію поверхневих станів [6], є актуальним завданням сучасної фізики напівпровідників.

Метою даної роботи є визначення потенціалу плоских зон електрода porous-ZnSe в розчині електроліту.

Основні матеріали дослідження.

Для вимірювання потенціалу плоских зон використовують вольт-фарадний метод, метод вимірювання залежності фотонапруги в розімкнутій комірці від інтенсивності підсвічування, аналіз залежності фотоструму або поверхневої провідності від прикладеного потенціалу. Перший метод є найбільш популярним. У вольт-фарадному методі потенціал плоских зон визначається за лінійною екстраполяцією вольт-фарадної характеристики, побудованої в координатах Мотта-Шотткі ($C^{-2} - U$).

Процес вимірювання потенціалу плоских зон складався з декількох етапів.

На першому етапі методом електрохімічного травлення монокристалічного селеніду цинку були отримані дослідні зразки поруватого ZnSe [5] – рис. 1. Контакт між електролітом і зразком створювався за допомогою кільця ущільнювача.

При взаємодії двох провідних середовищ встановлюється рівноважний стан, що характеризується вирівнюванням рівня Фермі і рівня окислювально-відновлювального потенціалу, а в області переходу енергетичні зони будуть викривлені, внаслідок чого виникне перерозподіл концентрації носіїв заряду.

На наступному етапі вимірювалися вольт-фарадні характеристики за допомогою установки, наведеної на рисунок 2, де: 1 – дослідний зразок, 2 – фторопластова комірочка з електролітом, 3 – платиновий електрод, 4 – імпульсний ультрафіолетовий лазер на молекулярному азоті, 5 – широкосмуговий підсилювач, 6 – вольтметр, 7 – джерело

живлення і змінний потенціометр. Дана установка може бути застосована для різних напівпровідників і різних електролітів.

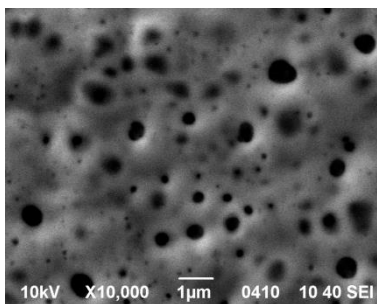


Рисунок 1. СЕМ-мікрофотографія поверхні дослідного зразка porous-ZnSe

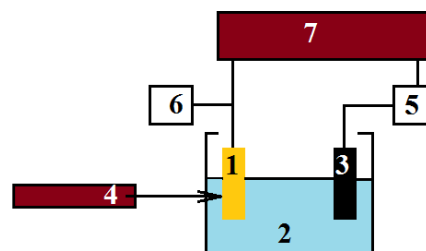


Рисунок 2. Схематичне зображення установки для вимірювання вольт-фарадних характеристик

Графік вимірної експериментально ємності в координатах $C^{-2}(U)$ є прямолінійним, оскільки диференціальна ємність приблизно дорівнює загальній вимірюваній ємності, а за відрізком, що відсікається на осі абсцис ($C^{-2} \rightarrow 0$), визначається потенціал плоских зон. Експериментально розраховане значення потенціалу плоских зон склало 0,5 В.

Висновок. Створення нових матеріалів із наперед заданими властивостями для напівпровідникової електроніки вимагає відповідних засобів та методів діагностики їхніх параметрів, серед яких особливе місце займає метод електрохімічного вольт-фарадного профілювання. У роботі розраховано потенціал плоских зон напівпровідникового електрода porous-ZnSe в розчині електроліту, який становить 0,5 В. Наведено етапи проведення даного методу.

Список використаних джерел

1. Дяденчук А. Ф., Кідалов В. В. Отримання поруватих напівпровідників методом електрохімічного травлення: монографія. Бердянськ: БДПУ, 2017. 111 с.
2. Батенков В. А. Электрохимия полупроводников: учеб. пособие. Изд. 2-е, допол. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2002. 162 с.
3. Дяденчук А. Ф., Кідалов В. В. Использование пористых соединений АЗВ5 для обкладок суперконденсатора. *Журнал нано- и электронной физики*. 2015. Т. 7, № 1. С. 01021.
4. Дяденчук А. Ф., Кідалов В. В. Гетероструктури n-ZnO:Al/porous-CdTe/p-CdTe в якості фотоелектричних перетворювачів. *Наносистеми, наноматеріали, нанотехнології*. 2017. Т. 15, № 3. С. 487-494.
5. Дяденчук А. Ф., Кідалов В. В. Получение пористого ZnSe методом электрохимического травления. *Журнал нано- электронной физики*. 2013. Т. 5, № 3. С. 03033.

УДК 621.313.1

ДОСЛІДЖЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ ПРИСТРОЮ В ЯКОСТІ ФІЛЬТРУ ЛІНІЙНИХ НАПРУГ

Попова І. О., к.т.н.

irirnapopova54@gmail.com

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного,
м. Мелітополь

Актуальність та постановка проблеми. Причин виходу з ладу обмотки статора АД багато, до них належать: струмові перевантаження обмотки статора збоку виникнення неприпустимої асиметрії напруги фаз мережі (до 50%) або обрив фазного проводу виходить з ладу до 45% статорних обмоток АД та інші [1]. Найбільш простими пристроями надійного діагностування несиметричних режимів трифазної напруги є фільтри симетричних складових, які розділяються на фільтрові датчики напруги: прямої, зворотної і нульової послідовностей, параметри складових елементів фільтрів напруги визначаються таким чином, щоб виділити ту, чи іншу симетричну складову напруги [2, 3].

Основні матеріали дослідження. Фільтр напруги – це спеціальний пристрій у вигляді електричної схеми, який виділяє із несиметричної напруги мережі якусь симетричну складову напруги. Дослідимо можливість використання пристрою (рис. 1.а), який містить дві котушки з однаковими параметрами і конденсатор в якості фільтру напруги прямої і зворотної послідовностей. При несиметричній системі лінійних напруг кола напруги у фазах *a* і *c* визначаються згідно позначень рис. 1.б і комплексів фазних провідностей Y_a, Y_b, Y_c за рівняннями

$$\dot{U}_a = \frac{\dot{U}_{a\bar{b}} \cdot Y_b + \dot{U}_{ac} \cdot Y_c}{Y_a + Y_b + Y_c}; \quad \dot{U}_c = \frac{\dot{U}_{ca} \cdot Y_a + \dot{U}_{c\bar{b}} \cdot Y_b}{Y_a + Y_b + Y_c}. \quad (1)$$

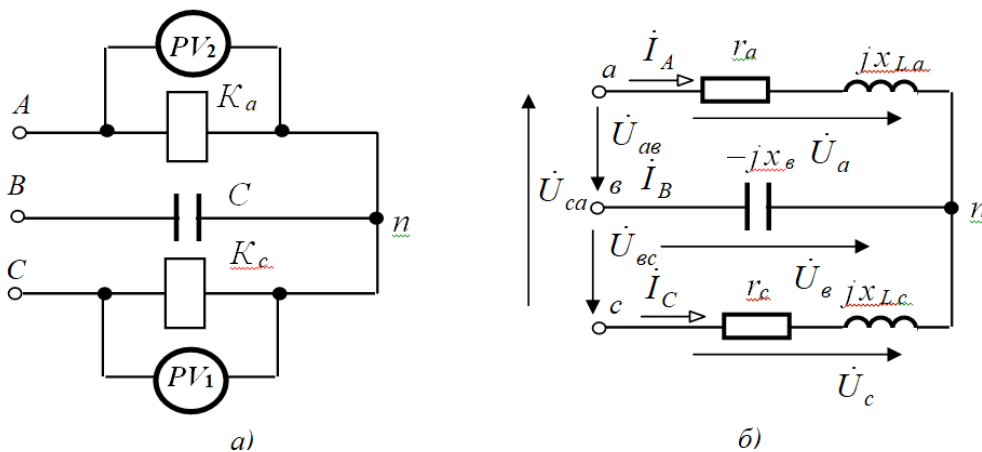


Рисунок 1. Принципова (а) і розрахункова (б) електричні схеми пристрою

Лінійні напруги при з'єднанні зіркою не містять складової напруги нульової послідовності. Тоді представимо лінійні напруги пристрою через симетричні складові несиметричної лінійної напруги

$$\begin{cases} \dot{U}_{a\bar{b}} = \dot{U}_{a\bar{b}1} + \dot{U}_{a\bar{b}2} = \dot{U}_1 + \dot{U}_2; \\ \dot{U}_{bc} = a^2 \cdot \dot{U}_{a\bar{b}1} + a \cdot \dot{U}_{a\bar{b}2} = a^2 \cdot \dot{U}_1 + a \cdot \dot{U}_2; \\ \dot{U}_{ca} = a \cdot \dot{U}_{a\bar{b}1} + a^2 \cdot \dot{U}_{a\bar{b}2} = a \cdot \dot{U}_1 + a^2 \cdot \dot{U}_2, \end{cases} \quad (2)$$

де a – оператор трифазної системи, $a = e^{j120^\circ}$.

Визначимо фазні напруги (1) через лінійні напруги (2) пристрою

$$\begin{aligned} \dot{U}_a &= \frac{\dot{U}_1 \cdot (Y_\epsilon - a \cdot Y_c) + \dot{U}_2 \cdot (Y_\epsilon - a^2 \cdot Y_c)}{Y_a + Y_\epsilon + Y_c}, \\ \dot{U}_c &= \frac{\dot{U}_1 \cdot (a \cdot Y_a - a^2 \cdot Y_\epsilon) + \dot{U}_2 \cdot (a^2 Y_a - a \cdot Y_\epsilon)}{Y_a + Y_\epsilon + Y_c}. \end{aligned} \quad (3)$$

Якщо прийняти $(Y_\epsilon - a \cdot Y_c) = 0$ та $(a^2 \cdot Y_a - a \cdot Y_\epsilon) = 0$, то з (3)

$$\dot{U}_a = \dot{U}_2 \frac{(Y_\epsilon - a^2 \cdot Y_c)}{Y_a + Y_\epsilon + Y_c}; \quad \dot{U}_c = \dot{U}_1 \frac{(a \cdot Y_a - a^2 \cdot Y_\epsilon)}{Y_a + Y_\epsilon + Y_c}. \quad (4)$$

Таким чином, напруга фази «а» пристрою містить тільки симетричну складову зворотної послідовності (покази вольметра V2), напруга фази «с» містить тільки симетричну складову прямої послідовності (покази вольметра V1). Умовою фільтру є $Y_a = Y_c = a^2 \cdot Y_\epsilon$; якщо провідність фази «с» $Y_\epsilon = j\omega C$ (де ω – кругова частота), тоді

$$Y_a = Y_c = a^2 \cdot j\omega C = g - jb_L, \quad (5)$$

де активна провідність $g = \frac{r_a}{z^2} = \frac{\sqrt{3} \cdot \omega C}{2}$, якщо квадрат повного опору

$z^2 = r^2 + (\omega L)^2$, реактивна провідність $b_L = \frac{\omega L}{z^2} = \frac{\omega C}{2}$. Співвідношення опорів

катушки і конденсатора в пристрої: активний опір $r = \frac{z^2 \cdot \sqrt{3} \cdot \omega C}{2}$; індуктивний опір

$\omega L = \frac{z^2 \cdot \omega C}{2}$. Співвідношення опорів катушки дорівнюють $\frac{r}{\omega L} = \sqrt{3}$ [4, 5].

Пристрій можна використовувати в якості фільтру напруги прямої і зворотної послідовностей за умови підбору параметрів катушок і конденсатора.

Висновок. Запропонований пристрій можна використовувати в якості фільтра напруги прямої і зворотної послідовності в разі дотримання співвідношення параметрів.

Список використаних джерел

1. Попова І. О., Мінкін О. В. Ресурсозберігаючий пристрій захисту від несиметричних режимів асинхронних двигунів двигуна. *Вітчизняна наука на зламі епох: проблеми та перспективи розвитку*: зб. наук. праць Всеукр. наук.-практ. Інтернет-конф. (м. Переяслав-Хмельницький, 17 листопада 2018 р.). Переяслав-Хмельницький, 2018. Вип. 46. С. 495-499.

2. Попова І. О. Визначення параметрів активно-ємнісного фільтра напруги зворотної послідовності. *Сучасний стан та перспективи розвитку електротехнічних систем*: зб. тез доп. I Всеукр. наук.-практ. Інтернет-конф. пам'яті В.В. Овчарова. Мелітополь, 2020. С. 18-19.

3. Попова І. О., Попрядухін В. С. Параметри контролю несиметричних режимів роботи асинхронних двигунів для розробки ефективного захисту. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2019. Вип. 9, т. 1. DOI: 10.31388/2220-8674-2019-1-41.

4. Попова І. О. Пристрій діагностування та захисту групи асинхронних електродвигунів. *Сучасний стан та перспективи розвитку електротехнічних систем*: зб. тез доп. II Всеукр. наук.-практ. Інтернет-конф. пам'яті В.В. Овчарова. Мелітополь, 2020. С. 44-45.

5. Попова І. О. Контроль режимів роботи асинхронних двигунів при несиметрії напруг мережі: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.09.16. Мелітополь: ТДАТА, 2003. 20 с.

УДК 621.374.3

ПРИСКОРЕННЯ РЕЖИМУ РОБОТИ ОПТРОНА ШЛЯХОМ АКТИВНОГО ПРИГНІЧЕННЯ ЕФЕКТУ МІЛЛЕРА

Курашкін С. Ф., к.т.н.

Вдовін Б. В., магістрант

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного,
м. Мелітополь

serge.kuras@gmail.com

vdovinbogdan0@gmail.com

Актуальність та постановка проблеми. Під час проектування схем керування потужними електроприводами із застосуванням MOSFET або IGBT транзисторів у деяких випадках необхідно передбачити гальванічну розв'язку – для зв'язку кіл керування і силової частини, між якими є значна різниця потенціалів; захисту вимірювальних перетворювачів від завад; безконтактного керування потужними тиристорами, електромеханічними реле тощо. З цією метою застосовують оптрони, в яких, як правило, вихідне коло являє собою біполярний транзистор. Паразитна ємність, утворена $p-n$ -переходом «колектор-база» такого транзистора під час перехідних процесів негативно впливає на швидкість перемикання – це явище також відомо як ефект Міллера [1]. Найпоширенішим методом боротьби з ефектом Міллера є включення додаткового резистора, але головним недоліком такого рішення є наднизька швидкість перемикання. У пропонованому матеріалі розглянуто варіанти вирішення цієї проблеми з можливістю роботи на високих частотах.

Основні матеріали дослідження. Для розробки та порівняння схематичних рішень застосовувалось комп'ютерне забезпечення LTSpice.

Спочатку для порівняння розглянемо поведінку оптрону U1 в звичайному включенні, схема якого зображена на рис. 1.

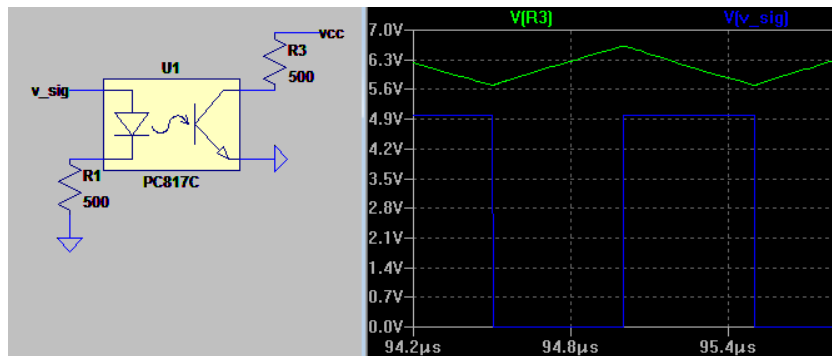


Рисунок 1. Звичайне підключення оптрону та осцилограма вхідних і вихідних імпульсів.

З осцилограми можна побачити, що при довжині вхідних прямокутних імпульсів $V(v_sig)$ тривалістю 100 мкс, вихідні імпульси $V(R3)$ не мають усталених значень, тобто оптопара спрацьовує нечітко.

Пропонований варіант бюджетного рішення даної проблеми оснований на боротьбі з вихідною ємністю оптрона за допомогою струмового компаратора, який складається з двох струмових дзеркал Q4-Q5 і Q6-Q7 на базі транзисторних збірок BC856B. Додатковий конденсатор C4 на вході оптопари необхідний для прискореної зарядки ємності $p-n$ -переходу світлодіода. Таким чином на виході маємо прямий зростаючий фронт сигналу, та невелике відставання спадного фронту при частоті 10 МГц. Принципова схема та графік вихідного сигналу $V_c(Q6)$ наведено на рисунку 2.

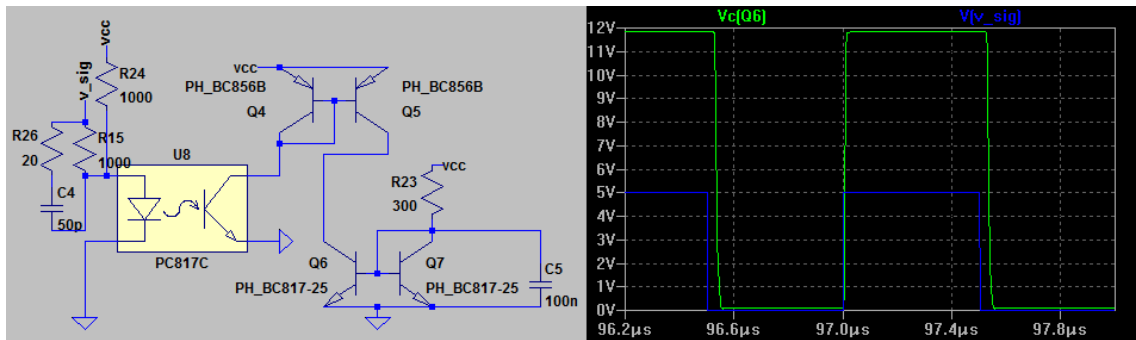


Рисунок 2. Принципова схема подолання ефекту Міллера в оптроні на базі струмових дзеркал.

Для отримання більш стабільного спадного фронту пропонується замінити компаратор на транзисторних збірках компаратором U6 промислового виконання, наприклад, типу LTC6752 [2]. Ця мікросхема має значно покращені характеристики на високих частотах, аж до 280 МГц. Принципова схема такого рішення наведена на рисунку 3. Однак такий спосіб більш затратний на відміну від попереднього.

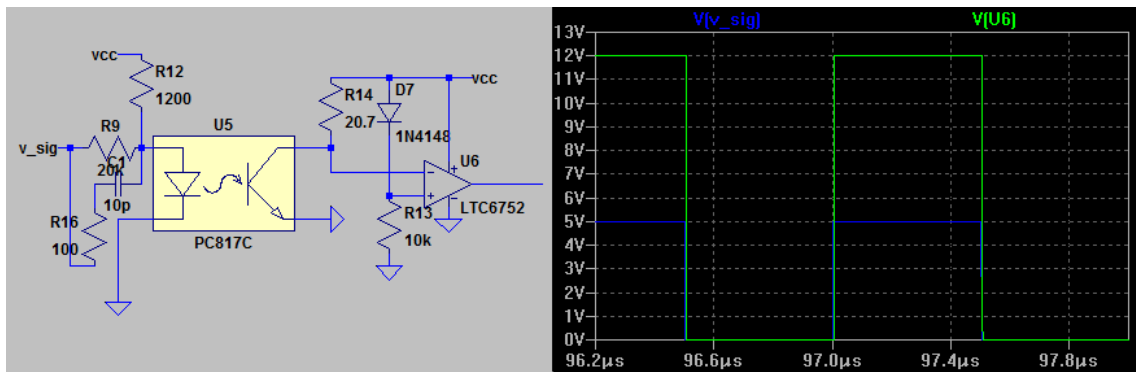


Рисунок 3. Принципова схема подолання ефекту Міллера в оптроні на базі промислового компаратора LTC6752.

Висновки. Приведені технічні рішення можуть мати широке застосування у системах керування де необхідно забезпечити зворотній зв'язок, або в системах керованого електроприводу верстатів з ЧПУ де необхідно гальванічне розв'язання мережі живлення від кіл керування. В той же час таке схематичне рішення у деяких випадках є більш дешевим, ніж застосування надшвидких оптронів.

Список використаних джерел

1. Вдовін Б. В., Курашкін С. Ф. Боротьба з ефектом Міллера в схемах керування MOSFET та IGBT транзисторами. *Проблеми механізації та електрифікації технологічних процесів*: матеріали VI Всеукр. наук.-техн. Інтернет-конференції молодих учених, магістрантів та студентів за підсумками наукових досліджень 2018 року. Мелітополь: ТДАТУ, 2019. С. 47.

2. LTC6752. Техническое описание и информация о продукте. URL: <https://www.analog.com/ru/products/ltc6752.html#product-overview> (дата звернення: 13.03.2021).

УДК 621.316

АНАЛІЗ НЕСИМЕТРІЇ НАПРУГ ТА СТРУМІВ МЕРЕЖІ ТА МЕТОДІВ БОРОТЬБИ З НЕЮ

Бурлаков А. В., студент

Bartem746@gmail.com

Науковий керівник: Вовк О. Ю., к.т.н.

Oleksandr.vovk@tsatu.edu.ua

Таврійський державний агротехнологічний університет ім. Дмитра Моторного,
м. Мелітополь

Актуальність та постановка проблеми. На сьогоднішній день суттєвим негативним фактором, що істотно впливає на якість електроенергії в мережі, є несиметрія напруг та струмів [1 – 2]. У трифазній системі змінного струму вона характеризується тим, що амплітуди фазних напруг (струмів) не рівні між собою, а кути зсуву фаз між ними розподілені нерівномірно [3]. Зазначене по різному впливає на однофазні та трифазні споживачі. Для однофазних споживачів важливим є тільки значення напруги тієї фази, до якої вони підключені. Для трифазних споживачів, наприклад, трифазних двигунів, важливим параметром також є рівномірність розподілення напруг по фазам. Несиметрія є суттєвою проблемою для роботи елементів електричних мереж, тому у роботі поставлена задача проаналізувати як саму несиметрію, так і методи боротьби із нею.

Основні матеріали дослідження. Будь-яку несиметричну систему трьох напруг можна розкласти на три симетричні системи: прямої послідовності, чергування фаз якої збігається з чергуванням фаз вихідної системи, зворотної послідовності, чергування фаз якої протилежне, і нульової послідовності, всі вектори якої спрямовані однаково. Трипровідна система у своєму складі складову нульової послідовності не має [4]. При появі несиметрії з'являються напруги і струми зворотної і нульової послідовності, що призводить до додаткових втрат потужності та енергії, а також втрат напруги в мережі, що погіршує режими і техніко-економічні показники її роботи [5]. Якщо розглядати шкідливий вплив несиметрії на прикладі асинхронних двигунів, як на одних з найпоширеніших видів трифазних споживачів, то складову прямої послідовності можна розглядати як основну корисну частину, а складову оберненої та нульової послідовності – як перешкоду. Під впливом несиметрії в навантаженні протікають відповідні струми, які не виконують корисної роботи та призводять, наприклад, до зниження швидкості обертання валу машини та до його додаткового нагріву. Відповідно до цього й термін служби навантаження буде скорочуватись пропорційно коефіцієнту несиметрії в мережі. Причин несиметрії напруг багато, але основною з них є нерівність розподілу навантаження по фазам [6], яке пов'язано з однофазним виконанням значної частини побутових і промислових електроприймачів. Зазначене призводить до того, що вказані споживачі можуть бути підключені в мережу нерівномірно, або вмикатись на різних фазах в неоднаковий час. Для вимірювання несиметрії напруг розроблений прилад, в основу роботи якого покладено використання фільтрів симетричних складових [7]. Прилад дозволяє вимірювати коефіцієнти несиметрії напруг по нульовій і зворотній послідовностей, фазових кутів напруг і струмів зворотної і нульової послідовностей. Але на сьогоднішній день такі прилади мають велику похибку вимірювань у зв'язку з високою чутливістю приладів до змін частоти в мережі. Існує декілька основних способів зменшення несиметрії напруг та струмів, названих ще симетризуванням. До них належать:

- зниження опору нульової послідовності елементів електричної мережі. Такий спосіб включає в себе зменшення опору нульового проводу за рахунок збільшення його перерізу. Такий спосіб хоча і існує, але на практиці майже не використовується, так як перехід на наступний номінал перерізу проводу потребує додаткових капітальних

витрат, що призведе до значного подорожчання лінії;

- поперечна компенсація реактивної потужності. В такому методі симетризування відбувається за рахунок використання конденсаторних батарей в установках для компенсації реактивної потужності. Шляхом несиметричного розподілення по фазам потужності батарей, можна одночасно з підвищенням коефіцієнта потужності домогтися компенсації струмів зворотної послідовності в лінії та трансформаторі. Слід зауважити, що такий спосіб має сенс лише при відносній стабільності несиметрії;

- перерозподіл однофазних навантажень. Такий метод імовірно найбільш простий та доступний і не потребує суттєвих капітальних витрат. Також його застосування дозволяє суттєво зменшити несиметрію напруг та струмів у електричних мережах з комунально-побутовим та змішаним навантаженням. Такий метод має за мету періодично контролювати несиметрію в низковольтній мережі, шляхом вимірювань відповідних величин на трансформаторній підстанції, та рівномірно розподіляти споживачів по фазам. Також для отримання більш точних даних складають карту (схему) розподілення навантаження в мережі і здійснюють подальші підключення відповідно до неї.

Висновок. У роботі розглянуті актуальність проблеми несиметрії, її наслідки та причини виникнення. Проаналізовано методи можливого усунення несиметрії напруг та струму.

Список використаних джерел

1. Вовк О. Ю. Керування асинхронним електродвигуном за мінімумом витрати ресурсу ізоляції. *Сучасний стан та перспективи розвитку електротехнічних систем: матеріали I Всеукр. наук.-практ. Інтернет-конф. пам'яті В.В. Овчарова*, Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 49-50.
2. Вовк О. Ю. Ресурсозберігаюче управління асинхронними електродвигунами. *Енергозабезпечення технологічних процесів: зб. тез доп. VIII Міжнар. наук.-практ. конференції пам'яті І.І. Мартиненка*. Мелітополь: ТДАТУ, 2019. С. 12.
3. Овчаров В. В., Вовк О. Ю. Теоретичні передумови комплексного діагностування асинхронних електродвигунів. *Праці Таврійського державної агротехнічної академії*. Мелітополь, 2001. Вип. 1, т. 21. С. 4-6.
4. Правила улаштування електроустановок. 2-ге вид., переробл., і допов. Харків: Форт, 2009. 736 с.
5. Овчаров В. В., Вовк О. Ю. Загальна електротехніка: навчальний посібник. Мелітополь: Люкс, 2018. 310 с.
6. Управление качеством электроэнергии: учебное пособие / И. И. Карташев и др.; под ред. Ю. В. Шарова. Москва: МЭИ, 2017. 347 с.
7. Коковин В. Е. Фильтры симметричных составляющих в релейной защите. Москва: Энергия, 1968. 90 с.

УДК 621. 316. 929

ДОСЛІДЖЕННЯ ОПОРІВ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА ПРИ РОБОТІ В НЕСИМЕТРИЧНОМУ РЕЖИМІ

Попова І. О., к.т.н.

irirnapopova54@gmail.com

Макенов П. С., студент

tankist2002mlt@gmail.com

Таврійський державний агротехнологічний університет ім. Дмитра Моторного,
м. Мелітополь

Актуальність та постановка проблеми. Сільські розподільчі мережі 0,38/0,22 кВ відзначаються значною довжиною та змішаним підключенням однофазних і трифазних споживачів. Число електроустановок з несиметричним навантаженням постійно збільшується. Поряд з цим зростає число однофазних споживачів, що вносять несиметричну складову в трифазну мережу, причому, включення їх носить випадковий характер. Тому, асинхронні двигуни (АД) у сільськогосподарському виробництві практично завжди працюють в режимі несиметрії напруг мережі [1].

Актуальність та постановка проблеми. Для оцінки несиметрії напруг, яка підведена до АД, скористаємося коефіцієнтом напруги зворотної послідовності, який знайдемо за рівнянням

$$K_{U2\%} = (U_2/U_{\text{лн}}) 100\%, \quad (1)$$

де U_2 – величина напруги зворотної послідовності, В;

$U_{\text{лн}}$ – номінальна лінійна напруга двигуна, В.

У АД в робочому режимі повні опори прямої і зворотної послідовностей відрізняються за величиною, при чому $Z_1 > Z_2$. Різниця в значеннях опорів Z_1 і Z_2 обумовлена різними напрямками обертання магнітних полів, утворених струмами прямої і зворотної послідовностей. Рівність цих опорів спостерігається тільки при знаходженні ротора в робочому режимі в нерухомому стані, тобто при пуску або при «перекиданні» двигуна [2].

Активний і індуктивний опір розсіювання обмоток статора АД визначаємо за формулами

$$r_1 = \frac{R_1' X_1'}{X_1'}; \quad (1)$$

$$x_1 = \frac{2X_1' X_\mu'}{X_\mu' + \sqrt{X_\mu'^2 + 4X_1' X_\mu'}}. \quad (2)$$

Схема заміщення АД зворотної послідовності аналогічна схемі заміщення прямої послідовності, тільки активний опір r_2''/s прямої послідовності замінюється на $r_2''/(2-s)$ зворотної послідовності, де s – ковзання. Повні приведені опори фаз ротора АД прямої і зворотної послідовностей визначимо наступним чином [3]

$$Z_{r1} = r_2''/s + jX_2''; \quad (4)$$

$$Z_{r2} = r_2''/(2-s) + jX_2''. \quad (5)$$

Величини повних опорів АД прямої і зворотної послідовностей для Г-образної схеми заміщення визначимо за допомогою рівнянь

$$Z_1 = \frac{Z_m(Z_s + Z_{r1})}{Z_m + Z_s + Z_{r1}}, \quad (6)$$

$$Z_2 = \frac{Z_m(Z_s + Z_{r2})}{Z_m + Z_s + Z_{r2}}, \quad (7)$$

де Z_m , Z_s , Z_{r1} , Z_{r2} – повні опори, відповідно, намагнічуючого контура, фазних обмоток статора, ротора прямої і зворотної послідовностей.

Ковзання s АД залежить від навантаження робочої машини, тобто є функцією моменту опору тертя M_0 , моменту опору при номінальній швидкості $M_{с.н.}$, коефіцієнта завантаження κ_3 , коефіцієнта x , характеризуючого механічну характеристику робочої машини, симетричних складових напруги прямої U'_1 і зворотної U'_2 послідовностей, а також величини номінального ковзання s_H АД. Залежності ковзання при несиметрії напруги АД для різних типів робочих машин в залежності від коефіцієнта x визначаються наступним чином [2, 3]

$$x=0 \quad s = \frac{\kappa_3}{\frac{u_1}{s_H} - u_2^2 m_{II}}, \quad (8)$$

$$x=1 \quad s = \frac{m_0 + \frac{\kappa_3 - m_0}{1 - s_H}}{\frac{\kappa_3 - m_0}{1 - s_H} + \frac{1}{s_H} u_1^2 - m_{II} u_2^2}, \quad (9)$$

$$x=2 \quad \frac{\kappa_3 - m_0}{(1 - s_H)^2} s^2 + [m_{II} u_2^2 - \frac{1}{s_H} u_1^2 - 2 \frac{(\kappa_3 - m_0)}{(1 - s_H)^2}] s + m_0 + \frac{\kappa_3 - m_0}{(1 - s_H)^2} = 0, \quad (10)$$

$$\text{де } m_0 = \frac{M_0}{M_H}, \quad m_{с.н.} = \frac{M_{с.н.}}{M_H} = 1, \quad m_k = \frac{M_k}{M_H}, \quad u_1 = \frac{U'_1}{U_H}, \quad u_2 = \frac{U'_2}{U_H},$$

M_H – номінальний момент АД при номінальній фазній напрузі U_H і номінальній частоті f_H .

Висновки. Оскільки повні опори прямої і зворотної послідовностей фаз АД є функцією ковзання s , тому збільшення ковзання АД, в силу збільшення коефіцієнта навантаження робочої машини, зменшує повний опір обмоток к статора, так ротора, збільшує фазні струми в обмотках статора АД.

Список використаних джерел

1. Попова І. О. Контроль режимів роботи асинхронних двигунів при несиметрії напруг мережі: автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.09.16. Мелітополь: ТДАТА, 2003. 20с.
2. Попова І. О. Математична модель режимів роботи асинхронного двигуна при несиметрії напруги. *Праці Таврійської державної агротехнічної академії*. Мелітополь, 2002. Вип. 5. С. 11–18.
3. Попова І. О. Визначення параметрів асинхронного електродвигуна при несиметрії напруги. *Праці Таврійської державної агротехнічної академії*. Мелітополь, 2002. Вип. 6. С. 90–94.

УДК 621.313.333

ВПЛИВ ВІДХИЛЕННЯ НАПРУГИ МЕРЕЖІ ЖИВЛЕННЯ НА РОБОТУ СПОЖИВАЧІВ

Грищенко О. С., студент

alexandr.grichenkov@gmail.com

Науковий керівник: Вовк О. Ю., к.т.н.

Oleksandr.vovk@tsatu.edu.ua

Таврійський державний агротехнологічний університет ім. Дмитра Моторного,
м. Мелітополь

Актуальність та постановка проблеми. Однією з обов'язкових умов безпечного ведення технологічних процесів на виробничих об'єктах є забезпечення їх якісною електричною енергією. Відхилення показників якості електроенергії від нормованих значень погіршують умови експлуатації електрообладнання енергопостачальних організацій та споживачів електроенергії, можуть призвести до значних збитків як в промисловості, так і в побутовому секторі [1 – 2]. Даний збиток має електромагнітну і технологічну складові. Електромагнітна складова визначається в основному додатковими втратами активної потужності і енергії і скороченням ресурсу електрообладнання [3 – 4]. Технологічна складова збитку пов'язана зі збільшенням тривалості виробничого процесу, зниженням продуктивності електрообладнання і, отже, зі збільшенням питомого електроспоживання на одиницю виробленої продукції [5 – 7]. Різні показники якості електроенергії неоднаково впливають на режими роботи споживачів і економічні збитки при їх порушенні. Розглянемо цей вплив від відхилення напруги мережі, який значно впливає на роботу електроприймачів, що беруть участь в технологічних процесах.

Основні матеріали дослідження. *Електротермічне обладнання.* Зниження напруги призводить до погіршення температурного режиму електротермічного обладнання, збільшення тривалості технологічного процесу і перевитрати електроенергії. Наприклад, для дугових сталеплавильних печей зниження напруги на 5 % призводить до зниження продуктивності печі на 10%. При значному зниженні напруги суттєво погіршується робота електротермічних установок, не забезпечується достатній нагрів твердих продуктів, що обумовлює забивання трубопроводів і апаратів.

Асинхронні електродвигуни. В асинхронних двигунах відхилення напруги викликають додаткові втрати активної потужності, додаткове споживання реактивної потужності, скорочення терміну служби ізоляції, зниження продуктивності механізмів і збільшення питомої витрати електроенергії через збільшення тривалості технологічного процесу. При негативних значеннях відхилень напруги збільшення струму пропорційно зниженню напруги, а збільшення втрат активної потужності пропорційно квадрату зниження напруги. У разі підвищення напруги на 1% реактивна потужність, споживана асинхронним двигуном, збільшується в середньому на 3%. Значне зниження напруги може привести до зупинки електродвигуна або неможливості запуску електродвигуна, що призводить в рух машину з важкими умовами пуску. При раптовій зупинці електродвигуна насоса, що перекачує рідину, нафтопродукти, тощо, може виникнути гідравлічний удар, який обумовить руйнування трубопроводів і арматури. Недостатні обертаючі моменти електродвигунів можуть стати причиною браку продукції, псування напівфабрикатів. Наприклад, в мішалці можливе утворення неоднорідних сумішей.

Електролізне обладнання. У електролізному виробництві негативні значення усталеного відхилення напруги призводять до зниження продуктивності електролізних ванн і підвищенню питомих витрат електроенергії. При зниженні напруги на 10% продуктивність електролізних ванн також знижується на 10%. У свою чергу,

підвищення напруги призводить до неприпустимого перегріву електролізних ванн.

Електроосвітлювальне обладнання. Відхилення напруги в освітлювальних мережах впливають на увесь виробничий процес. Збиток при позитивних відхиленнях напруги відбувається через скорочення терміну служби ламп. При збільшенні напруги на 10% термін служби ламп скорочується приблизно в 3 рази. Збиток від зниженого відхилення напруги пов'язаний зі зниженням продуктивності праці через зниження освітленості, що викликає підвищену стомлюваність органів зору, зниження продуктивності людини, збільшення травматизму і виробничого браку.

Висновок. Таким чином, зниження напруги істотно збільшує тривалість, погіршує якість і підвищує собівартість виробничих технологічних процесів. Підвищення напруги, в свою чергу, скорочує термін служби обладнання, підвищує ймовірність аварій на виробничих об'єктах. Істотні відхилення напруги можуть призводити до зриву технологічних процесів.

Список використаних джерел

1. Вовк О. Ю., Квітка С. О., Дідур В. А. Вплив відхилення живлячої напруги на ресурс ізоляції асинхронних електродвигунів поточкових технологічних ліній. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2019. Вип. 9, т. 2. DOI: 10.31388/2220-8674-2019-1-25.
2. Вовк О. Ю. Втрати потужності в асинхронному електродвигуні в умовах відхилення живлячої напруги. *Сучасний стан та перспективи розвитку електротехнічних систем*: матеріали II Всеукр. наук.-практ. Інтернет-конф. пам'яті В. В. Овчарова, Мелітополь, 2020. С. 29-30.
3. Вовк О. Ю., Квітка С. О., Квітка О. С. Вплив відхилення напруги живлячої мережі на втрати активної потужності в асинхронному електродвигуні. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Сер. Технічні науки*. Харків, 2015. Вип. 164: Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. С. 121-123.
4. Вовк О. Ю., Мамонтов Р. В. Вплив зниження живлячої напруги на ресурс асинхронних електродвигунів. *Теоретичні і практичні аспекти розвитку науки: матеріали IV Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Київ, 11-12 грудня 2018 р.)*. Київ, 2019. Ч. III. С. 27-28.
5. Вовк О. Ю., Квітка С. О., Квітка О. С. Вплив зниження напруги живлячої мережі на теплове зношення ізоляції асинхронного електродвигуна. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Сер. Технічні науки*. Харків, 2014. Вип. 153: Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. С. 79-81.
6. Вовк О. Ю., Квітка С. О., Квітка О. С. Контроль витрати ресурсу ізоляції асинхронних електродвигунів при відхиленні напруги живлячої мережі. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2015. Вип. 15, т. 2: Технічні науки. С. 154–159.
7. Розробка пристрою, який забезпечує ресурсозберігаючий пуск асинхронних електродвигунів при зниженій напрузі / О. Ю. Вовк, С. О. Квітка, Д. М. Нестерчук, О. В. Ковальов, О. А. Стребков. *Технологический аудит и резервы производства*. 2017. № 1/1 (33). С. 37-43.

УДК 621.374.3

ЗМЕНШЕННЯ ВІРОГІДНОСТІ ВИНИКНЕННЯ МЕТАСТАБІЛЬНОСТІ ТРИГЕРІВ

Курашкін С. Ф., к.т.н.

serge.kuras@gmail.com

Волкова І. Д., магістрант

rein.feur.07@gmail.com

Таврійський державний агротехнологічний університет ім. Дмитра Моторного,
м. Мелітополь

Актуальність та постановка проблеми. Тригери належать до класу електронних пристроїв, які мають два стійкої рівноваги (високий та низький) й здатні стрибком переходити з одного стану в інший під впливом зовнішнього керуючого сигналу [1]. Перехід тригера з одного стійкого стану в інший супроводжується стрибкоподібною зміною струмів і напруг. Кожен із станів тригера розпізнається за значенням вихідної напруги. За характером дії тригери відносяться до імпульсних пристроїв – їх активні елементи працюють в ключовому режимі, а зміна станів відбувається майже миттєво. Тригери будуються на дискретних елементах – біполярних і МДП-транзисторах, логічних елементах, а також випускаються в інтегральному виконанні. До основних типів тригерів відносять: RS-, D-, T- і універсальні JK-тригери. Вважається, що сигнал на вході тригера може приймати тільки два стани – логічний нуль «0» (низький рівень напруги) і логічну одиницю «1» (високий рівень напруги). Оскільки керуючий імпульс, що перекидає стан тригера на протилежний може прийти в будь-який момент часу, в тому числі і в момент зміни стану сигналу на вході тригера, то тригер на деякий час може потрапити в нестійкий метастабільний стан, при якому напруга на його виході буде перебувати між рівнем логічного «0» і логічної «1». Це може привести до порушення роботи цифрового пристрою, утворення помилки або невизначеності і невідомого результату в наступних елементах схеми, припинення роботи тригера – в будь-якому разі це можна вважати як відмову функціонування. Стан метастабільності можна уявити як нестійкий стан кульки, яка знаходиться на вершині конічного пагорба – рис. 1.

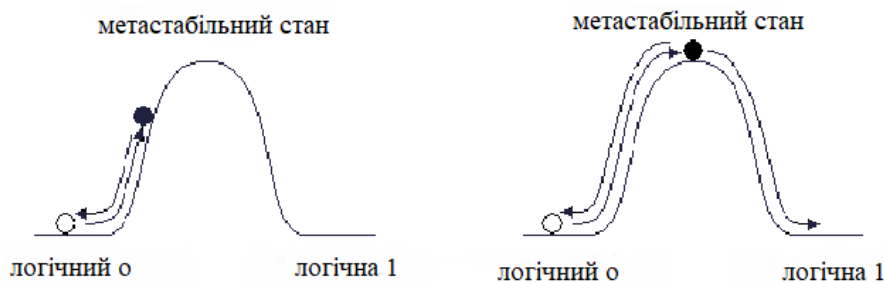


Рисунок 1. Ілюстрація явища метастабільності

Зазвичай тригер не може довго перебувати в такому стані і швидко повертається в один із стабільних станів. Час перебування в метастабільному стані залежить від рівня шумів і технології виготовлення схеми – це явище притаманне всім тригером незважаючи на технологію виготовлення [2].

Отже, використання тригерів в схемах електронних приладів передбачає заходи щодо усунення вірогідності виникнення режиму метастабільності або щонайменше, зведення такої вірогідності до мінімуму.

Основні матеріали дослідження. Часові параметри на прикладі D-тригера в момент виникнення стану метастабільності і виходу з цього стану наведені на рис. 2. Час t_{SU} – це мінімальний час, що передує фронту синхроімпульсу CLK, протягом якого логічний рівень сигналу на вході DATA повинен залишатися стабільним для того, щоб уникнути метастабільності. Час t_H – це мінімально необхідний час утримання стабільного сигналу DATA на вході тригера після приходу фронту тактового імпульсу CLK для того, щоб уникнути метастабільності. Сума цих двох параметрів утворює часове вікно продовж якого вхідні дані повинні бути стабільними.

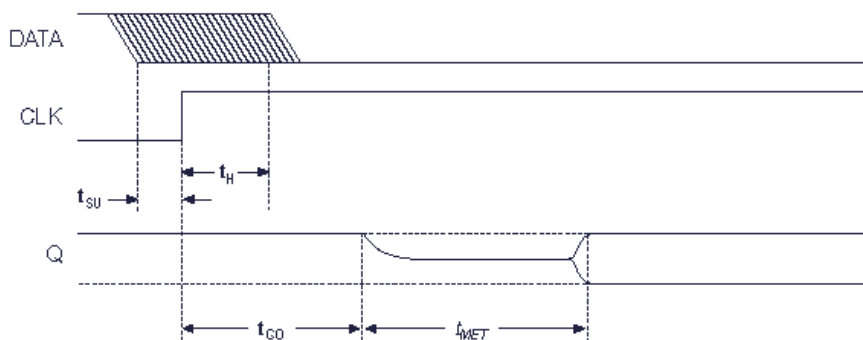


Рисунок 2. Часові параметри тригера

В той час як нормальний час затримки тригера повинен складати t_{CO} , за рахунок нестійкого спрацювання до нього додається час метастабільності t_{MET} , тривалість якого є випадковою і залежить від багатьох параметрів. Вірогідність того, що час t_{MET} перевищить припустиму величину, експоненціально зменшується зі зростанням часу, протягом якого вихід Q тригера знаходиться в метастабільному стані. Зменшення цього небажаного ефекту є використання тригерів з більш високою граничною частотою (відповідно більшій вартості) або більш прийнятний вихід – послідовне включення двох або більше тригерів (рис. 3), на які одночасно подається загальний тактовий синхросигнал. Таке рішення призводить до збільшення припустимого часу метастабільності t_{MET} .

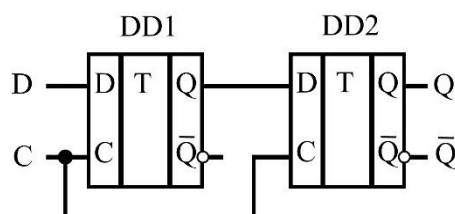


Рисунок 3. Послідовне включення тригерів

Висновок. Під час проектування електронних схем, в яких застосовуються тригери, варто брати до уваги порушення роботи цифрового пристрою через виникнення нестійкої метастабільності. Для зменшення вірогідності виникнення такого стану треба передбачити, як мінімум, послідовне включення двох таких тригерів, об'єднаних загальним синхросигналом.

Список використаних джерел

1. Курашкін С. Ф. Електроніка та мікросхемотехніка: курс лекцій. Мелітополь: Люкс, 2019. 146 с.
2. Строгонов А. В. Неизвестное об известном, или что такое метастабильность триггеров. URL: http://www.kit-e.ru/articles/plis/2010_11_56.php (дата звернення: 20.04.2021).

Секція 2. Електромеханічні комплекси і системи

УДК 621.3.078

ELECTRIC DRIVE WITH FIELD REGULATED RELUCTANCE MACHINE

Mykola Ostroverkhov, Doctor of Technical Sciences

n.ostroverkhov@hotmail.com

Mykola Buryk, PhD

burykm@ukr.net

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Kyiv

Introduction. The promising alternative to the most widely used induction electrical drive is one based on a field regulated reluctance machine (FRRM). Main advantages of this type of motors are: high efficiency factor within a wide speed range; a simple design and low production costs; high manufacturability and reliability; a wider speed control range in a zone of reduced magnetic flux; an easier heat removal. FRRM has a passive rotor with tooth structure and a stator with a classic distributed “star” 3-phase winding. Additionally, there is an excitation winding which is supplied from a direct current source. Electromagnetic flow of this motor, in its nature, is active.

Miscalculations during identification of the parameters of the equivalent circuit of the FRRM can be caused by assumptions used in an applied methodology, as well as by the lack of basic information. During the motor operation, resistance of windings may be changed because of heating, and inertia moment may be deviated through changes of the kinematics. These parametric deviations resulted in differences between estimated and actual parameters of the electrical drive, which, in turn, leads to worsening of control performance.

The FRRM, as well as other types of alternating current motors, is an interrelated controlled object, substantially dependent on influence of inducted eddy currents. In this case, electrical drive control requires compensation of negative influence of these coordinate disturbances.

Solution of the above-mentioned problems by the classic methods of the automatic control theory, under the under conditions of uncertainties in a mathematical model, is rather complicated because requires additional algorithms of identification, adaptation or compensation. Analysis of methods for control law optimization showed that solutions can be found based on a concept of reverse task of dynamics in combination with minimization of local functionals of instantaneous values of energies. The reverse task of dynamics is to identify the control law which would ensure a given quality of control with desired static and dynamic performance of the system.

This paper is aimed at the identification of respective control laws which would allow a lesser sensitivity to variations of the motor's parameters, as well as the simplicity of realization of the control system, and consequently ensure good control performance of electrical drive, required for most of industrial technologies.

Materials and results obtained. A combination of the minimization of local functionals of energies' instantaneous values with a concept of the reverse task of dynamics can be effectively used for control of the complex objects. The control action is to be found based on the mathematical model of the object and the desired trajectory of motion.

The control loop has the given Lyapunov function, which is the instantaneous value of energy. This ensures the system stability. The specificity of optimization is that it is necessary to obtain a certain minimal value, not zero, of the quality functional. This value assures the allowed dynamic error of the system with the absence of the static error.

This method provides the dynamic decomposition of the object, and this is the *first*

advantage of this control method. During the operation, the system is splitting into a number of local control loops. The extent of the decomposition depends on their gain coefficients.

In this case, the control laws of the system controllers do not have parameters of the object, comparing with the classical control laws. Controllers provide motion of the object according to the desired trajectory, as well as a low sensitivity to variations of its parameters. This is the *second advantage* of this method of the control.

From the control point of view, the FRRM is similar to a classic synchronous motor, and its constructive features allow applying the direct vector control system with rotor position orientation. The vector control system consist of four control loops: for stator d-axis current, q-axis current, excitation current and motor speed. The speed loop is external to the internal loop of current. This current defines a value of the electromagnetic torque of a motor. The excitation current can be easily controlled within the range 1:8. This allows increasing a range of speed control with a constant power, in comparison with induction motor.

Fig. 1 illustrates the block diagram of the current controller. The designed controller does not include parameters of the controlled object. It has only one parameter.

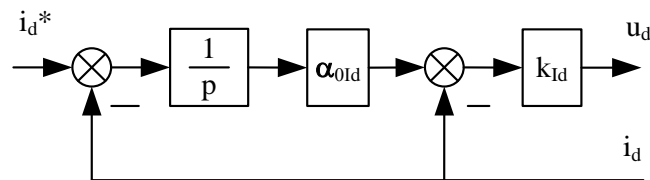


Figure 1. Block diagram of current controller

The technological conditions may require ensuring the type 2 astatism. In this case, the speed control has to be designed based on the desired equation with an order of one unit higher than an order of the equation of the local object. Block diagram of 2nd order speed controller is presented in Fig. 2.

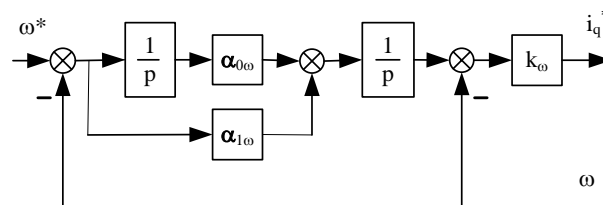


Figure 2. Block diagram of the 2nd order speed controller

Conclusions. Proposed electrical drive based on the field regulated reluctance machine (FRRM) can be designed based on the relatively simple methodology, which is based on combined using of i) the reverse task of dynamics and ii) minimization of local functionals of instantaneous values of energies. This approach allows practical development of the controllers of the electro-mechanical system which would ensure a given quality of control and adequately simple practical realization under conditions of variation of the parameters of the controlled object and the uncertainties in a mathematical model. As a result, this type of electrical drive can be recommended for further development and promotion, to be used in technological processes and installations of various industries.

УДК 621.3.024:004

МОЖЛИВОСТІ ІМІТАЦІЙНИХ МОДЕЛЕЙ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ В ПАКЕТИ SIM POWER SYSTEM / MATLAB

Стьопкін В. В., к. т. н.
Бражнік В. К., студент
Мансур Ануар, студент

vasilstopkin@gmail.com

Національна металургійна академія України, м. Дніпро

Актуальність та постановка проблеми. В останніх версіях MATLAB у Sim Power System додана бібліотека електроприводів постійного струму DC drives. До складу бібліотеки входять нереверсивні (Two-Quadrant) та реверсивні (Four-Quadrant) електроприводи з однофазними (Single-Phase) та трифазними (Three-Phase) випрямлячами (Rectifier) і широтно-імпульсними перетворювачами (Chopper). Усі електроприводи тут є аналогічними. До їх складу входять: виконавчий двигун; силовий напівпровідниковий випрямляч; регулятор струму та регулятор швидкості. Проблема дослідження перехідних процесів в електроприводах постійного струму на базі існуючих моделей DC drives / Sim Power System з можливістю зміни їх структури згідно із технологічним завданням для електропривода є актуальною при наявності моделі механізму [1, 2].

Основні матеріали дослідження.

Розглянемо можливості імітаційних моделей постійного струму в Sim Power System / MATLAB. Вікном налагодження параметрів електропривода є розроблений спеціальний інтерфейс користувача (GUI – Grafic User Interface), який дозволяє задавати параметри виконавчого двигуна, силового перетворювача, регулятора струму та регулятора швидкості. Розглянемо електропривод постійного струму на прикладі реверсивного електропривода з однофазним керованим випрямлячем (Four-Quadrant Single-Phase Rectifier DC Drive). Підсистема моделі Four-Quadrant Single-Phase Rectifier DC Drive наведена на рис. 1.

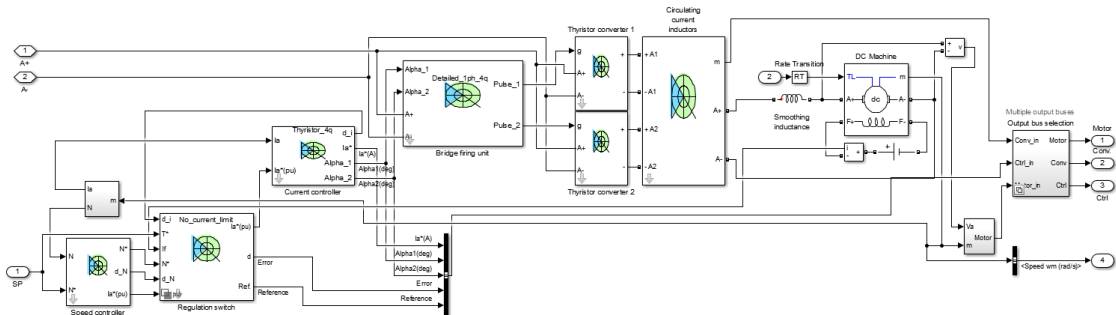


Рисунок 1. Підсистема моделі Four-Quadrant Single-Phase Rectifier DC Drive

До складу схеми входять: два однофазних мостових керованих випрямляча (KB) (Single-phase full convertor) зі схемою керування (Bridge firing unit); ПІ-регулятори струму та швидкості (PI Current controller, PI Speed controller); індуктивності для обмеження струмів при сумісному керуванні KB та згладжувальна індуктивність у колі якоря (Circulating current inductors and smoothing inductance); виконавчий двигун постійного струму (DC motor); вимірювач швидкості та струму (Speed sensor, Current measurement); перемикач (Regulation switch), який дозволяє реалізовувати в системі керування швидкістю (Speed reference) або моментом (Torque reference).

Модель Four-Quadrant Single-Phase Rectifier DC Drive наведена на рис. 2

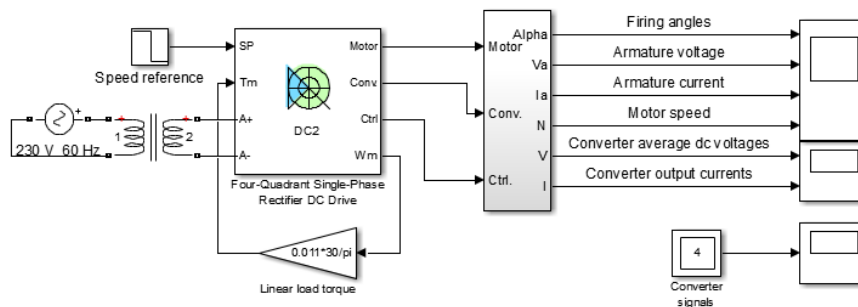


Рисунок 2. Модель Four-Quadrant Single-Phase Rectifier DC Drive

На рис. 3 наведена графіки перехідних процесів: кути керування (firing angles); напруга якоря (armature voltage); струм якоря (armature current); швидкість двигуна (motor speed).

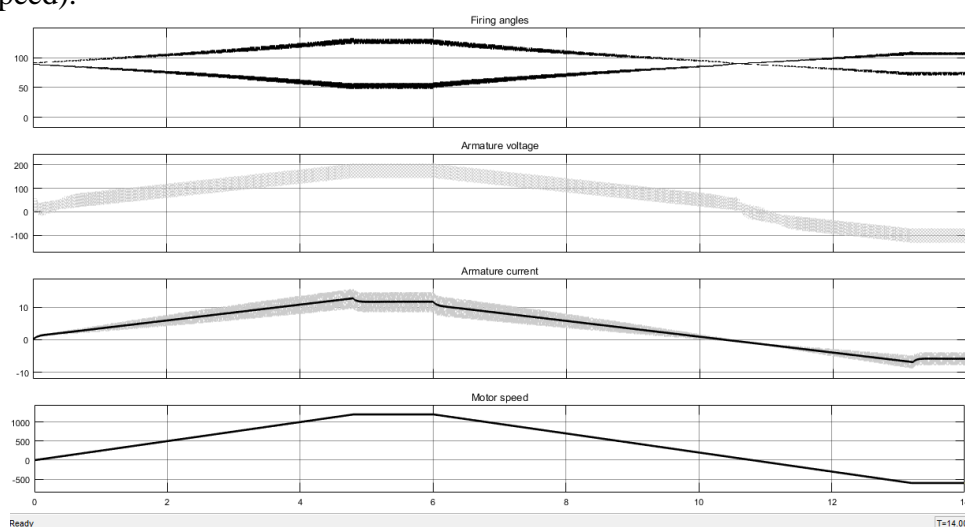


Рисунок 3. Графіки перехідних процесів

При моделюванні двигун з'єднаний з лінійним навантаженням і момент пропорційний швидкості. Швидкість встановлюється на рівні 1200 об/хв. Кути керування симетричні близько 90^0 . Швидкість досягає стійкого стану через 5,5с. Струм стабілізується на рівні 12А – працює перший перетворювач (рис.1 – Thyristor converter 1). За часом 6с швидкість падає до -600 об/хв. За часом 8,5с струм якоря стає від'ємним, а електромагнітний момент змінюється на протилежний для загальмовування двигуна до 0 об/хв. За часом 10,8с швидкість двигуна 0 об/хв. Після цього струм якоря забезпечується другим перетворювачем (рис.1 – Thyristor converter 2). Стабілізація швидкості у зворотному напрямку відбувається за часом 14с.

Висновок. Розглянуті можливості моделей електропривода постійного струму бібліотеки Sim Power System дозволяють зробити висновок про їх придатність для досліджень електроприводів різних механізмів. Але доцільним є розробка моделей механізмів для таких електроприводів.

Список використаних джерел

1. Терехин В. Б. Разработка моделей элементов и систем автоматизированного электропривода в среде Matlab: учебное пособие. Северск. СТИ НИЯУ МИФИ, 2017. 511 с.
2. Matlab&Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК. Санкт-Петербург: КОРОНА-Век, 2008. 368 с.

УДК 621.365.3

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОДИНАМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СУЧАСНИХ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ НАХИЛУ МІКСЕРА ДМЗ ШЛЯХОМ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Нежурін В. І., к.т.н.,

Куваєв В. Ю., інженер

Соловей Т. С., магістрант

Національна металургійна академія України, м. Дніпро

kuvaev@i.ua

Актуальність та постановка проблеми. Міксер призначено для зберігання рідкого чавуну з метою безперебійного забезпечення конверторного виробництва сталі. Крім цього в міксері відбувається вирівнювання температури чавуну та його хімічного складу, що забезпечує ефективність його подальшого використання. Швидкий розвиток киснево-конвертерного процесу пояснюється тим, що він має низку переваг, основні з яких: 1) вища продуктивність одного сталеплавильного агрегату (годинна продуктивність мартенівських і електродугових печей не перевищує 100 т/год, а у великовантажних конвертерів досягає 400 - 500 т/год); 2) нижчі капітальні витрати, що пояснюється простотою пристрою конвертера і можливістю установки в цеху меншого числа агрегатів більшої одиничної потужності; 3) менші витрати по переділу, в число яких входить вартість електроенергії, палива, вогнетривів, змінного обладнання, зарплати та ін.; 4) процес зручніший для автоматизації керування ходом плавки.

Однак в умовах сучасного виробництва проявились і недоліки конверторів: 1) необхідність певних витрат на обслуговування та ремонт, 2) втрати тепла чавуном при переливаннях, 3) недостатнє усереднення хімічного складу та температури чавуну, 4) потреба постійного видалення шлаку. В цикл конверторної плавки входять наступні періоди: завалка сталевого брухту, заливка чавуна і підйом конвертора, продувка киснем, підйом і відвід фурми, добір проби на хімічний аналіз і очікування аналізу з метою наступного коригування, вимір температури, злив металу і шлаку. На сьогоднішній день до електроприводу нахилу міксера пред'являють такі основні вимоги: надійність; широкий діапазон регулювання швидкості; висока плавність і точність регулювання швидкості; мінімальний час розгону і гальмування приводу нахилу; постійна величина прискорення і уповільнення; двигун повинен мати значний запас по моменту. Діючий механізм нахилу міксера оснащений релейно-контакторною схемою керування шляхом зміни опору в колі ротора асинхронного двигуна з фазним ротором, на жаль, діюча релейна система керування та асинхронні двигуни з фазним ротором не в змозі повністю задовольнити вимоги, які висувуються до сучасних електроприводів нахилу міксера, оскільки забезпечують ступеневе регулювання швидкості.

Основні матеріали дослідження. На сьогодні двигуни постійного струму незалежного збудження, керовані тиристорними перетворювачами, широко використовуються в промислових електроприводах (система ТП-Д). Ці приводи забезпечують регулювання швидкості в широкому діапазоні. Істотні переваги асинхронного двигуна визначають безсумнівну перспективність системи «перетворювач частоти-асинхронний двигун» (система ПЧ-АД). В роботі на основі відомих математичних моделей в програмному пакеті Matlab [1, 2] виконано дослідження перехідних процесів діючого приводу нахилу міксера ДМЗ та електроприводів систем ТП-Д та ПЧ-АД. Призначення системи керування приводом – сформулювати сукупність керуючих впливів на двигун, які забезпечують необхідні по технологічним і техніко-економічним вимогам рухи робочого органу виробничої

установки, тобто приводу нахилу міксера, при цьому якість виконання поставлених перед системою керування задач оцінюється двома групами показників якості. До першої групи відноситься якість власне системи керування (надійність, масо-габаритні показники, вартість та ін.), до другої – показники, які характеризують результат дії системи керування на об'єкт керування, тобто показники електропривода в цілому (жорсткість механічних характеристик, діапазон регулювання швидкості, точність регулювання електропривода, швидкодія, плавність та ін.). При визначенні найкращого варіанта його кількісну оцінку вибирають такою, при якій якість тим краще, чим чисельно менше її показник. З цією метою оцінимо якість системи керування діючим приводом нахилу міксера, а також при використанні системи ТП-Д та ПЧ-АД - таблиця 1.

Таблиця 1

Показники якості варіантів приводів нахилу міксера

Показники якості	Значення показника		
	Реостатне регулювання	Система ТП-Д	Система ПЧ-АД
Масогабаритні показники	>	>	<
Діапазон регулювання швидкості, об/хв	0,01-1,06	0,01-1,06	0,01-0,06
Швидкодія електропривода, с	4,64 (для 5-ступеневого пуску)	1,5	1,15
Перерегулювання за струмом, %	--	< 2,5	< 2,5
Швидкодія апаратури керування, с	> 0,1-0,15	< 0,1	< 0,1
Втрати енергії при перехідних процесах пуску двигуна, в.о.	1,0	0,41	0,357

Висновок. Як видно з наведеної таблиці 1, параметри системи керування ПЧ-АД не поступаються параметрам системи керування ТП-Д, а навіть дещо переважають її, зокрема, швидкодія привода в випадку використання системи ПЧ-АД складає 1,15 с в діапазоні технологічних швидкостей привода міксера, втрати енергії при перехідних процесах пуску на 5,3% менше порівняно з системою ТП-Д. Для реостатного регулювання швидкості привода аналіз якості проводився без урахування часу спрацьовування силових комутаційних елементів привода міксера.

Список використаних джерел

1. Дьяконов В. П. MATLAB 6.5 SP1/7 + Simulink 5/6 в математике и моделировании. Москва: СОЛОН-Пресс, 2005. 576 с.
2. Герман-Галкин С. Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в MATLAB 6.0: учебное пособие. Санкт-Петербург: КОРОНА принт, 2001. 320 с.

УДК 631.3-83(075.8)

APPLICATION OF FREQUENCY CONVERTER IN THE ELECTRIC DRIVE CONTROL SYSTEM METAL-WORKING MACHINE

Kvitka S., PhD

sergei.kvitka1965@gmail.com

Zharikova A., student

annalife91@gmail.com

Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University, Melitopol

Relevance and formulation of the problem. The main element of modern adjustable alternating current electric drives is a frequency converter. They are increasingly used in electric drives of alternating current of pumps, fans, compressors, conveyors, metalworking machines, etc. [1-5].

Technological modes of metal-working machine tools at different stages of work require the motion of the working body at different speeds, which is provided by electrical control of the rate of electric drive. At the same time, the requirements for the range and accuracy of speed regulation may vary widely, depending on the application of the electric drive [1].

In general, you can distinguish two main tasks that are solved by an adjustable electric drive: the control of the moment and the speed of rotation of the electric motor.

The need to regulate the moment is dictated by the technical and technological requirements that are presented to the electric drive. For the normal functioning of the electric drive, it is necessary to limit the moment and engine current by admissible values in the transition processes of startup, inhibition and under the action of the load. For the mechanisms undergoing a significant overload until the working body stops, there is a need for continuous regulation of the moment of the electric motor in order to restrict dynamic shock loads. In many cases, an accurate dosage of efforts on the working body is also required, which first of all relates to electric drives of metal-working machine tools.

To solve the tasks of regulating the speed and moment in the modern electric drive, two basic frequency control methods are used: scalar and vector [1, 2, 4].

The main materials of the research. To create a deeply adjustable high-dynamic electric drive of the main motion of the universal-milling machine, the most appropriate control method is a vector control with the orientation of the rotor flow vector, while the speed control is most simply controlled when it is stabilized. For this control, the control system must contain two control channels: speed and flow combination, as well as coordinate transformation blocks. Each channel has two contours built on the principle of subordinate regulation.

Modern frequency converters with vector control of asynchronous motors allows you to perform a direct speed control when there is a feedback in the velocity and indirect when the speed value is calculated by the current voltage and current values. In addition, a streamline is determined indirectly. These calculations are carried out in a special block - observers.

The scheme of electric principle control (power circles) by an electric drive of a universal-milling machine is shown in Fig. 1. The A1 numerical control device contains two data exchange tires. To the first (basic) connected processor, logical computing blocks, blocks of the higher rank computer interface ECM, operator panel and character information display. To the second connected blocks that are connected with a machine tool. The connection between the two tires occurs due to a substrate interface subs. Exchange of discrete signals with a machine tool is carried out through a block of input and output signals. As a device for adjusting the frequency converter A2 series "MICROMASTER Vector" of the Siemens company.

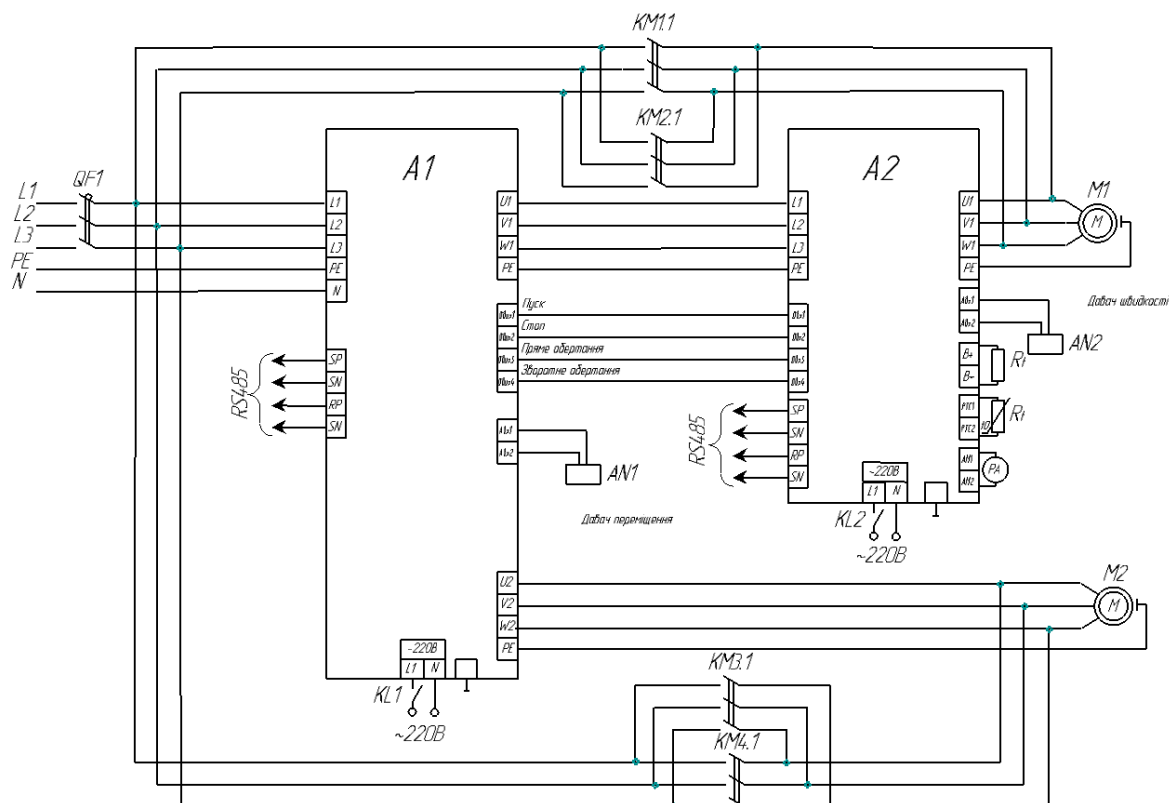


Figure 1. Scheme of electrical basic control (power circles) the electric drive of the universal milling machine

When using a frequency converter, the start of an electric motor is smoothly, without launchers and strikes, which reduces the load on the engine and mechanics, increases the term of their service.

The use of frequency feedback converters provides precise support for rotational speed in variable load, which in many tasks can significantly improve the quality of the technological process.

The use of an adjustable frequency electric drive allows you to save energy directly proportional to unproductive consumption, up to 80%.

The frequency converter allows you to adjust the output frequency in the range from 0 to 400 Hz. Excluding and braking engine is carried out smoothly (by linear law), over clocking and braking time can be set in the range from 0.1 to 30 seconds. Possible smooth engine reverse. When dispersed, an automatic increase in the moment to compensate inertial loads. The moment when starting reaches 150 % of the nominal.

The frequency converter provides a complete protection of the converter and an electric motor from overloads, overheating, leakage on the ground and the breaking of the transmission lines. The converter allows you to track and display on a digital remote control, the basic parameters of the system - a given speed, output frequency, current and engine voltage, output power and moment, the state of discrete inputs, the total time of the converter.

As noted earlier, for the implementation of vector control, it is necessary to adjust the following values: rotor flow, an angular rotor velocity and a stator current in the axes of X and Y axes. The frequency converter "MICROMASTER Vector" uses an indirect control speed control, that is, the current value of the rotor speed and the flow calculation are calculated by the current values of the current and the state voltage. With this method of managing a speed support error does not exceed 1...5 %. To increase accuracy, it is possible to connect a speed sensor. When using a tachometer generator in the system, a measurement error is

entered, which reduces the accuracy of speed support.

To adjust the speed of the main motion, three types of sensors are used: speed, current and voltage. Moreover, current and voltage sensors are constructively executed in frequency converters, and the velocity sensor is implemented on the basis of a photovoltaic converter.

Conclusions. Thus, to create a deeply adjustable high-dynamic electric drive of the universal-milling machine in the machine control system, the machine tool is proposed to use a frequency converter with a vector control. The developed control system for the machine tool allowed to expand the technological capabilities, to increase productivity and reduce operating costs.

References

1. Sokolovskii G. AC electric drives with frequency regulation: textbook. Moscow: ACADEMIA, 2006. 265 p.
2. Osipov O. Frequency-adjustable asynchronous electric drive: tutorial at the rate "Typical solutions and techniques of the modern electric drive." Moscow: Publishing house MEI, 2004. 80 p.
3. Terekhov V., Osipov O. Electric drive control systems: textbook for students of high school; edited by V. Terekhova. Moscow: Academy, 2005. 304 p.
4. Kvitka S., Bezmennikova L., Vovk O., Kvitka O. Methods of management and hardware implementation of modern frequency converters. *Works of the Tavria State Agrotechnology University*. Melitopol: TSAU, 2013. Iss. 3, t. 2. 164-171.
5. Kvitka S., Postnikova M., Rechina O. Fundamentals of the electric drive: Laboratory workshop, p. 1. Melitopol: Lux, 2020. 165 p.
6. Postnikova M., Kvitka S., Nesterchuk D. Fundamentals of electric drive: workshop, p. 1. Melitopol: Lux, 2020. 259 p.

УДК 621.311.243

ПРОБЛЕМИ ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДА ОРІЄНТУВАННЯ СОНЯЧНИХ ПАНЕЛЕЙ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ОПТИМАЛЬНИХ СОНЯЧНИХ ІНСОЛЯЦІЙ

Миронець С. Д.¹, інженер

MironetsSD@gmail.com

Ковальов О. В.², інженер

alekstdaty1979@gmail.com

¹Відокремлений структурний підрозділ «Мелітопольський фаховий коледж Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного», м. Мелітополь

²Таврійський державний агротехнологічний університет ім. Дмитра Моторного, м. Мелітополь

Актуальність та постановка проблеми. Однією із серйозніших проблем людства є забруднення навколишнього середовища. Значне місце серед забруднювачів атмосфери займають підприємства енергетичної сфери, насамперед це теплові електростанції що працюють за рахунок спалювання вуглеводнів. Людство навчилось здобувати електричну енергію екологічно чистими методами, використовуючи так звану «зелену» енергетику, наприклад, енергію сонячної радіації. Кількість таких установок безупинно збільшується, але собівартість такої електричної енергії залишається досі значною. Однією із значних проблем даної сфери енергетики є отримання максимального коефіцієнту корисної дії при роботі такої системи, що дозволить значно скоротити термін її окупності.

Основні матеріали дослідження. Сонце змінює своє положення в небі протягом доби і у залежності від пори року. Відповідно, протягом світлового дня потужність стаціонарної сонячної системи буде змінюватися і буде залежати від кута сонячних інсоляцій на панелі. Також на потужність панелей протягом року буде впливати кут їх нахилу по відношенню до сонця. У кожен пору року положення Сонця буде змінюватись, тому для кожної пори року бажано підбирати свій кут нахилу. Влітку оптимальний кут нахилу складе 30-40 градусів, а взимку - більше 70, і ще його значення буде залежати від широти місцевості [1].

Здатність автоматизованого електропривода автоматично підлаштовувати кут повороту і кут нахилу сонячних панелей по відношенню до сонця у значній мірі буде визначати коефіцієнт корисної дії такої системи. Технічні аспекти застосування такого електропривода мають свої проблеми, але вони вирішувані. Значним фактором застосування подібної системи є збільшення її собівартості і складності, а відповідно і надійності її роботи.

У сучасних умовах застосовують декілька варіантів монтажу сонячних панелей:

- 1) на нерухому конструкцію;
- 2) встановлення на двовісну поворотну платформу, яка може змінювати своє положення у двох площинах;
- 3) встановлення на одноосьову платформу, яка може змінювати своє положення у одній площині.

При вирішенні питання доцільності застосування електропривода для повороту платформи з сонячними панелями у двох або у одній площині необхідно чітко уявляти на скільки буде змінюватись потужність системи, що дасть можливість обґрунтування застосування більш складної конструкції і автоматизованого електропривода.

Оптимальним вважають розташування панелей під кутом 90 градусів по відношенню до сонячних променів. Згідно з дослідженнями [2] зміна кута у перпендикулярному напрямку по відношенню до панелі на 9 градусів призведе до втрат

потужності на 1,2%, відповідно зміна кута на 18 градусів призведе до втрат потужності на 4,9%, 40 градусів – 19% і 45 градусів – 29%.

Також слід враховувати що протягом світлового дня Сонце рухається не лінійно, а також значення сонячної радіації протягом дня теж не однакове. З деякими припущеннями можемо розрахувати, що середньодобовий відсоток продуктивності стаціонарних сонячних панелей складе приблизно 85% [3].

Аналогічно, протягом року Сонце змінює кут нахилу по відношенню до панелей (з 35 градусів до 70 – із оптимального кута нахилу панелей), а також значення сонячної радіації протягом року буде теж не однакове. Відповідно, враховуючи з деякими припущеннями, можемо розрахувати, що середньорічний відсоток продуктивності стаціонарних сонячних панелей складе приблизно 92% [2].

З урахуванням даних припущень можемо стверджувати, що середнє значення коефіцієнта корисної дії такої системи складе приблизно 78%.

Враховуючи загальну потужність сонячної електростанції можемо вирахувати, які втрати у грошовому еквіваленті будуть притаманні стаціонарній станції. Дані втрати можемо порівнювати з вартістю додаткових капітальних вкладень у поворотну систему з електроприводом і систему автоматичного керування даним електроприводом.

Але теоретичне обґрунтування застосування такої системи не несе великої точності у розрахунках, так як зміна сонячної радіації протягом доби і протягом року відбувається не лінійно і не може бути описана відповідними рівняннями. Лише експериментальні дослідження дозволять отримати більш точні результати.

Додатковим фактором впливу на прийняття рішення може бути щільність розташування сонячних панелей на території електростанції. Поворотна система повинна враховувати унеможливлення затінення комірок на поруч розташованих панелях при їх повороті, так як навіть незначне затінення окремих комірок на поверхні панелі призводить до суттєвого зниження корисної потужності даної панелі, а відповідно і до значного зниження коефіцієнта корисної дії [4].

Висновок. Твердження приведені у публікації дають лише оціночну характеристику втрат від застосування стаціонарної сонячної електростанції, доцільність застосування складних інженерних рішень може бути підтверджена лише експериментально.

Список використаних джерел

1. Определяем оптимальный угол наклона солнечных батарей. URL: https://avtonom.com.ua/stati/towari_alternativnoy_energetiki/solnechnie_batarei/opredeljaem-optimalnyj-ugol-naklona-solnechnyh-batarej (дата звернення: 13.04.2021).
2. Угол наклона и направление солнечных батарей. URL: <https://www.solarhome.ru/basics/solar/pv/techtilt.htm> (дата звернення: 12.04.2021).
3. Скільки енергії генерують сонячні батареї? URL: <https://ukrinnoteh.com.ua/ua/a181223-skolko-energii-generiruyut.html> (дата звернення: 13.04.2021).
4. Бой с тенью: как повысить эффективность СЭС при наличии затенения. URL: <https://generacia.energy/ru/zelenij-tarif/zatenenie-ses/> (дата звернення: 12.04.2021).

УДК 621.314.26

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ СХЕМНИХ РІШЕНЬ ПОБУДОВИ СИЛОВОЇ ЧАСТИНИ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ЧАСТОТИ

Квітка С. О., к. т. н.

sergii.kvitka@tsatu.edu.ua

Таврійський державний агротехнологічний університет ім. Дмитра Моторного,
м. Мелітополь

Актуальність та постановка проблеми. Основним елементом систем керування сучасних регульованих електроприводів змінного струму є перетворювач частоти. Вони все більшою мірою використовуються в електроприводах змінного струму насосів, вентиляторів, компресорів, транспортерів, металообробних верстатів та ін. [1-4].

Незважаючи на різноманіття існуючих на даний момент алгоритмів керування і варіантів схемної реалізації силової частини перетворювачів частоти, існують типові рішення, що застосовуються більшістю виробників [1-4].

Основні матеріали дослідження. Розглянемо найбільш поширені рішення схем силової частини перетворювачів частоти, що випускаються промисловістю [1-4]. За типом зв'язку з мережею живлення перетворювачі частоти діляться на два види [2, 4]:

1. Перетворювачі частоти з проміжною ланкою постійного струму, які також поділяються на два підвиди:

- автономні інвертори напруги (АІН);
- автономні інвертори струму (АІС).

2. Безпосередні перетворювачі частоти (БПЧ) або перетворювачі частоти з безпосереднім зв'язком (ПЧБЗ).

Перетворювачі частоти з автономним інвертором напруги. Схема містить на вході трифазний мостовий некерований випрямляч, фільтр з відносно великою ємністю і трифазний АІН, який найбільш часто виконується на IGBT-транзисторах, які шунтуються зворотними діодами [2, 4, 6]. АІН за допомогою широтно-імпульсної модуляції формує як частоту, так і амплітуду вихідної напруги, що живить навантаження - асинхронний електродвигун. Як напівпровідникові ключі в автономних інверторах напруги іноді також застосовуються GTO-тиристри, а також їх вдосконалені модифікації: GCT, IGCT, SGCT.

На вході також можна встановити і трифазний керований випрямляч [2, 4]. Тоді напруга на навантаженні змінюється за допомогою амплітудно-імпульсної модуляції (амплітуда напруги формується кутом керування керованого випрямляча, а швидкість обертання поля визначає АІН).

Зворотні діоди, що включаються паралельно робочим силовим ключам, забезпечують протікання через них струму в гальмівних режимах, а також утворюють контур протікання струму при вимиканні ключів, тим самим виконуючи захисну функцію.

Гальмівні режими можна отримати двома способами. У найбільш простому і поширеному способі використовується пристрій гальмування, що включає додатковий IGBT-транзистор і гальмівний резистор для скидання на нього енергії гальмування. При використанні пристрою гальмування забезпечується динамічне гальмування АД з втратами енергії гальмування у вигляді тепла на гальмівному резисторі. Енергетично більш вигідний рекуперативний режим гальмування забезпечується при використанні додаткового зворотного керованого моста (додатковий гальмівний пристрій). В останньому випадку енергію гальмування можна повертати в мережу живлення.

АІН є джерелом напруги, так як в ньому є однозначна залежність між напругою

на його виході (на навантаженні) і напругою в ланці постійного струму [2].

Перетворювачі частоти з автономним інвертором струму. Для потужних електроприводів іноді використовується силова схема з АІС. Схема виконується на звичайних напівкерованих ключах - тиристорах і діодах [2, 4, 6]. Вона включає трифазний мостовий керований випрямляч. Кероване джерело постійного струму реалізоване за рахунок застосування керованого випрямляча, охопленого від'ємним зворотним зв'язком за струмом, спільно з використанням дроселя. Дросель виконує, крім того, і роль фільтра. Від'ємний зворотний зв'язок за струмом знімається за допомогою шунта, потім цей сигнал посилюється за допомогою датчика струму. Імпульси керування формуються і подаються на тиристор за допомогою системи керування випрямлячем. Схема також містить трифазний мостовий АІС з відсікаючими діодами і комутуючими конденсаторами. Ці діоди і конденсатори призначені для примусового вимикання тиристорів інвертора струму. Оскільки асинхронний електродвигун являє собою активно-індуктивне навантаження, конденсатори компенсують індуктивний характер навантаження. При активно-індуктивному навантаженні на виході АІС можуть виникати значні перенапруги внаслідок ЕРС самоіндукції АД. Обмеження цих перенапруг і примусова комутація тиристорів забезпечується застосуванням ємностей в схемах комутації ключів.

Частота змінного струму, що живить статорну обмотку асинхронного електродвигуна, визначається частотою подачі керуючих імпульсів на тиристори АІС, а амплітуда змінного струму регулюється зміною кута керування тиристорами керованого випрямляча. На вході керованого випрямляча обов'язкова установка реакторів для зниження негативного впливу комутацій силових ключів.

Керування тиристорами АІС здійснюється на частоті вихідної мережі. При використанні АІС є можливість переведення керованого випрямляча на вході у режим веденого мережею інвертора, що забезпечує рекуперативне гальмування АД. Тому в схемі з АІС немає необхідності в застосуванні додаткових пристроїв для забезпечення гальмівних режимів.

Схеми з АІС виконуються також на повністю керованих ГТО-тиристорах і на IGBT-транзисторах. У АІС є однозначна залежність струму навантаження від струму в ланці постійного струму [2].

Безпосередні перетворювачі частоти. Іноді в практиці частотно-регульованого електроприводу використовуються схеми з БПЧ. Силова схема БПЧ на тиристорах включає три реверсивних керованих випрямлячів [2]. На виході керованих випрямлячів формується напруга, що складається з ділянок синусоїд мережі живлення.

Кожна фаза електродвигуна підключена до керованого випрямляча незалежно. Замість напруги на виходах керованих випрямлячів можна формувати і фазні струми, якщо кожен керований випрямляч охоплений від'ємним зворотним зв'язком за струмом. Таким чином, БПЧ може працювати як в режимі джерела напруги, так і в режимі джерела струму.

БПЧ також можна виконувати на повністю керованих силових ключах.

Висновок. Таким чином, три основних типи схем силової частини перетворювачів частоти мають наступні особливості.

Переваги схем з АІН: відносна простота схеми з некерованим випрямлячем на вході; можливість роботи на групове навантаження; можливість роботи в розімкнутій системі і в режимі джерела струму в залежності від застосовуваного принципу керування. Недоліки схем з АІН: необхідність в використанні додаткового зворотного керованого моста для забезпечення рекуперативного гальмування; відносно високі значення необхідної ємності фільтра і, відповідно, порівняно великі її габарити.

Переваги схем з АІС: відносна простота в реалізації режиму рекуперативного

гальмування; елементна простота схеми на звичайних напівкерованих ключах - тиристорах. Недоліки схем з АІС: можливі перенапруги на силових ключах інвертора і, як наслідок, необхідність в ускладненні схеми силової частини; відносно великі маса і габарити реактора фільтра; труднощі отримання низьких швидкостей через низьку частоту комутації силових ключових елементів на цих швидкостях.

Переваги схем з БПЧ: найкращі енергетичні показники (особливо ККД) з розглянутих варіантів схем, внаслідок одноразового перетворення енергії. Недоліки схем з БПЧ: відносна складність алгоритмів керування і велика кількість силових ключових елементів; труднощі в отриманні частот, близьких до частоти мережі живлення; найгірший серед розглянутих варіантів схем гармонійний склад напруг і струмів.

Список використаних джерел

1. Соколовский Г. Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием: учебник. Москва: АСАДЕМІА, 2006. 265 с.
2. Данилов П. Е., Крутиков К. К., Рожков В. В. Конспект лекций по курсу «Специальные разделы теории электропривода». Смоленск, 2008. 96 с.
3. Осипов О. И. Частотно-регулируемый асинхронный электропривод: учебное пособие. Москва: Издательство МЭИ, 2004. 80 с.
4. Квітка С. О., Безменнікова Л. М., Вовк О. Ю., Квітка О. С. Методи управління та апаратна реалізація сучасних перетворювачів частоти. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2013. Вип. 3, т. 2. С. 164-171.
5. Квітка С. О., Яковлев В. Ф., Нікітіна О. В. Електроніка та мікросхемотехніка: навчальний посібник / за ред. В. Ф. Яковлева. Київ: Аграрна освіта, 2010. 329 с.
6. Квітка С. О. Електроніка та мікросхемотехніка: підручник. Мелітополь: Люкс, 2019. 223 с.
7. Квітка С. О., Постнікова М. В., Речина О. М. Основи електроприводу: лабораторний практикум. Мелітополь: Люкс, 2020. Ч. 1. 165 с.

УДК 631.37:621.313.13

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ВИЩИХ ГАРМОНІЙНИХ СКЛАДОВИХ НА РОБОТУ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ

Попова І. О., к. т. н.

irinapopova54@gmail.com

Таврійський державний агротехнологічний університет ім. Дмитра Моторного,
м. Мелітополь

Актуальність та постановка проблеми. В електричних колах 0,4 кВ систем електропостачання об'єктів з нелінійними електричними навантаженнями спостерігається значне спотворення форм кривих напруги. Сучасні системи керування електроприводами використовують частотні перетворюючі установки, вентильні і частотно-керовані двигуни. При цьому в мережі живлення двигунів, у їхніх нелінійних струмах і напругах мають місце вищі гармонічні (ВГ) складові. Вони створюють в трифазній системі пряму послідовність (1-, 4-, 7, 13-у і таке інше), зворотну послідовність (2-, 5-, 8, 11-у і таке інше) і нульову послідовність (гармоніки, кратні трьом) [1, 2].

Основні матеріали дослідження. Коефіцієнти спотворення синусоїдних кривих фазних напруг в цих системах досягають 10-15% и перевищують вимоги ДСТУ: EN 50160-2014 про характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загального призначення. Причому спектр вищих гармонічних складових напруги представлений 5, 7, 11 і 13 гармоніками.

Кожна гармоніка напруги створює в АД магнітне поле, яке обертається з частотою

$$n_{1k} = \frac{60 \cdot f_k}{p} = \left(\frac{60 \cdot f_1}{p}\right) \cdot k = k \cdot n_1, \quad (1)$$

де n_1 – синхронна кутова швидкість АД, обумовлена основною (першою) гармонікою, об/хв;

k – порядковий номер гармоніки;

p – кількість пар полюсів; $f_1 = 50$ Гц; $f_k = k \cdot f_1$.

Виняток становлять третя гармоніка і кратні трьом, які створюють пульсуюче поле.

Напрямок обертання магнітного поля, створеного ВГ струму, залежить від номера цієї гармоніки. П'ята і одинадцята ВГ магнітного потоку обертаються в сторону, протилежну напрямку обертання основного магнітного поля (поля першої гармоніки). Сьома і тринадцята ВГ магнітного поля обертаються згідно з основним магнітним полем [2]. Такий режим роботи систем електропостачання загострює проблему електромагнітної сумісності технічних засобів бо спостерігається вібрація робочих механізмів при деяких режимах роботи електромеханічних перетворювачів – асинхронних двигунів (АД).

При роботі АД в умовах несинусоїдної напруги виникають додаткові втрати активної потужності, обумовлені ВГ струму в колах статора і ротора. Ці втрати можна визначити за формулою

$$\Delta P_{АДk} = \Delta P_{м.н} \cdot \sum_{i=2}^k k_{\partial,k} \approx 0,2 \cdot \Delta P_{ном} \cdot \sum_{i=2}^k k_{\partial,k}, \quad (2)$$

де $\Delta P_{м.н}$ – номінальні втрати потужності в міді статора, Вт;

$\Delta P_{ном}$ – сумарні номінальні втрати АД, Вт;

$k_{\partial,k}$ – коефіцієнт, що враховує зростання втрат в міді за рахунок k -гармоніки.

Розрахунок додаткових втрат за формулою (2) від дії на АД 5, 7, 11 і 13 вищих гармонік показує, що $\Delta P_{АД} \approx 0,4 \cdot \Delta P_{ном}$. Розподіл втрат в АД наступний: обмотка статора – 14 %, коло ротора – 41 %, торцеві зони – 19 %, асиметричні пульсації – 26 %. З цих даних слідує, найбільш вразливою частиною є коло ротора, таким чином від ВГ більшою мірою перегрівается ротор.

Оскільки для ВГ АД знаходиться в режимі короткого замикання, приблизно можна прийняти, що ЕРС статора $E_k \approx 0,5 U_k$ [3, 4]. Тоді, відносне значення магнітного потоку k -ї гармоніки Φ_{km} в порівнянні з магнітним потоком основної гармоніки Φ_{1m} , складе

$$\frac{\Phi_{km}}{\Phi_{1m}} \approx \frac{E_k \cdot f_1}{U_1 \cdot f_k} \approx 0,5 \cdot \left(\frac{U_k}{U_1}\right) \cdot \left(\frac{f_1}{f_k}\right). \quad (3)$$

Магнітні втрати у сталі можна оцінити співвідношенням

$$\frac{\Delta P_{м.k}}{\Delta P_{м.1}} = \frac{0,25}{k^2 \cdot \sqrt{k}}, \quad (4)$$

де $P_{1.k}$, $P_{м.k}$ – відповідні втрати в магнітопроводі (сталі), обумовлені 1-й і k -й гармоніками магнітного потоку, Вт.

Розрахунок додаткових втрат в колах статора і ротора по (2) і у сталі АД показує, що втрати невеликі. Наприклад втрати від 5-ї гармоніки складає 0,5 % від втрат 1-ї гармоніки, від 7-ї – 0,2%, від 11-ї – 0,1 %, хоча ці втрати сприяють підвищенню температури ізоляції обмоток АД [3]. Обертаючий і тормозний моменти від дії ВГ, що називають додатковими моментами у АД, за своєю природою, аналогічні основному електромагнітному моменту, лише пов'язані з взаємодією ВГ магнітного поля статора зі струмами, що індукуються ними в обмотках ротора. Електромагнітний момент від дії ВГ можна приблизно розрахувати, якщо прийняти $S_k \approx 1$ (момент пуску M_n) за виразом [4, 5]

$$M_k \approx \frac{M_n}{k^4}. \quad (5)$$

Враховуючи, що гармонічні складові магнітного поля статора АД створюють асинхронні моменти, бо 5 ВГ обертається у зворотному напрямі, 7 ВГ обертається в напрямі обертання поля основної гармоніки, то результуючий асинхронний електромагнітний момент знаходиться як [6]

$$M = M_1 + M_5 + M_7. \quad (6)$$

Асинхронні електромагнітні моменти від ВГ спотворюють криву основного електромагнітного моменту АД. Найбільше спотворення спостерігається в зоні малих швидкостей обертання АД, де додаткові асинхронні моменти, пов'язані з ВГ, максимальні [5,6]. Реальну небезпеку ВГ викликають у випадку короткозамкненої обмотки ротора, оскільки опір стрижнів і ділянок кілець дуже малий, а струми ВГ значні, викликає вібрації ротора.

Висновок. Наявність ВГ призводить до незатухаючих коливальних процесів як моменту на валу, так і частоти обертання ротора, а також вібрації АД. В залежності від значення визначеної гармоніки і при достатньо великому статичному моменті на валу може наступити стійкий момент роботи при великому ковзанні і малій частоті обертання в процесі пуску, що може призвести до перегріву АД.

Список використаних джерел

1. Попова І. О. Визначення параметрів активно-емнісного фільтра напруги зворотної послідовності. *Сучасний стан та перспективи розвитку електротехнічних систем*: зб. тез доповідей І Всеукр. наук.-практ. Інтернет-конф. пам'яті В. В. Овчарова. Мелітополь, 2020. С. 18-19.
2. Донской Н .В. Асинхронный двигатель в системах автоматического управления. Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2012. 284 с.
3. Немцев, Г. А. Немцев Г. А., Селезнев Е. А., Шестакова Л. А. Влияние высших гармонических составляющих на работу асинхронных двигателей. *Вестник Чувашского университета*. 2014. № 2. С. 46–51.
4. Попова І. О., Попрядухін В. С. Параметри контролю несиметричних режимів роботи асинхронних двигунів. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2019. Вип. 9, т. 1. DOI: 10.31388/2220-8674-2019-1-41.
5. Попова І. О. Контроль режимів роботи асинхронних двигунів при несиметрії напруг мережі: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.09.16. Мелітополь, 2003. 20 с.
6. Жежеленко, И. В. Высшие гармоники в системах электроснабжения предприятий Москва: Энергоатомиздат, 2000. 331 с.

УДК 62-533.7

ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ НОМІНАЛЬНИХ ВТРАТ ПОТУЖНОСТІ У ВУЗЛАХ АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОДВИГУНА ЗА КАТАЛОЖНИМИ ДАНИМИ

Вовк О. Ю., к.т.н.

Oleksandr.vovk@tsatu.edu.ua

Таврійський державний агротехнологічний університет ім. Дмитра Моторного,
м. Мелітополь

Актуальність та постановка проблеми. На сьогодні приблизно 40% електричної енергії, що виробляється у світі, споживається асинхронними електродвигунами, кількість яких перевищує 300 млн. штук [1, 2]. Найбільш за все вказані електродвигуни застосовуються у різних виробничих процесах промисловості, споживаючи до 80 % електроенергії даної галузі економіки [3, 4]. Таке розповсюдження вони отримали завдяки простоті конструкції, яка обумовлює низку їх позитивних якостей. Просте в експлуатації спостерігається порівняно значний вихід з ладу означених електродвигунів [5], однією з причин якого є недостатній рівень їх діагностування [6]. Однією з багатьох причин цієї проблемної ситуації є відсутність достовірної інформації про тепловий стан окремих елементів конструкції електродвигуна [7], яка обумовлена відсутністю інформації, в тому числі, і про номінальні значення втрат потужності у вузлах асинхронного електродвигуна [8, 9]. Методи розрахункового визначення цих втрат застосовуються, головним чином, при проектуванні. Вони передбачають знання багатьох вхідних даних, пов'язаних із конструктивними особливостями електродвигунів: геометричних розмірів елементів конструкції, фізичних властивостей матеріалів, значень електромагнітних навантажень, тощо [10]. Отже застосування вказаних методів для практичних розрахунків втрат активної потужності у вузлах асинхронних електродвигунів при наявності лише каталожних даних є неможливим. Тому у роботі запропоновано спосіб розрахунку зазначених втрат на базі виключно каталожних даних, які легко можна знайти у більшості літературних джерел.

Основні матеріали дослідження. Втрати потужності в обмотці статора ($\Delta P_{ел1}$) та додаткові втрати ($\Delta P_{доd}$) розраховуються за відомими виразами, а для розрахунку втрат потужності в обмотці ротора пропонується застосовувати отримане автором емпіричне рівняння

$$\Delta P_{ел2} = P_n \cdot \left(\frac{n_0}{n_n} - 1 \right) \cdot \left(2 - \frac{n_0}{n_n} \right)^{-\frac{1}{\eta_n}}, \quad (1)$$

де P_n – номінальна потужність, Вт; n_n – номінальна частота обертання, об./хв.; n_0 – синхронна частота обертання, об./хв.; η_n – номінальний к.к.д.

Визначення втрат активної потужності у обмотці ротора за виразом (1) є достатньо точним, що підтверджують результати розрахунків для асинхронних електродвигунів багатьох типорозмірів за каталожними даними (параметрами схеми заміщення). Відносна похибка розрахунку не перевищує 5 %. Розрахунок подальших втрат ґрунтується на виразі (1) і виглядає наступним чином. Втрати у магнітопроводі

$$\Delta P_{мг} = \frac{P_n}{\eta_n} - \frac{\Delta P_{ел2} \cdot n_n}{n_0 - n_n} - \Delta P_{ел1}. \quad (2)$$

Механічні втрати:

$$\Delta P_{мх} = \frac{\Delta P_{ел2} \cdot n_n}{n_0 - n_n} - P_n - \Delta P_{ел2} - \Delta P_{доо}. \quad (3)$$

Висновок. Запропоновано емпіричний вираз для визначення втрат потужності у обмотці ротора асинхронного електродвигуна та спосіб розрахунку втрат активної потужності у вузлах електродвигуна, який базується на цьому виразі і дозволяє встановлювати значення цих втрат із достатньою для практичних цілей точністю.

Список використаних джерел

1. Вовк О. Ю., Квітка С. О. Ресурсозберігаюче управління асинхронними електродвигунами прикладеною напругою. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного*. Мелітополь, 2020. Вип. 10, т. 2. DOI: 10.31388/2220-8674-2020-2-27.
2. Вовк О. Ю., Квітка С. О. Періодичний контроль функціонального стану асинхронних електродвигунів за енергетичними показниками. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного*. Мелітополь, 2020. Вип. 20, т. 4. С. 115-125. DOI: 10.31388/2078-0877-2020-20-4-115-125.
3. Вовк О. Ю. Втрати потужності в асинхронному електродвигуні в умовах відхилення живлячої напруги. *Сучасний стан та перспективи розвитку електротехнічних систем: матеріали II Всеукр. наук.-практ. Інтернет-конференції пам'яті В. В. Овчарова*. Мелітополь, 2020. С. 29-30.
4. Вовк О. Ю. Ресурсозберігаюче управління асинхронними електродвигунами. *Енергозабезпечення технологічних процесів: зб. тез доп. VIII Міжнар. наук.-практ. конф. пам'яті І.І. Мартиненка* (м. Мелітополь, 13-14 червня 2019 року). Мелітополь: ТДАТУ, 2019. С. 12.
5. Вовк О. Ю., Мамонтов Р. В. Вплив зниження живлячої напруги на ресурс асинхронних електродвигунів. *Теоретичні і практичні аспекти розвитку науки: матеріали IV Міжнар. наук.-практ. конференції*, (м. Київ, 11-12 грудня 2018 р.). Київ: НЦМД, 2019. ч. III. С. 27-28.
6. Вовк О. Ю. Періодичне діагностування асинхронних електродвигунів за енергетичними показниками. *Сучасний стан та перспективи розвитку електротехнічних систем: матеріали I Всеукр. наук.-практ. Інтернет-конф. пам'яті В. В. Овчарова*, Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 37-38.
7. Вовк О. Ю. Періодичне діагностування асинхронних електродвигунів в експлуатації. *Праці Таврійської державної агротехнічної академії*. Мелітополь, 2005. Вип. 32. С. 74-85.
8. Овчаров В. В., Вовк О. Ю. Теоретичні передумови комплексного діагностування асинхронних електродвигунів. *Праці Таврійського державної агротехнічної академії*. Мелітополь, 2001. Вип. 1, т. 21. С. 4-6.
9. Вовк О. Ю. Обґрунтування діагностичних параметрів асинхронних електродвигунів для періодичного контролю. *Сучасний стан та перспективи розвитку електротехнічних систем: матеріали I Всеукр. наук.-практ. Інтернет-конф. пам'яті В. В. Овчарова*. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 43-44.
10. Квітка С. О., Вовк О. Ю., Квітка О. С. Дослідження втрат активної потужності в асинхронному електродвигуні. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2017. Вип. 7, т. 1. С. 126-134.

УДК 621.313.333.004.58

ПРИСТРІЙ КОНТРОЛЮ І ЗАХИСТУ ТРИФАЗНИХ АСИНХРОННИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ ВІД АНОРМАЛЬНОЇ НАПРУГИ МЕРЕЖІ

Квітка С. О., к.т.н.

sergei.kvitka1965@gmail.com

Таврійський державний агротехнологічний університет ім. Дмитра Моторного,
м. Мелітополь

Актуальність та постановка проблеми. Експлуатаційна надійність асинхронних електродвигунів з короткозамкненим ротором в агропромисловому виробництві залишається невисокою. Знижена напруга мережі є однією з причин виходу електродвигунів з ладу, так як вона призводить до недопустимого нагрівання обмоток, зниженню моменту, а іноді до втрати статичної стійкості. Одна з головних причин відмов електродвигунів – це незадовільний їх захист від аварійних режимів роботи [1-6].

Для захисту асинхронних електродвигунів від аварійних режимів роботи використовують різні технічні засоби [1-6]. Однак недоліки, які мають відомі пристрої захисту, обмежують їх застосування на виробництві [1-6].

Основні матеріали дослідження. Запропонований пристрій контролю і захисту трифазних асинхронних електродвигунів від аномальної напруги мережі (рис. 1) призначений для контролю напруги мережі змінного струму та відключення електродвигуна у випадках зниження або зростання напруги в мережі нижче або вище заданих значень.

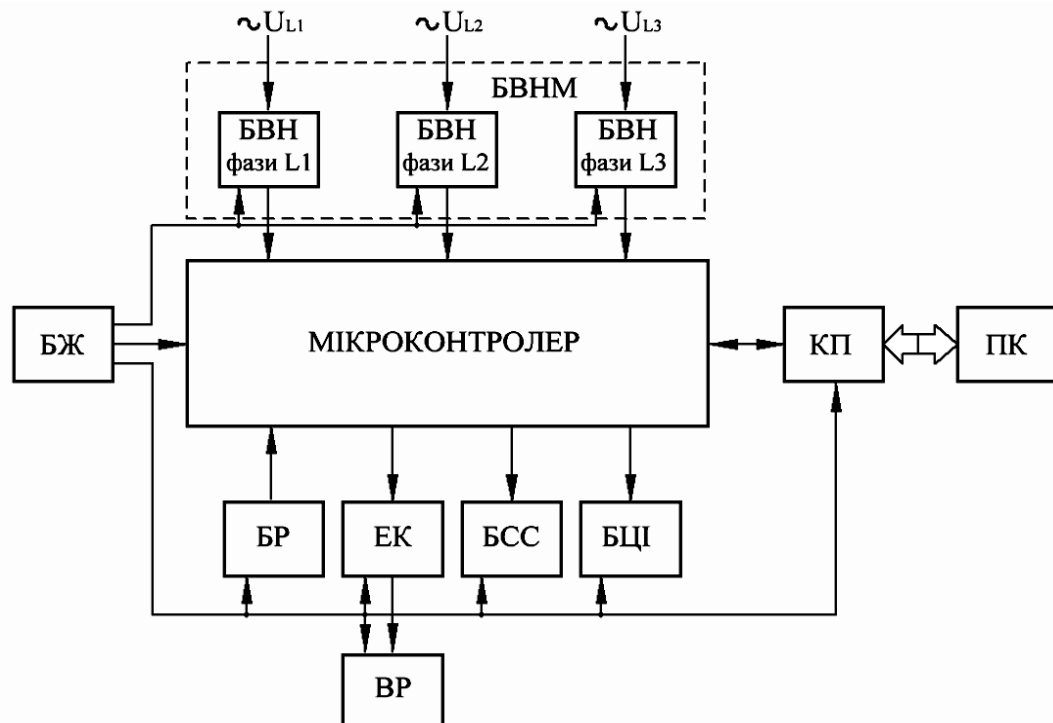


Рисунок 1. Пристрій контролю і захисту трифазних асинхронних електродвигунів від аномальної напруги мережі

Пристрій складається з мікроконтролера, трьох блоків вимірювання фазної напруги мережі (БВН), блоку вибору режимів роботи (БР), блоку світлової сигналізації (БСС), блоку цифрової індикації (БЦІ), електронного ключа (ЕК) і виконавчого реле (ВР). Крім того, до складу пристрою входять комунікаційний порт (КП) і блок живлення (БЖ).

Якщо напруга в мережі виходить за встановлені межі, то мікроконтролер подає команду, спрацьовує електронний ключ (ЕК) та виконавче реле (ВР), і електродвигун вимикається. При цьому мікроконтролер продовжує вимірювати напругу в мережі. Якщо напруга прийшла до норми, то відбувається відлік часового інтервалу на необхідну затримку вмикання електродвигуна.

Вибір режимів роботи і керування пристроєм здійснюється за допомогою блоку вибору режимів роботи (БР).

Пристрій є програмованим, тому в ньому передбаченим роз'єм для підключення програматора. Комунікаційний порт (КП) призначений для обміну даними між пристроєм і комп'ютером.

Електричне живлення пристрою здійснюється від блоку живлення (БЖ).

Висновок. Розроблений пристрій контролю і захисту трифазних асинхронних електродвигунів від аномальної напруги мережі дозволяє: здійснювати безперервний контроль напруги мережі і, при небезпечному її зростанні або зниженні, автоматично відключати електродвигун, що дозволяє захистити його від аварійного режиму роботи при аномальній напрузі, підвищити експлуатаційну надійність та зменшити вихід з ладу.

Список використаних джерел

1. Овчаров В. В. Эксплуатационные режимы работы и непрерывная диагностика электрических машин в сельскохозяйственном производстве. Киев: УСХА, 1990. 168 с.
2. Квітка С. О., Вовк О. Ю., Квітка О. С. Пристрій контролю функціонального стану та захисту групи асинхронних електродвигунів від аварійних режимів роботи. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Сер. Технічні науки.* Харків, 2014. Вип. 153: Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. С. 85-87.
3. Квітка С. О., Вовк О. Ю., Квітка О. С. Пристрій контролю функціонального стану і захисту асинхронних електродвигунів від аварійних режимів роботи. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Сер. Технічні науки.* Харків, 2017. Вип. 186: Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. С. 90-92.
4. Квітка С. О., Вовк О. Ю., Попова І. О., Безменнікова Л. М. Пристрій захисту трифазних асинхронних електродвигунів від аномальної напруги мережі. *Рибне господарство України.* 2011. № 7. С. 12-13.
5. Квитка С. А., Вовк А. Ю. Устройство контроля функционального состояния и защиты асинхронных электродвигателей от аварийных режимов работы. *Энергобережение – важнейшее условие инновационного развития АПК: материалы Междунар. науч.-техн. конф.* Минск: БГАТУ, 2017. С. 216-219.
6. Квітка С. О., Безменнікова Л. М., Вовк О. Ю., Квітка О. С. Пристрій захисту групи трифазних асинхронних електродвигунів від аварійних режимів роботи. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету.* Мелітополь, 2012. Вип. 12, т. 2. С. 23-27.

УДК [519.22:621.311]:631.243.32

МАТЕМАТИКО-СТАТИСТИЧНИЙ МЕТОД НОРМУВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА ЕЛЕВАТОРАХ

Постнікова М. В., к. т. н.

marina.postnikova@tsatu.edu.ua

Таврійський державний агротехнологічний університет ім. Дмитра Моторного,
м. Мелітополь

Актуальність та постановка проблеми. Енергозбереження – одне з самих актуальних питань ХХІ століття. Сільське господарство відноситься до енергоємних споживачів. Аналіз сільськогосподарського виробництва показує, що для підвищення енергоефективності сільськогосподарських підприємств необхідно зменшити рівень енергозатрат.

Контроль енерговикористання є невід'ємною частиною енергозберігаючої політики багатьох країн. Фактично державному контролю у відповідності з законодавством різних країн підлягає все енергетичне господарство. Законами, правовими актами передбачена обов'язковість проведення обстежень і державних експертиз. Причому, законодавча база передбачає як введення нормування і контролю за споживанням паливно-енергетичних ресурсів, як фінансову і адміністративну відповідальність, так і створення економічних механізмів підвищення зацікавленості споживачів щодо економії витрат енергоресурсів [1].

Раціональне використання електроенергії на елеваторах особливо актуальне зараз, коли розширення виробництва електроенергії пов'язано з витратами таких невідновлюваних джерел енергії як нафта, газ, вугілля. Рішення цих задач має і соціальний аспект, тому що до нього входять люди, і успіх залежить від їх відношення до справи.

Основні матеріали дослідження. Один із шляхів раціонального використання електроенергії – розробка питомих науково-обґрунтованих норм, а дотримання норм споживання електроенергії – одна з основних задач експлуатаційного персоналу. Практично найбільш зручно установити норми споживання електроенергії на основі енергетичних характеристик агрегатів або цілих операцій.

В теперішній час споживання електроенергії на елеваторах планується, як правило, по звітним показникам з деякими корективами. Споживання електроенергії, яке заплановано, таким чином не відображає якості використання електроенергії, не враховує стан і режим роботи машин, технічні умови удосконалення технології і процес дороблювання зерна.

Норми, які встановлені на основі середніх статистичних даних про фактичні витрати електроенергії, не являються науково-обґрунтованими. Вони характеризують лише середні витрати за окремий проміжок часу, не враховують затрати в технологічних процесах, які виникають при неполадках обладнання [2].

Математико-статистичний метод дозволяє науково обґрунтувати реальність і точність норми, що встановлюється, дати імовірну оцінку можливих відхилень величини питомих витрат електроенергії від прийнятих за норму при зміні параметрів технологічного процесу, вирішити питання про ступінь впливу другорядних факторів, об'єднати норми. В цілому цей метод побудований на основі вивчення результатів спостереження експериментальних і звітно-статистичних даних, які одержані за декілька років і оброблені методами теорії імовірності і математичної статистики.

За допомогою методів математичної статистики та теорії імовірності, а саме кореляційного та дисперсійного аналізів, можна вирішити задачу про ступінь впливу окремих факторів на питомі витрати електроенергії, визначити форму та тісноту зв'язку, вивести вихідні рівняння для розрахунку питомих витрат електроенергії при

будь-яких виробничих умовах.

Усі операції в технологічних процесах елеваторів мають важливе значення, а основним фактором, який сильно впливає на енергоємність цих операцій, є продуктивність [3].

Для виявлення закономірностей досліджено на типових для елеваторів механізмах і машинах і побудовано енергетичні характеристики потужності та питомих витрат електроенергії в функції продуктивності $P = f(Q)$, $W = f(Q)$ [4].

У всіх дослідженнях енергетичні характеристики механізмів $W = f(Q)$ мають гіперболічний характер і можуть бути представлені рівнянням

$$W = \frac{b}{Q} + a, \quad (1)$$

де W – питомі витрати електроенергії, кВт·год./т;

Q – продуктивність, т/год.;

a , b – параметри рівняння, які визначаються за методом найменших квадратів.

Індивідуальні енергетичні характеристики побудовано для окремих механізмів при постійних фізичних факторах (вологість, об'ємна маса, засміченість). Вони дозволяють визначити оптимальний, в енергетичному відношенні, режим роботи. Гіперболічний характер залежності $W = f(Q)$ підтверджує, що найвигідніший енергетичний режим буде відповідати найбільшій можливій за технологічними умовами продуктивності механізмів підприємства.

За енергетичними характеристиками окремих машин і механізмів побудовано сумарні енергетичні характеристики для будь-якої операції. За сумарними енергетичними характеристиками побудовані узагальнені характеристики для елеваторів.

Висновок. Для розробки науково-обґрунтованих прогресивних норм питомих витрат електроенергії на елеваторах пропонується математико-статистичний та розрахунково-експериментальний методи.

Список використаних джерел

1. Постнікова М. В. Нормування енергоспоживання – один із шляхів раціонального використання електроенергії на елеваторах. *Енергозабезпечення технологічних процесів* : зб. тез доп. VIII міжнар. наук.-практ. конф. пам'яті І. І. Мартиненка, (м. Мелітополь, 13-14 черв. 2019 р.). Мелітополь: ТДАТУ, 2019. С. 18.
2. Постнікова М. В. Енергозберігаючі режими роботи електромеханічних систем обробки зерна на зернопунктах: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.09.03. Мелітополь, 2011. 22 с.
3. Постнікова М. В. Розробка науково-обґрунтованих норм енергоємності при обробці зерна на зернопунктах. *Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Сер. Проблеми автоматизованого електроприводу. Теорія і практика*. Харків, 2008. № 30. С. 511-512.
4. Постнікова М. В. Імовірна оцінка норми питомих витрат електроенергії при очищенні зерна на зернопунктах. *Вісник Харківського національного університету сільського господарства імені Петра Василенка*. Харків, 2009. Вип. 86: Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. С. 89-91.

УДК 631.371

ОБҐРУНТУВАННЯ СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ СИЛОВОГО ЕНЕРГЕТИЧНОГО КАНАЛА ЕЛЕКТРОМОТОБЛОКА

Ковальов О. В., інженер

alekstdaty1979@gmail.com

Таврійський державний агротехнологічний університет ім. Дмитра Моторного,
м. Мелітополь

Актуальність та постановка проблеми.

Сучасне сільськогосподарське виробництво в Україні характеризується масовим застосуванням мобільних енергетичних засобів малої механізації у вигляді малогабаритних мотоблоків та міні-тракторів 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 [1-3]. Тому обґрунтування та створення електрифікованих ґрунтообробних машин для малих фермерських господарств є актуальною проблемою

Основні матеріали дослідження. Про ефективність мотоблоків з електроприводом свідчить проведена порівняльна техніко-енергетична оцінка найбільш розповсюджених мотоблоків [4].

З урахуванням рекомендацій по конструюванню мотоблоків, приведених в [5] 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 електромотоблока з електроприводом та централізованим електропостачанням наочно може бути представлено у вигляді структурної схеми енергетичного каналу мотоблоку, наведеної на рис. 1.

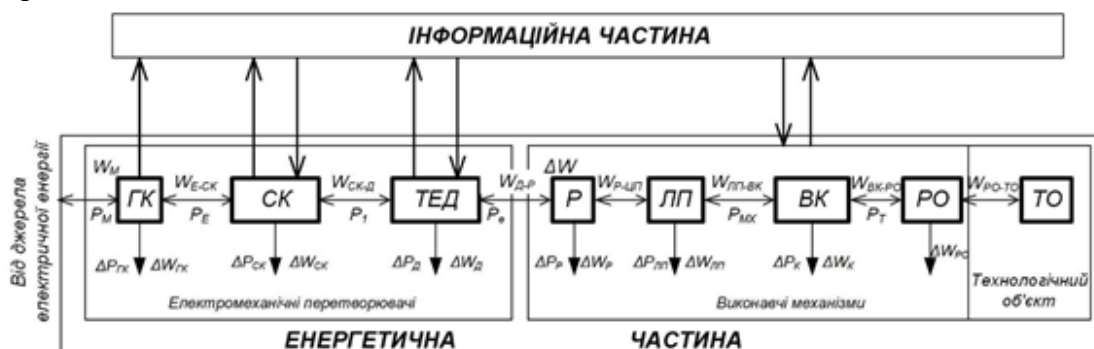


Рисунок 1. Структурна схема енергетичного каналу енергозберігаючої електромеханічної системи обробітку ґрунту

На схемі енергетичного каналу електромотоблоку позначено: P_m – електрична потужність споживана з мережі; P_m – електрична потужність на ввіді мотоблока; P_1 – приєднана потужність тягового електродвигуна; P_e – ефективна або корисна потужність тягового електродвигуна; $P_{мх}$ – 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; ΔP_D – 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 електромоторблока може бути оцінена рівнянням енергетичного балансу в наступному вигляді

$$P_e = P_1 - \Delta P_{\text{д}} = \Delta P_{\text{м}} + \Delta P_{\text{б}} + \Delta P_{\text{ф}} + P_m. \quad (1)$$

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

Оцінку тягових властивостей електромоторблоку можна провести за величиною його тягового ККД

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

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

$$P_m = F_m \cdot v = P_e \cdot \eta_m = P_e \cdot \eta_{\text{м}} \cdot \eta_{\text{б}} \cdot \eta_{\text{ф}}. \quad (3)$$

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

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

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

Висновок. Обґрунтовано структурну схему енергетичного каналу електромоторблока, на базі якої отримано рівняння енергетичного балансу. Визначено величину тягової потужності системи з урахуванням виду обробки ґрунту та швидкості пересування. Запропоновано вид тягового двигуна привода електромоторблоку.

Список використаних джерел

1. Кувачов В. П., Куценко Ю. М., Ковальов О. В., Єгнат'єв Є. І. Електрифікований агрономодуль – ефективне рішення проблем механізації рослинництва. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2012. Вип. 12, т. 2. С. 86-92.
2. Ковальов О. В. Тягові характеристики та керування моторблоком з електроприводом по максимуму ККД. *Вісник Національного технічного Університету «ХПІ»*. Сер. Проблеми автоматизованого електропривода. Теорія і практика. Харків, 2008. № 30. С. 509-510.
3. Квітка С. О., Ковальов О. В. Обґрунтування системи керування електроприводом ґрунтообробного моторблоку. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. Сер. Механізація та автоматизація виробничих процесів. Суми, 2016. Вип. 10/1 (29). С. 183-186.
4. Ковальов О. В., Катюха А. А., Назар'ян Г. Н. Аналітичний метод порівняльної техніко-енергетичної оцінки ефективності і технічного рівня моторблоків. *Праці Таврійської державної агротехнологічної академії*. Мелітополь, 2007. Вип. 7, т. 3. С. 93-99.
5. Ковальов О. В., Куценко Ю. М., Назар'ян Г. Н. Розрахунок потужності та вибір тягового електродвигуна привода моторблока. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2010. Вип. 10, т. 8. С. 228-238.

УДК 621.316.92:621.313.333

ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ХОЛЛА В ПРИСТРОЯХ МОНІТОРИНГУ ТА ЗАХИСТУ ТРИФАЗНИХ АСИНХРОННИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ

Нестерчук Д. М., к.т.н.

dina.nesterchuk@tsatu.edu.ua

Кривцов Д. О., студент

detshik2102@gmail.com

Нікульча М. В., студент

nikolaynikulcea2017.77@gmail.com

*Таврійський державний агротехнологічний університет ім. Дмитра Моторного,
м. Мелітополь*

Актуальність та постановка проблеми.

Аналіз методів оцінки параметрів асинхронних електродвигунів (АД), як складових електромеханічної системи (ЕМС), дозволив визначити доцільність необхідності пошуку принципово нових науково-технічних рішень, які відрізняються від відомих простотою і можливістю часткової або повної автоматизації безпосередньо в складі електромеханічної системи.

Зазначена проблема може бути вирішена за умови, якщо електропривод буде обладнаний системою моніторингу, яка здатна контролювати зміну характеристик і приймати рішення щодо виведення з експлуатації АД, якщо параметри ЕМС змінюються настільки інтенсивно, що аварійний вихід стає можливим раніше, ніж термін планового відключення для технічного огляду. Постійний контроль технічного стану ЕМС з АД, визначення причин відмови АД, прогнозування працездатності, пошук місця пошкодження є тактичними задачами моніторингу ЕМС з АД. Згідно [1, 2] під моніторинг підпадають теплові процеси АД, процеси, що супроводжуються надструмами, процеси при неповнофазних режимах та поточний стан ізоляції АД. Відомо [3], що найчастіше пошкоджуються обмотки статора та ротора АД. Збільшення струму АД за номінальне значення, є параметром діагностування та моніторингу теплового процесу, оскільки величина струму визначає втрати активної потужності в обмотках, які, в свою чергу, є причиною нагрівання провідників обмотки.

Основні матеріали дослідження. Аналіз існуючих методів та засобів вимірювання струмів [2, 4] показав, що найбільш розповсюдженими первинними перетворювачами струму в пристроях моніторингу та захисту є резистивні та трансформаторні перетворювачі струму, які мають свої переваги та недоліки, що й визначають область їх застосування. Авторами пропонується в пристроях моніторингу та захисту трифазних АД застосовувати елементи (датчики) Холла на основі відомого ефекту Холла, які характеризуються можливістю безконтактних вимірювань; наявністю гальванічної розв'язки між вхідним та вихідним сигналами; високою динамічною стійкістю із-за відсутності обмоток; необхідністю в наявності зовнішнього джерела живлення; можливістю вимірювання сили змінних струмів; відсутністю поглинання потужності; малими габаритами. За конструкцією датчик Холла – це напівпровідникова пластинка прямокутної форми з чотирма електродами, два з яких струмові, а два електрода призначені для зняття холловської різниці потенціалів. Слід відзначити, що використання напівпровідників обумовлено тим, що завдяки високій рухливості носіїв зарядів, вони мають більшу чутливість до впливу магнітного поля. Форми датчиків є різноманітними, це впливає на лінійність залежності вихідного сигналу від магнітної індукції магнітного поля та чутливість. Розміри сучасних датчиків Холла не перевищують 1x1x0,5 мм, чутливість сягає 1000 мВ/Тл, а робочий діапазон температур дорівнює від мінус 270°C до плюс 200°C. А найголовною особливістю є наявність гальванічної розв'язки з силовим електричним колом.

Авторами пропонується схема електрична принципова блоку вимірювання струму з елементом Холла, як складового блоку пристрою моніторингу та захисту асинхронних електродвигунів, яка наведена на рис. 1.

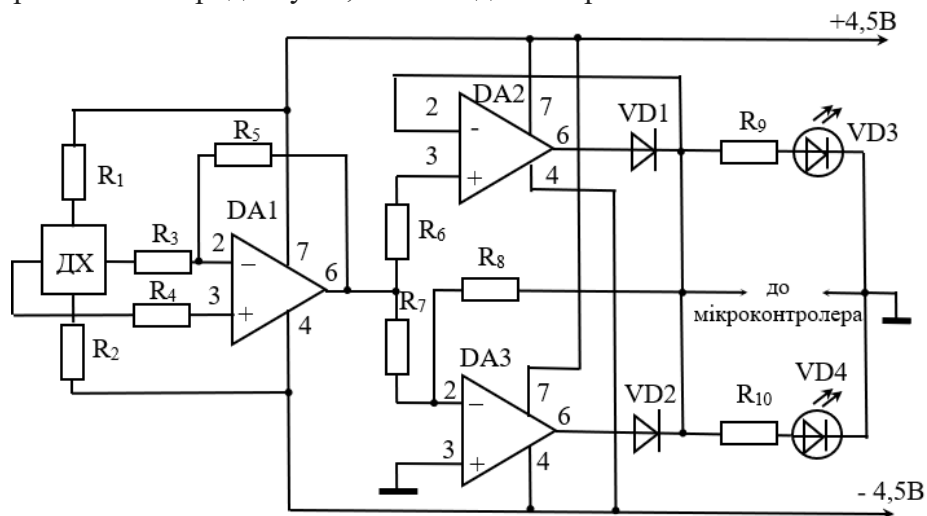


Рисунок 1. Схема електрична принципова блоку вимірювання струму з елементом Холла

На мікросхемі DA1 реалізований підсилювач сигналу, який надходить з елемента Холла. З виходу підсилювача різнополярна напруга подається на вхід операційного підсилювача DA2 та на вхід операційного підсилювача DA3. Світлодіод VD1 загоряється при наявності на виходах DA1 та DA2 позитивного потенціалу. Світлодіод VD2 не загоряється, так як операційний підсилювач DA3 інвертує сигнал, тому на його виході буде негативний потенціал. Якщо на виході DA1 буде негативний потенціал, світлодіод VD2 загоряється. Слід відзначити, що виходи DA2 та DA3 з'єднані через діоди VD1 та VD2, тому запропонований блок вимірювання струму з елементом Холла стає можливим підключати до входу АЦП мікропроцесорного пристрою моніторингу та захисту трифазних асинхронних електродвигунів.

Висновок. Запропонована авторами ідея дозволить контролювати струми силових електричних кіл, що підвищить експлуатаційну надійність трифазних АД в процесі експлуатації.

Список використаних джерел

1. Нестерчук Д. М. Завдання моніторингу електромеханічних систем з трифазними асинхронними електродвигунами. *Енергозабезпечення технологічних процесів*: зб. тез доп. VIII Міжнар. наук.-практ. конф. пам'яті І.І. Мартиненка (м. Мелітополь, 13-14 червня 2019 р.). Мелітополь, 2019. С. 15.
2. Овчаров В. В. Эксплуатационные режимы работы и непрерывная диагностика электрических машин в сельскохозяйственном производстве. Киев: Изд-во УСХА, 1990. 168 с.
3. Нестерчук Д. М., Курашкін С. Ф. Діагностування за струмом, як метод захисту електромеханічної системи з асинхронними електродвигунами. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*: Мелітополь, 2019. Вип. 9, т. 2. DOI: 10.31388/2220-8674-2019-1-30.
4. Деревенець А. О., Тугай С. Б. Особливості використання датчиків Холла для вимірювання електричних величин. *Перспективні напрямки сучасної електроніки*: матеріали XI-ї наук.-практ. конф. (м. Київ, 6-7 квітня 2017 р.). Київ, 2017. С. 94-97.

УДК 621.3:648.23

ЗАСТОСУВАННЯ ПЕРЕТВОРЮВАЧА ЧАСТОТИ В ЕЛЕКТРОПРИВОДІ ПРОМИСЛОВОЇ ПРАЛЬНОЇ МАШИНИ

Квітка С. О., к. т. н.

sergei.kvitka1965@gmail.com

Облещенко А. Д., студентка

anastasiyaobl333@gmail.com

*Таврійський державний агротехнологічний університет ім. Дмитра Моторного,
м. Мелітополь*

Актуальність та постановка проблеми. В даний час відбувається швидка зміна принципів побудови, конструктивного виконання та елементної бази використовуваних електроприводів в різних галузях промисловості, транспорту, комунального господарства. У багатьох випадках модернізація здійснюється шляхом заміни нерегульованих і регульованих електроприводів різних типів на частотнорегульовані асинхронні електроприводи, що мають більш високі техніко-економічні показники. Застосування перетворювачів частоти в електроприводі обумовлене в основному необхідністю регулювання швидкості обертання електродвигунів [1]. Використання перетворювача частоти забезпечує економічні способи регулювання швидкості і моменту електродвигунів змінного струму [2].

Основні матеріали дослідження. Перетворювач частоти в електроприводі є силовим перетворювачем електричної енергії, вхід якого підключений до мережі живлення з нерегульованими значеннями напруги U_1 і частоти f_1 , а на виході забезпечуються регульовані значення напруги U_2 (або струму I_2) і частоти f_2 залежно від завдання або керуючих сигналів U_K . Таким чином, плавно збільшуючи частоту і амплітуду напруги, що подається на статорні обмотки асинхронного електродвигуна, можна забезпечити плавне регулювання швидкості обертання валу електродвигуна [2].

Застосування типової пральної машини викликає проблеми внаслідок необхідності екстремально високих і рівномірних обертаючих моментів при низьких частотах обертання і дуже високих частот обертання при центрифугуванні. Завдяки високому пусковому моменту і високодинамічній реакції перетворювач частоти MICROMASTER Vector гарантує рівномірність обертання барабана при будь-яких заданих умовах за швидкістю і тому пропонується для використання в застосуваннях такого роду.

На представленій схемі застосування перетворювача частоти в електроприводі промислової пральної машини (рис. 1) типова частота становить 5 Гц на початку циклу прання і зростає під час циклу центрифугування до 150 Гц.

Привод керується за цифровими входами, які параметруються для виконання функцій пуску, зміни напрямку обертання, завдання двійково-кодованих фіксованих частот і вибору часу розгону. Високий ступінь керованості досягається можливістю вибору вісьмох фіксованих частот для роботи в обох напрямках обертання, і двох різних: часу розгону і уповільнення для циклів прання і центрифугування відповідно. Використання аналогових входів перетворювача для подальшого удосконалення дає додаткові можливості керування. Таким чином, можна вводити керування попередньо заданими фіксованими частотами для отримання точних частот при спеціальних видах прання, наприклад, шовку.

Релейні виходи перетворювача налаштовуються на перемикання при досягненні заданого значення і в разі виникнення помилки. В даному випадку використовується електродвигун із вбудованим РТС-термістором, так як температура може досягти екстремально високого рівня. РТС-термістор пов'язаний безпосередньо з

перетворювачем, який вимикає електродвигун і видає повідомлення про помилку, якщо електродвигун перегрівасться.

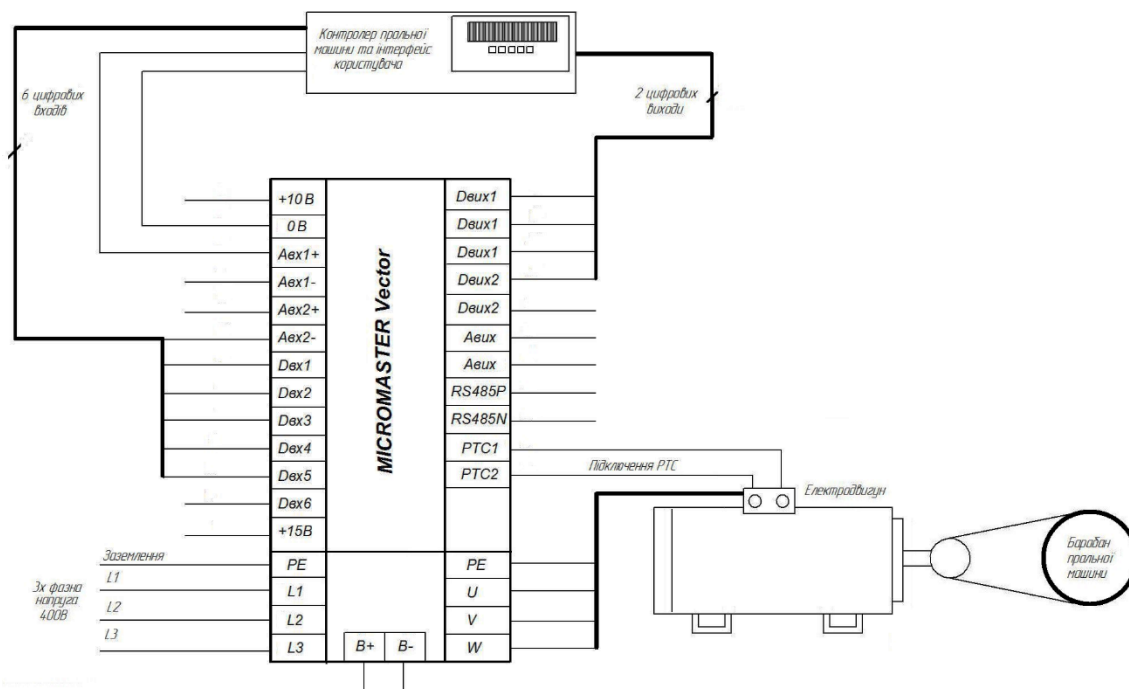


Рисунок 1. Схема застосування перетворювача частоти в електроприводі промислової пральної машини

Висновок. Таким чином, запропонована система керування електроприводом промислової пральної машини із застосуванням перетворювача частоти MICROMASTER Vector забезпечує рівномірність обертання барабана при будь-яких заданих умовах за швидкістю (при низьких частотах обертання на початку циклу прання і дуже високих частот обертання при центрифугуванні) і тому пропонується для використання в застосуваннях такого роду.

Список використаних джерел

1. Данилов П. Е., Крутиков К. К., Рожков В. В. Управление частотно-регулируемым электроприводом: конспект лекций. Смоленск, 2008. 96 с.
2. Сучасні перетворювачі частоти в системах електропривода: навч. посібник / М. В. Загірняк та ін. 2-ге вид., перероб. і доповн. Харків: Точка, 2017. 206 с.
3. Квітка С. О., Безменнікова Л. М., Вовк О. Ю., Квітка О. С. Методи управління та апаратна реалізація сучасних перетворювачів частоти. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2013. Вип. 3, т. 2. С. 164-171.
4. Квітка С. О., Постнікова М. В., Речина О. М. Основи електроприводу: лабораторний практикум. Мелітополь: Люкс, 2020. Ч. 1. 165 с.
5. Постнікова М. В., Квітка С. О., Нестерчук Д. М. Основи електропривода: практикум. Мелітополь: Люкс, 2020. Ч. 1. 259 с.

УДК 621.317.38:631.243.32

АНАЛІЗ ЕНЕРГЕТИЧНОГО МОНІТОРИНГУ ПІДПРИЄМСТВ ОБРОБКИ І ЗБЕРІГАННЯ ЗЕРНА

Постнікова М. В., к.т.н.

marina.postnikova@tsatu.edu.ua

*Таврійський державний агротехнологічний університет ім. Дмитра Моторного,
м. Мелітополь*

Актуальність та постановка проблеми. Енергоефективність є важливим пріоритетом в сучасних умовах. Одним з ключових моментів у цій сфері є впровадження моніторингу та контролю ефективності енергоспоживання.

Моніторинг – система заходів спостереження та контролювання, яка проводиться для оцінювання стану об'єкта дослідження.

Основні матеріали дослідження. Проведення енергетичного моніторингу дозволить здійснювати спостереження за режимом електроспоживання на підприємствах обробки і зберігання зерна, реєструвати основні показники, виявити вплив зовнішніх та внутрішніх факторів на ефективність електроспоживання, що сприятиме раціональному використанню енергоресурсів на підприємствах обробки і зберігання зерна та підвищенню її рівня енергоефективності [1].

Моніторинг на підприємствах обробки і зберігання зерна є основою для розробки та реалізації методів керування та планування режиму роботи для забезпечення ефективного електроспоживання та раціонального використання енергоресурсів.

Розроблені заходи щодо здійснення енергетичного моніторингу електроприводів сільськогосподарських об'єктів [2].

Один з шляхів раціонального використання електроенергії на підприємствах обробки і зберігання зерна – розробка науково-обґрунтованих питомих норм витрати електроенергії, впровадження яких дозволить економити до 10 % електроенергії.

Норматив витрат енергії – номінальне значення витрат енергії на величину технологічно зв'язаного з ним параметра виробництва при заданих умовах протікання технологічного процесу [3].

Норматив відображає деяке середнє значення витрат енергоресурсів для багатьох подібних об'єктів, які одержані на основі проектних даних. При розробці нормативів використовується розрахунково-аналітичний метод. Тому норми – це розрахункові величини [4].

Раніше розроблені норми необхідно удосконалювати та переглядати в міру росту технічного прогресу. Протягом кількох років в ТДАТУ проводились теоретичні та експериментальні дослідження з розробки питомих норм витрати електроенергії при обробці зерна на підприємствах обробки і зберігання зерна.

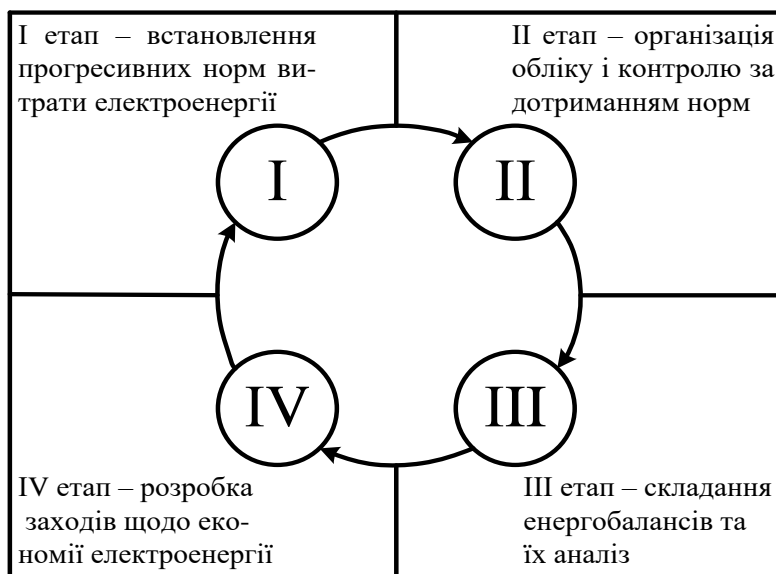
Норми призначені для планово-економічних відділів обласних управлінь сільського господарства, а також для Міністерства аграрної політики України для планування і контролю витрати електроенергії на технологічні процеси очищення зерна на потокових лініях підприємств обробки і зберігання зерна півдня України [4].

Науково обґрунтовані норми дозволяють не лише правильно планувати споживання електроенергії, але і дають можливість оптимально проектувати схеми електропостачання та прогнозувати строки реконструкції електричних мереж. Дотримання норм споживання електричної енергії – одна з основних задач експлуатаційного персоналу.

Нормування витрати електроенергії стає ефективним фактором енергозбереження лише за умови системного підходу при впровадженні норм: затвердження норм на відповідному рівні як офіційного нормативного документа; своєчасне сезонне або річне

планування норм для підприємств обробки і зберігання зерна і інших структур АПК; впровадження сучасних приладів обліку витрати електроенергії з класом точності 1,0, наприклад, електронних тритарифних лічильників Альфа, Енергія та ін.; введення системи економічного стимулювання при виконанні встановлених норм аж до введення пільгових податків; введення адміністративного впливу, матеріальних санкцій за невиконання норм і перевитрати електроенергії аж до збільшення податкових ставок.

Ефективними заходами щодо здійснення енергетичного моніторингу електроприводів сільськогосподарських об'єктів є комплексна система організації роботи з економії електроенергії (рис. 1) [3].



Висновок. Реальні досягнення в підвищенні енергоефективності можливі тільки при створенні необхідних законодавчих умов, першочерговим з яких є нормування питомих енергозатрат, контроль енерговикористання та економічне стимулювання енергоспоживачів.

Рисунок 1. Комплексна організація роботи щодо економії електроенергії

Список використаних джерел

1. Постнікова М. В. Енергетичний моніторинг зерноочисно-сушильних пунктів. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2017. Вип. 7, т. 1. С. 206-211.
2. Карпова О. П., Постнікова М. В. Енергоємність як енергетична характеристика технологічного процесу очищення зерна. *Зернові продукти і комбікорми*. 2017. Вип. 17, т. 4. С. 45-50. DOI: 10.15673/gpmf.v17i4.766.
3. Постнікова М. В. Заходи щодо здійснення енергетичного моніторингу електроприводів сільськогосподарських об'єктів. *Сучасні наукові дослідження на шляху до євроінтеграції: матеріали міжнар. наук.-практ. форуму (21-22 червня 2019 р.)*. Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 279-282.
4. Постнікова М. В. Розробка науково-обґрунтованих норм енергоємності при обробці зерна на зернопунктах. *Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Сер. Проблеми автоматизованого електроприводу. Теорія і практика*. Харків, 2008. № 30. С. 511-512.

УДК 621.316.92:621.313.333

СПОСІБ ДІАГНОСТУВАННЯ ВИТКОВИХ ЗАМИКАНЬ І ЗАХИСТУ АСИНХРОННИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ ВІД АНОРМАЛЬНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ

Нестерчук Д. М., к.т.н.

Цвентух М. Ю., студент

Родін Б. О., студент

*Таврійський державний агротехнологічний університет ім. Дмитра Моторного,
м. Мелітополь*

dina.nesterchuk@tsatu.edu.ua

maxtsventuh30@gmail.com

bod.rod.2001@gmail.com

Актуальність та постановка проблеми. Трифазні асинхронні електродвигуни (АД) є головною складовою електромеханічної системи (ЕМС), однак постійного контролю параметрів потребують всі її складові: «мережа живлення – перетворювач – електродвигун», а також їх коливання, зміни, взаємовплив. Цілком очевидно, що впровадження надійної й ефективної системи діагностування та захисту АД від аномальних режимів роботи дозволить зменшити кількість та частоту аварійних ситуацій, подовжити термін служби електродвигунів та підвищити їх експлуатаційну надійність. Найбільшу ефективність забезпечує діагностування в режимі функціонування з визначення дефектів на ранніх стадіях розвитку [1]. На етапі експлуатації внаслідок напрацювання і несприятливих впливів мережі та навколишнього середовища відбуваються зміни параметрів трифазних АД і зношування ізоляції, які призводять до появи внутрішніх пошкоджень, найчастіше виткових замикань статорних обмоток. Виткові замикання можуть мати незначні прояви і розвиватися поступово, що надалі призведе до перерозподілу струмів, збільшення температури обмоток і до аварійного відключення АД від мережі засобами захисту. Найбільші спотворення в результаті діагностування вносять неякісна електроенергія мережі і не точне визначення параметрів схеми заміщення АД [2]. При робочому АД його параметри, а саме, активний і індуктивний опори статора і ротора, а також частота обертання ротора та момент обертання змінюються і залежать від навантаження АД й від його температурного стану. Тому параметри АД, які приводяться в каталогах, не можуть бути використані для діагностики і захисту працюючого АД. Отже, для отримання достовірної інформації треба проводити безперервний за часом контроль параметрів АД і його змінних величин.

Основні матеріали дослідження. Авторами пропонується структурна схема пристрою захисту АД від аномальних режимів роботи – рис.1.

Пристрій захисту АД від аномальних режимів роботи працює таким чином.

При подачі команди «Пуск електродвигуна» перевіряється наявність блокування під час пуску. При відсутності блокування пристрій перевіряє наявність неповнофазного режиму мережі. При відсутності неповнофазного режиму у мережі живлення мікроконтролер 9 надає команду на комутаційний апарат 1, який й підключає АД 4 до мережі живлення. Для контролю обриву фазних проводів призначений блок вимірювання струмів 2. При наявності обриву проводів на виході мікроконтролера 9 з'явиться сигнал, який через виконавчий блок 12 блокує АД 4 від включення. В робочому режимі АД за допомогою блоку 2 вимірюються величини фазних струмів АД і кути зсуву між струмами. Блок 7 призначений для вимірювання величин лінійних напруг. Вимірювання частоти мережі живлення здійснюється за допомогою блоку 10, а за допомогою блоку 5 вимірюються оберти АД. Виміряні аналогові сигнали за допомогою аналогово-цифрових перетворювачів (АЦП) 3, 6, 8, 11 перетворюються в цифрові сигнали, які надходять на входи мікроконтролера 9.

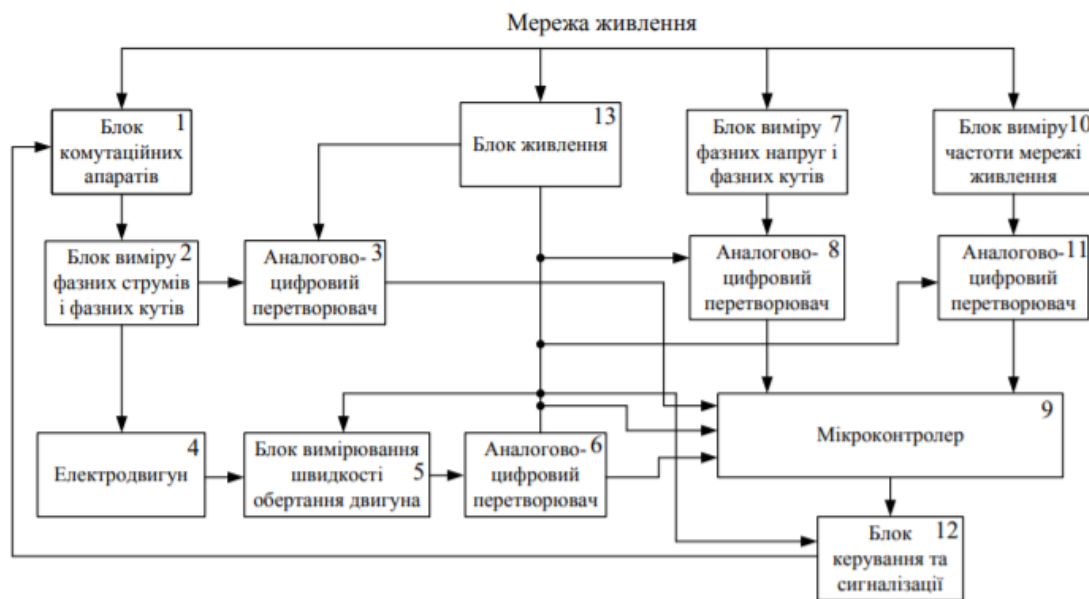


Рисунок 1. Схема структурна пристрою захисту АД від аномальних режимів роботи

Мікроконтролер здійснює збір вимірювальних сигналів з АЦП 3, 6, 8, 11, оброблює їх, порівнює з величинами нормованих уставок, а також формує електричні сигнали керування на блок керування та сигналізації 12 [3]. Пристрій функціонує за алгоритмом функціонування згідно [4]. Повторний запуск електродвигуна можливий при зниженні температури статорної обмотки нижче, ніж гранично допустима температура на 10...15°C. Запропонований пристрій діагностування здійснює безперервний моніторинг рівнів напруг, фазних струмів, частоти мережі і обертів електродвигуна, що дозволяє своєчасно виявити початковий момент виткового замикання, тим самим своєчасно запобігти аварійній ситуації.

Висновок. Запропонована авторами ідея дозволить підвищити експлуатаційну надійність трифазних АД в процесі експлуатації.

Список використаних джерел

1. Нестерчук Д. М., Курашкін С. Ф. Діагностування за струмом, як метод захисту електромеханічної системи з асинхронними електродвигунами. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2019. Вип. 9, т. 2. DOI: 10.31388/2220-8674-2019-1-30.
2. Овчаров В. В. Эксплуатационные режимы работы и непрерывная диагностика электрических машин в сельскохозяйственном производстве. Киев: Изд-во УСХА, 1990. 168 с.
3. Нестерчук Д. М. Многофункциональный блок управления и защиты асинхронного электродвигателя. *Энергосбережение – важнейшее условие инновационного развития АПК: материалы Междунар. науч.-техн. конф. (г. Минск, 23-24 ноября 2017 г.)*. Минск: БГАТУ, 2017. С. 257-259.
4. Нестерчук Д. М., Квітка С. О. Дослідження впливу сукупності експлуатаційних чинників на енергетичний та технічний стан електромеханічної системи з асинхронними електродвигунами. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2020. Вип. 20, т. 3. С. 113-126.

УДК 621.313

ТРИКОНТУРНА СИСТЕМА ПІДПОРЯДКОВАНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ПОЛОЖЕННЯ З ПОСЛІДОВНОЮ КОРЕКЦІЄЮ

Постнікова М. В., к.т.н

marina.postnikova@tsatu.edu.ua

Вдовін Б. В., магістрант

vdovinbogdan@gmail.com

Таврійський державний агротехнологічний університет ім. Дмитра Моторного,
м. Мелітополь

Актуальність та постановка проблеми. Широкий розвиток автоматизації та механізації виробничих процесів сільського господарства обумовлює зростаюче використання автоматизованих позиційних електроприводів, оснащених системою автоматичного регулювання положення для переміщення керованих механізмів із заданою точністю. Оскільки до подібних систем керування висуваються вимоги високої точності та швидкодії, переважно застосовують принцип так званого підпорядкованого регулювання з послідовною корекцією [1-3]. Проведемо його порівнювальну характеристику.

Основні матеріали дослідження. Найпростішою реалізацією позиційного електроприводу є одноконтурна схема, в якій регулятор положення напряму впливає на напругу, що подається інвертором на двигун. При цьому зворотний зв'язок відбувається лише за параметром положення ротора. Описана структура представлена на рис 1.

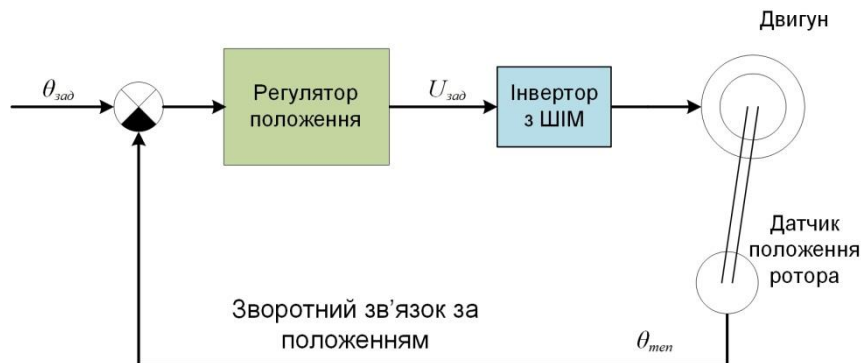


Рисунок 1. Одноконтурна система підпорядкованого регулювання

Але подібна структура працює не оптимально. Головними недоліками можна назвати відсутність контролю за струмом в момент перехідних процесів та використання одного ПІ регулятора, що викликає низьку швидкість реакції на збурювальні впливи та призводить до перерегулювання. Таким чином, момент двигуна залишається без належного керування, що в умовах виробництва може викликати пошкодження або відмову технологічного обладнання.

Тому триконтурна система має значні переваги. Принцип роботи такої системи полягає в підпорядкованості кожного контуру вищестоящому. В триконтурній системі наявний контур струму (моменту), контур швидкості (частоти обертання), контур положення. Відповідно кожний контур за допомогою свого регулятора підтримує свою величину на заданому рівні. В якості регулятора струму застосований ПІ-регулятор, для швидкості П-регулятор, та ПД-регулятор для положення.

Структурна схема триконтурної системи підпорядкованого регулювання наведена на рис. 2 [4].

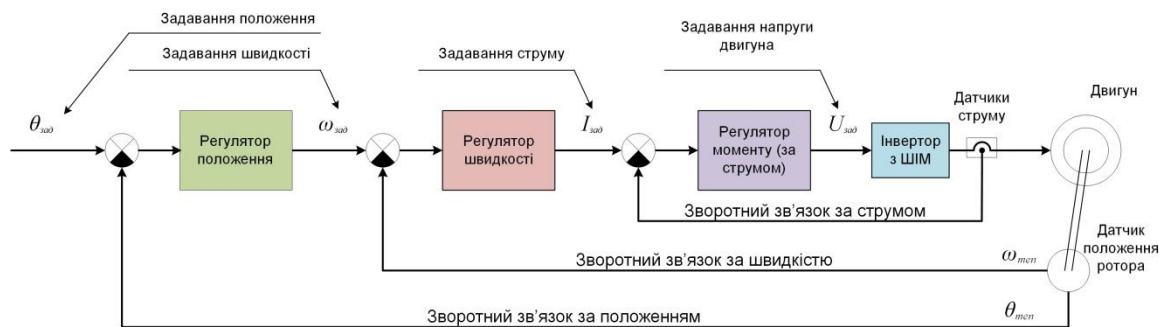


Рисунок 2. Триконтурна система підпорядкованого регулювання

Саме таке рішення є більш надійним. Швидкість являє собою першу похідну від положення, тому саме вплив на швидкість приводу є найдієвішим способом впливу на положення у порівнянні з впливом на струм або напругу. За тим же принципом регулятор моменту підпорядкований регулятору швидкості, тому що від моменту залежить прискорення приводу.

Тому як для електродвигуна момент залежить від струму, то для регулювання моменту в третьому контурі відбувається регулювання живлячої напруги інвертора.

При застосуванні подібної системи для керування електродвигунів постійного або змінного струму, різниця полягатиме в реалізації регулювання струму. Для постійного струму буде достатньо одного регулятора напруги якірної обмотки, а для двигунів змінного струму необхідно застосувати векторний спосіб керування.

Висновок. Вимоги до точності та якості роботи позиційного електроприводу відрізнятимуться в залежності від особливостей технологічного процесу. Але використання найбільш сучасних та точних систем керування електроприводом дозволяє уникнути несвоєчасного виходу з ладу силового обладнання, підвищує якість кінцевої продукції.

Список використаних джерел

1. Ключев В. И. Теория электропривода: учебник. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Энергоатомиздат, 2001. 704 с
2. Власенков О. А, Зенюхов І. О., Постнікова М. В., Квітка С. О. Сучасний стан і перспективи розвитку електропривода. *Тенденції та перспективи розвитку науки і освіти в умовах глобалізації*: матеріали Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конференції. Переяслав-Хмельницький, 2019. С. 417-418.
3. Клепиков В. Б., Розов В. Ю. О роли электропривода в решении проблемы энергоресурсосбережения в Украине. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Сер. Проблеми автоматизованого електропривода. Теорія і практика.* Харків, 2008. № 30. С. 18-21.
4. Інтернет ресурс. URL: <https://habr.com> (дата звернення: 23.04.2021).

УДК 631.372

ОБҐРУНТУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДА АКУМУЛЯТОРНОГО МАЛОГАБАРИТНОГО ҐРУНТООБРОБНОГО МОТОБЛОКА

Ковальов О. В., інженер

alekstdaty1979@gmail.com

*Таврійський державний агротехнологічний університет ім. Дмитра Моторного,
м. Мелітополь*

Актуальність та постановка проблеми.

В останні роки електропривод постійного струму почав витіснятися приводом на асинхронних двигунах як більш надійних та дешевих. Проблемою асинхронного приводу є складність у його регулюванні. В свою чергу електропривод постійного струму має більш прості алгоритми регулювання. В роботі [1] проведено обґрунтування типу та визначення потужності електродвигуна приводу агро модуля, для приводу якого запропоновано тяговий електродвигун постійного струму послідовного збудження.

В роботі [2] проведено розрахунок потужності та вибір тягового електродвигуна приводу малогабаритного ґрунтообробного мотоблоку, де в якості приводного двигуна також запропоновано двигун постійного струму Використання електричної енергії є одним з напрямків підвищення економічності та екологічності транспортних засобів. Тому дослідження можливості її застосування в сільськогосподарських машинах є актуальною темою.

Основні матеріали дослідження. Для ефективної обробки сільськогосподарських ділянок, в невеликих фермерських та аграрних господарствах, успішно використовується така компактна, але багатофункціональна техніка, як електромоблок. Ця машина здатна виконувати такі види робіт, як оранка легких ґрунтів, боронування і культивуація, міжрядний обробіток картоплі і буряка, внесення мінеральних добрив, покіс трав.

Зазвичай на ґрунтообробні мотоблоки встановлюють дизельні або бензинові двигуни. Один з альтернативних варіантів підвищення екологічності, а також покращення техніко-економічних показників полягає в застосуванні електродвигунів постійного струму послідовного збудження (ДПС ПЗ), які мають відносно прості способи регулювання швидкості та підтримують тягове зусилля [3]. Ефективність використання електрифікованих мобільних агрегатів на прикладі ґрунтообробних мотоблоків підтверджена техніко-енергетичними розрахунками, наведеними в [4].

Фахівцями ТДАТУ розроблено малогабаритний електрифікований ґрунтообробний мотоблок. За тяговими показниками його можна віднести до тягового класу 0,1. Він обладнаний двигуном постійного струму, має раму з колесами однакового розміру. Особливістю цього енергетичного засобу є безступінчаста трансмісія, що є дуже важливою обставиною, оскільки рівень завантаження його двигуна буде завжди оптимальним. А це саме те, що потрібно для економічного використання джерела енергії цього електромоблока - акумулятора. Певна річ, що тривалість безперервної роботи такого мотоблока із зрозумілих причин цілком обмежена. Водночас, для роботи в умовах крупних тепличних господарств та малих фермерських господарств, даний електромоблок може отримувати живлення від стаціонарної електричної мережі.

Принципова електрична схема керування акумуляторним електромоблоком зображена на рис. 1.

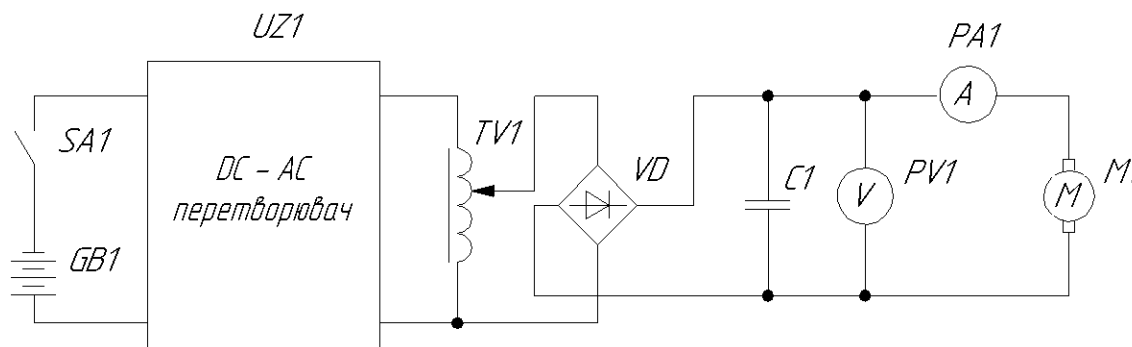


Рисунок 1. Принципова електрична схема керування двигуном приводу електромоблока

Живлення схеми здійснюється від акумуляторної батареї GB1 напругою 12 В. При замиканні перемикача SA1 напруга подається на вхід інвертора UZ1. На виході з інвертора отримуємо змінну напругу 220 В, яка подається на лабораторний автотрансформатор TV1, за допомогою якого здійснюється регулювання швидкості обертання якоря приводного електродвигуна M1. Випрямлення змінного струму здійснюється за допомогою діодного моста VD1. Також для контролю навантаження електродвигуна на панелі приладів встановлені амперметр PA1 і вольтметр PV1.

Висновок. Електромоблок є економічним та є достойною заміною традиційних мотоблоків з приводом від двигунів внутрішнього згорання. Установка тягового двигуна постійного струму дозволяє покращити його керованість, та прохідність, а також досягти необхідних експлуатаційних характеристик. За умови створення достатньо ємних акумуляторів (що вирішиться, на нашу думку, найближчим часом) використання подібного електромоблока буде ефективним у польових умовах.

Список використаних джерел

1. Кувачов В. П., Куценко Ю. М., Ковальов О. В., Ігнат'єв Є. І. Електрифікований агро модуль – ефективне рішення проблем механізації рослинництва. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2012. Вип. 12, т. 2. С. 86-92.
2. Ковальов О. В., Куценко Ю. М., Назар'ян Г. Н. Розрахунок потужності та вибір тягового електродвигуна приводу мотоблока. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2010. Вип. 10, т. 8. С. 228-238.
3. Квітка С. О., Ковальов О. В. Обґрунтування системи керування електроприводом ґрунтообробного мотоблоку. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Сер. Механізація та автоматизація виробничих процесів*. Суми, 2016. Вип. 10/1 (29). С. 183-186.
4. Ковальов О. В., Катюха А. А., Назар'ян Г. Н. Аналітичний метод порівняльної техніко-енергетичної оцінки ефективності і технічного рівня мотоблоків. *Праці Таврійської державної агротехнологічної академії*. Мелітополь, 2007. Вип. 7, т. 3. С. 93-99.

УДК 631.171:621.8

АВТОМАТИЧНЕ КЕРУВАННЯ ЗАВАНТАЖУВАЛЬНОЮ НОРІЄЮ ЗЕРНОСХОВИЩА

Постнікова М. В., к.т.н.

marina.postnikova@tsatu.edu.ua

Жук А. В., студент

andryusha.zhuk.80@gmail.com

Таврійський державний агротехнологічний університет ім. Дмитра Моторного,
м. Мелітополь

Актуальність та постановка проблеми. Дотримання всіх правил при закладці зерна на зберігання дозволяє забезпечити зберігання всіх якісних показників врожаю і мінімізувати можливі втрати [1]. Це неможливо без засобів автоматизації як всього технологічного процесу, так і окремих основних технологічних ліній. Автоматизація керування завантажувальною норією дозволить підвищити продуктивність праці, підвищити якість кінцевого продукту, скоротити енергоємність установки [2].

Основні матеріали дослідження. Стабілізувати потік зерна в потокову лінію можливо за допомогою автоматичного регулювання витрати. В зерносховищах централізація керування електроприводами машин ще не доведена до необхідного рівня. Автоматом закриття засувки норії, як правило, вручну регулюють ступінь відкриття шибера. Однак, цим процесом можна керувати дистанційно за допомогою електродвигунного приводу [3].

Пропонується замість автомата закриття норії з електромагнітним приводом застосувати систему завантаження за допомогою електродвигунного приводу з спеціальною конструкцією шибера, який значно знижує керуюче зусилля та запобігає його забивання.

Дистанційний привід шиберів в поточкових лініях намагалися здійснити за допомогою виконуючих механізмів РИМЗ і ТЭА-15 [3]. Ці приводи призначені для засувок великої продуктивності, в зв'язку з чим в них входить трифазний електродвигун, що вимагає достатньо складних схем керування.

Поставлена задача на основі проведеного аналізу застосувати нову конструкцію шибера з використанням виконуючого механізму ПР-1М, більш надійного і працездатного, в порівнянні з виконуючими механізмами ТЭА-15, АЗН-00.000Б. Шибер укладений в корпус прямокутного перетину, в якому знаходиться засувка з двома керуючими стрижнями. Схеми електрична принципова завантаження норії та кінематична пристрою завантаження норії представлена на рис. 1, 2.

Алгоритм керування виконується логічним устроєм, що складається з кінцевих вимикачів $SQ1-SQ4$, що фіксують крайнє положення стрижнів і проміжних реле $K1-K4$. На керуючі стрижні впливають реверсивні мікроелектродвигуни $M14$ і $M15$ через рейкову передачу. Для керування приводом служить перемикач $SA1$. Про відкрите і закриті положення шибера сигналізують лампи $HL1$ і $HL2$.

Схема працює наступним чином. Початкове положення засувки зачинене, контакти $SQ2$ і $SQ3$ замкнені, $SQ1$ і $SQ4$ розімкнені, котушки $K2$ і $K3$ одержать живлення. Натискаємо на кнопку $SB16$ в колі магнітного пускача $KM8$ завантажувальної норії. При цьому замикаються контакти $KM8$ в колі електродвигуна $M15$. Перемикач $SA1$ ставимо в положення B (відкрити).

Двигун $M15$ включається в роботу через контакти $K3$ і $K4$, переміщує стрижень, і разом з ним і засувку в праву сторону. Коли засувка відкриється, кінцевий вимикач $SQ2$ розімкне свої контакти, а $SQ4$ замкне. Котушка $K4$, одержавши живлення, своїми контактами відключить двигун $M15$. Для того, щоб закрити засувку треба поставити перемикач SA в положення 3 (зачинити). Двигун $M14$ одержить живлення, так як в його

колі контакти $KM8$ ще замкнені. При цьому кінцеві вимикачі $SQ3$ і $SQ4$ замкнені, котушки $K3$ і $K4$ одержують живлення.

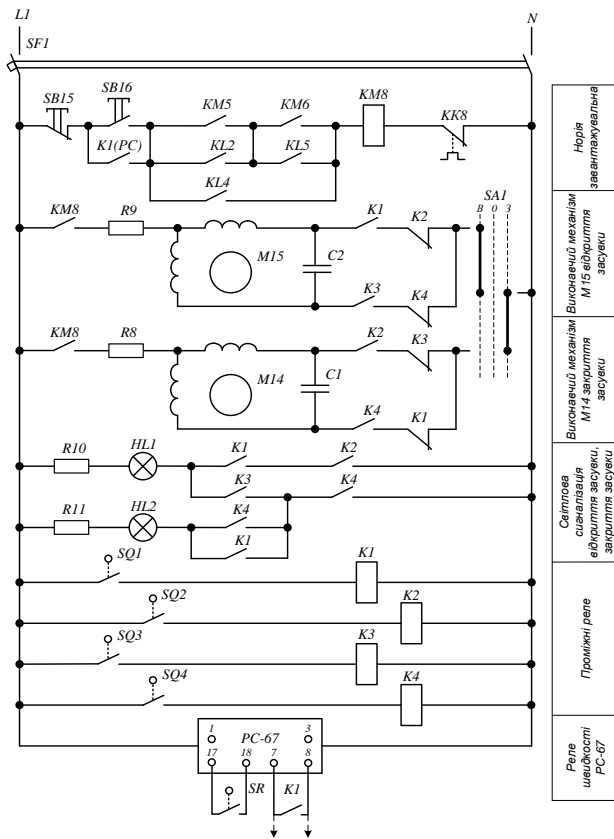


Рисунок 1. Схема електрична принципова завантаження норії

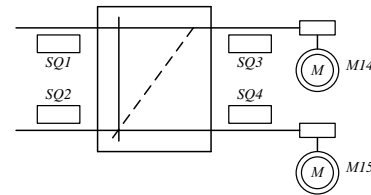


Рисунок 2. Схема кінематична пристрою завантаження норії

Електродвигун $M14$ включений через контакти $K4$ і $K1$. Двигун $M14$ буде працювати до тих пір, поки контакти $SQ1$ замкнуться, котушка $K1$ одержить живлення і своїми контактами відключить двигун $M14$. Засувка замкнута, кнопкою $SB15$ відключаємо завантажувальну норію. В схемі передбачено відключення завантажувальної норії за допомогою реле контролю швидкості $PC-67$ у випадку пробуксовки і пориві стрічки норії. В цьому випадку вихідний контакт $K1$ реле $PC-67$ включається паралельно кнопці $SB16$ і виконує роль блокувальних контактів магнітного пускача.

Висновок. Автоматичне керування завантажувальною норією зерносховища за допомогою електродвигунного приводу ПР-1М знижує витрати на обробку одиниці продукції, що дозволить заощаджувати електроенергію [4].

Список використаних джерел

1. Жук А. В., Постнікова М. В. Контроль температурного режиму в зерносховищі. *Сучасний стан та перспективи розвитку електротехнічних систем* : матеріали II Всеукр. наук.-практ. Інтернет-конф. пам'яті В. В. Овчарова (10–26 листопада 2020 р.). Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 87-88.
2. Муравйов С. М., Постнікова М. В. Автоматизований електропривод технологічної лінії завантаження зерна на зернопункті. *Проблеми механізації та електрифікації технологічних процесів*: матеріали V Всеукр. наук.-техн. Інтернет-конф. молодих учених, магістрантів та студентів за підсумками наукових досліджень 2017 року. Мелітополь: ТДАТУ, 2018. Вип. V. С. 95-96.
3. Гуляев Г. А. Автоматизация процессов послеуборочной обработки и хранения зерна. Москва: Агропромиздат, 1990. 240 с.
4. Муравйов С. М., Постнікова М. В. Енергоефективність транспортних операцій на зернопунктах. *Проблеми механізації та електрифікації технологічних процесів*: матеріали IV Всеукр. наук.-техн. інтернет-конф. студентів та магістрантів за підсумками наукових досліджень 2016 року. Мелітополь: ТДАТУ, 2017. Вип. IV. С. 250-251.

УДК 637.3: 621.313

ВИБІР РАЦІОНАЛЬНОЇ ПОТУЖНОСТІ ПРИВІДНОГО ЕЛЕКТРОДВИГУНА СЕПАРАТОРА-ВЕРШКОВІДДІЛЮВАЧА

Попова І. О., к.т.н.

irirnapopova54@gmail.com

Іванов М. В., студент

ivanov.maksus@gmail.com

*Таврійський державний агротехнологічний університет ім. Дмитра Моторного,
м. Мелітополь*

Актуальність та постановка проблеми. Сироваріння ставить особливі вимоги до якості молока. Крім того, що молоко має відповідати загальним вимогам до сировини для молочної промисловості, воно ще й повинно бути біологічно повноцінним, придатним для виробництва сиру, утворювати щільний згусток під дією сичужного ферменту. Кількість цієї мікрофлори в молоці визначає ступінь його зрілості та придатність його до сквашування, тому свіжовидоєне молоко вважається малопродатним для виготовлення сиру. Жирність – один з основних показників товарної якості сиру. Тому молоко спочатку сепарують, а потім нормалізують вершками до потрібної жирності готового сиру [1].

Основні матеріали дослідження. Електропривід молочних сепараторів належить до нерегульованих приводів із запуском в холосту і тривалим режимом роботи S1. Вибір асинхронного двигуна приводу сепаратора-вершковідділювача Г9-ОЦМ-15, застосованого при виробництві твердого сиру, полягає у забезпеченні відповідності електродвигуна параметрам і привідним характеристикам робочої машини та умовам навколишнього середовища. Особливістю сепаратора є значна маса барабану, що ускладнює пуск приводу. Але встановлювати для привода сепаратора асинхронний двигун з завищеною потужністю недоцільно, оскільки під час пуску виникають додаткові динамічні зусилля у редукторі, тому найкраще використовувати одношвидкісну відцентрово-фрикційну муфту, що дозволяє значно зменшити нагрівання електродвигуна при пуску, зменшити час розгону електроприводу внаслідок того, що надлишковий момент електродвигуна є досить значним [2].

За умови значних коливань швидкості сепаратора порушується процес сепарування і стає можливим момент, коли вершки будуть відходити до знежиреного молока (молочних відвійок). Тому для приводу сепараторів використовують трифазні асинхронні електродвигуни, які мають жорстку механічну характеристику [3]. Кінематична схема електроприводу сепаратора має клинопасову передачу, шків (або відцентрово-фрикційну муфту), шестерню та черв'як, з яких зусилля передається на барабан. Барабан сепаратора, як правило, має частоту обертання, яка у 2-4 рази перевищує найбільшу швидкість обертання ротора асинхронного двигуна, а передаточне число клинопасової передачі завжди менше за одиницю [2].

Механічна характеристика сепаратора-вершковідділювача має вентиляторний характер і, без урахування резонансних піків, може бути виражена залежністю

$$M_C = M_0 + b\omega^2, \quad (1)$$

де M_C – момент опору сепаратора-вершковідділювача, зведений до валу електродвигуна, Н·м;

M_0 – початковий момент опору, Н·м. Приймаємо згідно [3] $M_0 = 1$ Н·м;

b – коефіцієнт пропорційності, який залежить від якості обробки елементів кінематичної схеми приводу, Н·м/(рад/с). Приймається згідно [3] коефіцієнт пропорційності $b = 3,8 \cdot 10^{-6}$ Н·м/(рад/с);

ω – кутова швидкість барабану, рад/с [3].

Сепаратор-вершковідділювач типу Г9-ОС2К має наступні технічні характеристики: продуктивність – 15000 кг/год.; частота обертання барабана – 10000 об/хв.; маса барабана – 525 кг [2, 3].

Кутова швидкість барабана сепаратора-вершковідділювача за рівнянням

$$\omega = \frac{\pi n}{30}, \quad (2)$$

де n – частота обертання барабана сепаратора-вершковідділювача, об/хв. Приймаємо $n = 5580$ об/хв.

$$\omega = \frac{3,14 \cdot 10000}{30} = 1046,667 \text{ рад/с.}$$

Момент опору сепаратора-вершковідділювача, зведений до валу електродвигуна M_c розраховується за рівнянням (1)

$$M_c = 1 + 3,8 \cdot 10^{-6} \cdot 1046,667^2 = 5,1629 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Потужність асинхронного електродвигуна для приводу сепаратора-вершковідділювача у робочому режимі визначається за виразом [2, 3]

$$P = k \cdot M_c \cdot \omega, \quad (3)$$

де k – коефіцієнт, який враховує потужність, необхідну для надання кінетичної енергії рідині, що надходить до барабана, і для подолання гідродинамічних втрат, втрат тертя у підшипниках, передачі, $k = 1,2-2,0$. Приймається $k = 2,0$.

Тому потужність асинхронного електродвигуна для приводу сепаратора за рівнянням дорівнює (4)

$$P = 2 \cdot 5,1629 \cdot 1046,667 = 10807,76 \text{ Вт.}$$

За результатами розрахунків обирається для приводу сепаратора-вершковідділювача трифазний асинхронний електродвигун серії АИР132М2У2 з номінальною потужністю $P_n = 11$ кВт.

Висновки. Раціонально вибрана електрична потужність приводного двигуна дозволяє збільшити його надійність, довготривалість і економічність роботи.

Список використаних джерел

1. Іванов М. В. Вибір раціональної технології підготовки молока до сквашування при переробці на сир. *Сучасний стан та перспективи розвитку електротехнічних систем*: зб. тез доповідей II Всеукр. наук.-практ. Інтернет-конф. пам'яті В. В. Овчарова. Мелітополь, 2020. С. 93-94.
2. Електропривід сільськогосподарських машин, агрегатів та потокових ліній: підручник / Є. Л. Жулай та ін; за ред. Є. Л. Жулая. Київ: Вища освіта, 2001. 288 с.
3. Іванов М. В., Попова І. О. Обґрунтування електричної потужності асинхронного двигуна сепаратора-молокоочисника. *Тенденції та перспективи розвитку науки і освіти в умовах глобалізації*: матеріали Міжнарод. наук.-практ. Інтернет-конф. Переяслав, 2021. Вип. 68. С. 326-329.

УДК 631.171:631.362.3

СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ РОБОТОЮ МАШИНИ МВУ-1500 В РЕЖИМІ ОЧИЩЕННЯ-СОРТУВАННЯ ТА СОРТУВАННЯ-КАЛІБРУВАННЯ

Постнікова М. В., к.т.н.

marina.postnikova@tsatu.edu.ua

Біляєва А. С., студент

belyaevanastya02@gmail.com

*Таврійський державний агротехнологічний університет ім. Дмитра Моторного,
м. Мелітополь*

Актуальність та постановка проблеми. Зернові є основними сільськогосподарськими культурами в Україні. За 2020 рік в Україні було зібрано 26,8 млн. т пшениці. Технологічний процес збору пшениці має багато етапів, одним з яких є очищення та сортування. Основне завдання при цьому – доведення зерна до необхідних кондицій по чистоті і вологості при найменших витратах праці. Одним з важливих техніко-економічних показників для оцінки технологічного процесу є ефективність використання електроенергії [1].

Технічний рівень основних машин післязбиральної обробки зерна характеризується цілим набором основних показників. Це основне технологічне обладнання визначає собою технічний рівень ліній обробки зерна в цілому [2]. При цьому питання пошуку можливих шляхів енергозбереження паливно-енергетичних ресурсів, їх ефективне використання та контроль, в наш час, залишаються відкритими та актуальними [3].

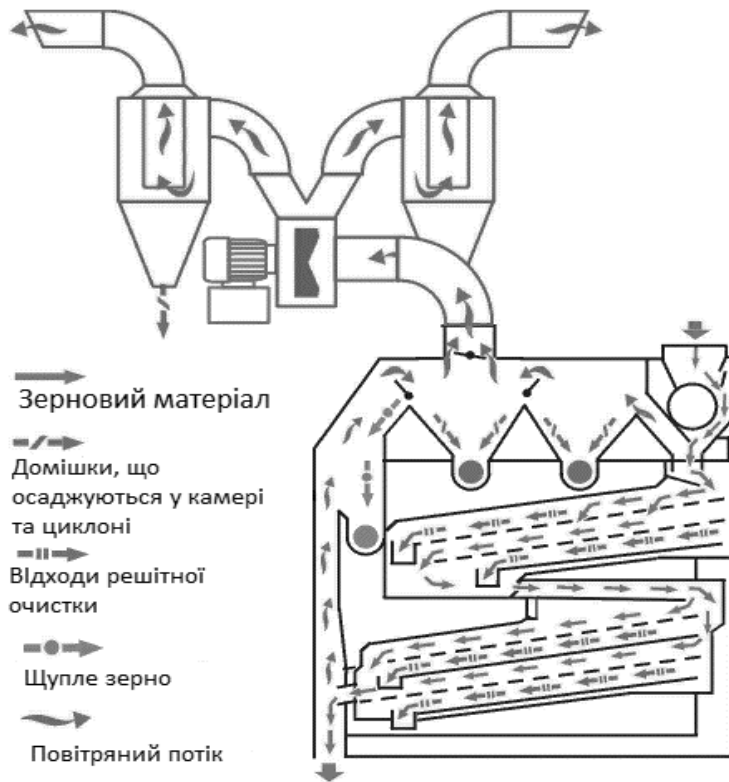
Основні матеріали дослідження. В сучасних потокових лініях обробки зерна автоматизовані лише окремі операції. Часткова автоматизація поліпшує режим роботи потокових ліній. Наприклад, зерночисна машина МВУ-1500 призначена для вторинного очищення та сортування сільськогосподарських рослин: зернових, зернобобових, технічних та насіння трав від легких, великих та дрібних домішок, виділених дворазовою обробкою повітряним потоком і решетами.

Вихідним матеріалом служить насіння, яке пройшло первинне очищення. Машина застосовується в стаціонарних потокових лініях для очищення насіння.

Технологічний процес відбувається таким чином. Матеріал надходить в приймальну камеру над живильним валиком, розподіляється по ширині, віджимає клапан та зсипається у канал першої аспірації, де відділяються легкі домішки, які осідають в осадовій камері і виводяться шнеком. Основний матеріал направляється на верхній решітний стан, де в відхід виділяється велика сміттєва фракція. Зернова фракція по скатах повертається назад, ділиться на дві частини і надходить на два однакових яруса ґрат нижнього стану, де відділяються дрібні фракції. Основний матеріал об'єднується, надходить в канал другої аспірації і виводиться з машини. Всі домішки і фракції відходу виводяться на сторону. Схема технологічного процесу показана на рис. 1 [4].

Зерночисна машина МВУ – 1500 може працювати для очищення-сортування та для сортування-калібрування.

В режимі очищення чистота вороха складає 97 %, основний засмічувач – органічні домішки. Після проходу насіння по стану, що працює як вторинне очищення, чистота вороха складає 99 %, що відповідає умовам 1 класу. Продуктивність машини в такому режимі складає приблизно 1500 кг/год. Подальше підвищення завантаження призведе до переповнення течки відводу підсіву, що знаходиться під решетами.



Машина в режимі роботи сортування – калібрування. У процесі сортування на першому стані, крім органічних домішок, відділяється щуплі та невиконане насіння. Оптимальна продуктивність машини МВУ – 1500 при сортуванні та калібруванні знаходиться в проміжках 1100-1200 кг/год.

Системою автоматизації передбачається автоматичне регулювання завантаження робочих органів повітряно-решітної машини в залежності від чіткості розділення зернової суміші за розмірами та парусністю.

Рисунок 1. Схема технологічного процесу машини МВУ-1500

Ця система дозволяє отримати задану чіткість сепарації при максимально допустимій продуктивності машини.

Блок-схема системи, що наведена на рисунку 2, має два контури регулювання: за параметром просіювання v на решітній частині машини і по повноті виділення домішок за парусністю η .

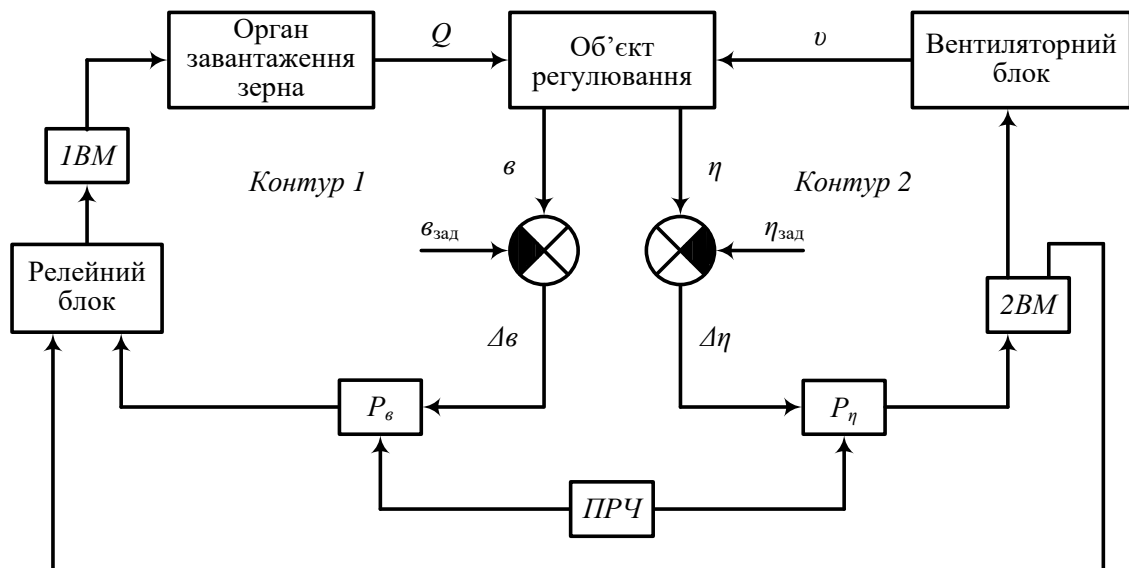


Рисунок 2. Блок-схема системи автоматичного керування машиною МВУ-1500

В перший контур входить прилад з решітним класифікатором, який контролює параметр просіювання v - частку відношення домішок в основному сорті, які мали

бути виділені на решітній частині.

В приладі порівнюються поточне значення v із заданим значенням $v_{\text{зад}}$, визначається знак і величина $\Delta v = v - v_{\text{зад}}$ і через релейний блок подається команда виконавчому механізму *IBM* на збільшення або зменшення завантаження.

Другий контур складається з датчика η , порівняльного пристрою, приладу P_η , виконавчого механізму і вентиляційного блоку, який подає повітря в машину. Регулювання по цьому контуру проводиться в певному діапазоні зміни витрат і швидкості повітряного потоку в аспіраційному каналі. Якщо зміна повітряного потоку не дає потрібного ефекту, то регулюється параметр Q по колу *2BM* – релейний блок, *IBM*.

Релейний блок призначений для відпрацювання сигналу механізму *2BM*. Всією системою керує загальне програмне реле часу *ПРЧ*. Воно в заданій послідовності подає команди окремим ланкам системи.

Енергоефективність зерноочисної машини пов'язана з питаннями надійної та економічної роботи [5].

Висновок. Автоматизація керування завантаженням зерноочисної машини вторинного очищення зерна дозволить підвищити якість кінцевого продукту, знизити енергоємність технологічного процесу, що дасть можливість розробити норми електроспоживання технологічного процесу [6].

Список використаних джерел

1. Постнікова М. В. Енергозберігаючі режими роботи електромеханічних систем обробки зерна на зернопунктах: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.09.03. Мелітополь, 2011. 22 с.
2. Постнікова М. В. Порівняльний аналіз енергоємності зерноочисно-сушильних агрегатів. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2016. Вип. 6, т. 1. С. 217-222. URL: <http://nauka.tsatu.edu.ua/e-journals-tdatu/pdf6t1/24.pdf> (дата звернення: 19.04.2021).
3. Постнікова В. А., Постнікова М. В. Енергетичний аудит на підприємствах переробки і зберігання зерна. *Сучасний стан та перспективи розвитку електротехнічних систем*: матеріали II Всеукр. наук.-практ. Інтернет-конф. пам'яті В. В. Овчарова, (10–26 листопада 2020 р.). Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 50-51.
4. Шафоростов В. Д. Результати використання насінноочисної машини МВУ-1500 (МВР-4) на підготовці насіння соняшнику. *ВНДІ олійних культур*. 2005. С. 72-76.
5. Постнікова М. В. Енергетичний моніторинг зерноочисно-сушильних пунктів. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2017. Вип. 7, т. 1. С. 206-211. URL: <http://nauka.tsatu.edu.ua/e-journals-tdatu/pdf7t1/29.pdf> (дата звернення: 19.04.2021).
6. Постнікова М. В. Розробка науково-обґрунтованих норм енергоємності при обробці зерна на зернопунктах. *Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Сер. Проблеми автоматизованого електроприводу. Теорія і практика*. Харків, 2008. № 30. С. 511-512.

УДК 621.313.04

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЕМОНТАЖУ ОБМОТОК ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ

Курашкін С. Ф., к.т.н.

serge.kuras@gmail.com

Жарікова А. О., магістрант

annalife91@gmail.com

*Таврійський державний агротехнологічний університет ім. Дмитра Моторного,
м. Мелітополь*

Актуальність та постановка проблеми. В більшості випадків енергетичними засобами промислового виробництва є електродвигуни (ЕД). У промисловості та сільськогосподарському виробництві ЕД експлуатуються в дуже суворих умовах. Для забезпечення надійної та безперебійної роботи впроваджуються апарати і системи захисту ЕД, здійснюючи контроль їх режимів роботи [1]. Однак, внаслідок високої вологості, запиленості, агресивного середовища, низької якості напруги живлення щороку до 20% ЕД виходять з ладу [2]. Ушкодження ЕД призводить до значних економічних витрат підприємствами.

Основний відсоток ЕД, що виходять з ладу супроводжується ушкодженням обмоток статора. Згідно технології ремонту їх заміні передують демонтаж.

Видалення обмоток – трудомістка технологічна операція. Існують декілька методів демонтажу, кожна з яких має певні переваги і недоліки.

Основні матеріали дослідження. Найчастіше ремонтними підприємствами застосовується метод демонтажу обмоток за допомогою випалювання в печі. Для полегшення демонтажу статор електродвигуна поміщають до герметичної електропечі і випалюють ізоляцію при температурі 350-400 °С протягом 4-8 годин. При відсутності спеціальних печей ізоляцію випалюють, пропускаючи через обмотку струм від зварювальних апаратів при напрузі до 42 В. Такий спосіб демонтажу обмоток має ряд суттєвих недоліків: збільшене енергоспоживання, погіршення електричних характеристик сталі магнітопроводу, механічні пошкодження корпусу статора ЕД, зниження ККД і підвищення струму х.х. ЕД, шкідливий вплив на обслуговуючий персонал і навколишнє середовище тощо.

У разі спроможності також застосовується метод механічного видалення обмоток. З обмотки статора відрізають одну лобову частину на токарному верстаті або у невеликих ЕД обмотку витягають вручну. Далі відбувається очищення пазів від залишків ізоляції і мийка. Під час механічного демонтажу на сталі пакету статора виникають задири і подряпини які негативно впливають на пазову і виткову ізоляцію обмотки – це може привести до міжвиткових коротких замикань, а також замикань обмотки на корпус ЕД. В результаті страждає якість ремонту і тривалість роботи ЕД в післяремонтний період.

Інший метод видалення обмотки передбачає високочастотний нагрів осердя статора завдяки чому пазова ізоляція нагрівається і розм'якшується, тому під час демонтажу обмотка знімається разом з пазовими коробочками. При цьому паз залишається чистим. Цей метод з точки зору економії часу по очищенню паза є доцільним, але потребує значної витрати електроенергії та негативно впливає на магнітні властивості сталі через перегрів осердя, тому даний метод є неефективним.

Найбільш простий з точки зору економії є метод випалювання статора ЕД на багатті. Даний спосіб полягає в нагріванні статора над відкритим полум'ям. Ізоляція вигорає з поверхні і товщі обмотки, тим самим вивільняючи її. Через неможливість контролювати рівень температури має місце нерівномірний нагрів, який призводить до деформації статора ЕД. Перегрів сталі статора погіршує магнітні властивості сталі,

статор потребує додаткового очищення.

Хімічний метод демонтажу передбачає застосування активної миючої рідини. Статор ЕД поміщується в герметичну ємність з рідиною і після завершення хімічної реакції через достатній для цього час обмотка видаляється з пазів статора. Цей спосіб є небезпечним і неекологічним, оскільки миюча рідина летюча і токсична, необхідна подальша її утилізація, при роботі необхідно дотримуватися правил техніки безпеки. Крім того існує ризик порушення ізоляції пластин пакета статора.

Перспективним і ефективним методом, який має ряд суттєвих переваг на відміну від вищерозглянутих є метод демонтажу із застосуванням ультразвукового випромінювання (УЗВ) [3]. В основі методу УЗВ лежить кавітаційний вплив ультразвуку, що посилює капілярний ефект, внаслідок чого робочий водний розчин їдкою натру (NaOH), в ванну з яким поміщується статор, швидше проникає в товщу обмотки. В результаті прискорюється процес розчинення просочувального складу та звільнення згорілої обмотки. Цей метод не завдає руйнівного впливу на елементи конструкції ЕД і в 2-5 разів менш енерговитратний і більш екологічний. Так, за результатами досліджень [4], застосування розчину 2% концентрації NaOH та впливу ультразвуку дає той самий результат, що і 10% концентрації розчину без ультразвуку.

Висновок. З огляду методів видалення обмоток ЕД під час ремонту, їх переваг і недоліків, можна виділити метод демонтажу із застосуванням ультразвуку. Цей метод потребує незначних енерговитрат, менше пошкоджує елементи конструкції електричної машини і має значно менший вплив на екологічний стан довкілля ніж хімічний спосіб демонтажу. Таким чином є доцільним застосування ультразвукового випромінювання в електроремонтних цехах.

Список використаних джерел

1. Курашкін С. Ф., Попова І. О., Попрядухін В. С. Комбінований струмовий захист асинхронного електродвигуна. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Сер. Технічні науки.* Харків, 2018. Вип. 195: Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. С. 108-109.
2. Попова І. О., Курашкін С. Ф., Попрядухін В. С. Контроль несиметрії напруги на затискачах асинхронних електродвигунів технологічної лінії: *Тенденції та перспективи розвитку науки і освіти в умовах глобалізації: зб. наук. праць ХХІХ Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конференції.* Переяслав-Хмельницький, 2017. Вип. 29. С. 650-652.
3. Innovative technology for dismantling the windings of electric motors using ultrasonic radiation / A. E. Nemirovskiy et al. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.* 2019. Vol. 337. 012071.
4. Немировский А. Е., Кашин А. И. Исследование влияния ультразвукового излучения на лаковые и компаундированные пропиточные составы при инновационном методе демонтажа обмоток электродвигателей. *Вестник МГТУ.* 2020. Т. 23, № 4. С. 354-363.

УДК 631.171:664.723

АВТОМАТИЧНІ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ СУЧАСНИХ ТИПІВ БУНКЕРІВ АКТИВНОГО ВЕНТИЛЮВАННЯ ЗЕРНА

Постнікова М. В., к.т.н.

marina.postnikova@tsatu.edu.ua

Коваль С. Д., студент

sergei.koval18@gmail.com

Таврійський державний агротехнологічний університет ім. Дмитра Моторного,
м. Мелітополь

Актуальність та постановка проблеми. Сучасна ситуація на ринку енергоресурсів обумовлює необхідність аналізу ефективного використання електроенергії з урахуванням кількісних і якісних показників [1]. Збільшення цін на електроенергію і обмежені можливості використання енергоресурсів обумовили проблему енергозбереження, яка останнім часом набула особливої актуальності [2].

Зниження витрат електроенергії в електромеханічних системах обробки зерна можна добитися шляхом використання енергозберігаючих режимів роботи [3]. Тому питання енергозбереження процесу зберігання зерна в бункерах активного вентиляювання є актуальними.

Основні матеріали дослідження. Пасивне вентиляювання широко використовується при зберіганні зернових мас. Але воно характеризується незначним повітрообміном, так як переміщення повітря в зерносховищах відбувається за рахунок відмінностей в його щільності через різницю в температурі. Для сухого зерна, що не потребує інтенсивного повітрообміну, пасивна вентиляція цілком прийнятна. Зовсім інша картина спостерігається при зберіганні, навіть тимчасовому, сирого або вологого зерна. Таке зерно характеризується високою інтенсивністю фізіологічних процесів. За даними німецького вченого Шольца, зерно з вологістю 27 % і температурою 20 °С втрачає за рахунок дихання до 1 % сухої маси, температура, за його розрахунками, теоретично може підвищитися до 72 °С. Активне вентиляювання зерна знижує інтенсивність дихання і є одним з найбільш досконалих і доступних способів обробки зерна для тимчасового і тривалого зберігання.

Бункер активного вентиляювання зерна (рис. 1) – це установка для підсушування і тимчасового зберігання зерна [4].

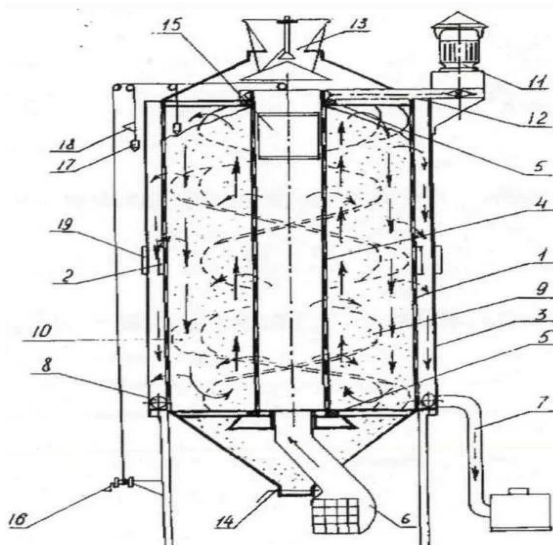


Рисунок 1. Конструкція бункера
активного вентиляювання зерна

Вона являє собою вертикальний металевий циліндр з жалюзіподібними отворами, всередині якого розміщена повітророзподільна труба з такими ж отворами.

На рис. 1 позначено:

1 - корпус бункера; 2, 19 - пробовідбірник;
3 - кожух; 4 - повітророзподільна труба;
5 - привод; 6 – пристрій подачі повітря;
7 - вентилятор; 8 - кільцева труба;
9, 10 - прямий і зворотний шнек;
11 - електродвигун з редуктором;
12 – передавальний механізм;
13 - конусний розподільник; 14 - засувка;
15 - циліндричний клапан; 16 - привод
клапана; 17 - вантаж; 18 - упор.

Внизу труба з'єднана з вентилятором, вгорі закрита пересувним еластичним клапаном. Повітря, попередньо підігріте електропідігрівачем, подається вентилятором в трубу і з неї в масу зерна, засипаного в циліндр.

Стан зберігання зернової маси характеризують: інтенсивність дихання, температура і вологість. Температура і вологість можуть характеризувати стан зернової маси тільки сумісно.

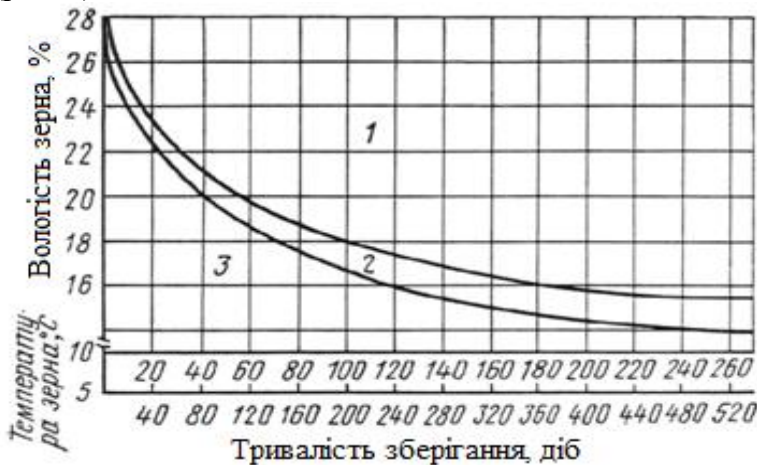
Термін зберігання вологого і сирого зерна залежить від його вологості (рис. 2) [5].



На рис. 2 позначено:
1 - псування;
2 - погіршення якості;
3 - перехідна зона;
4 - граничний показник для тимчасового зберігання в силосах елеватора.

Рисунок 2. Діаграма тимчасового зберігання свіжозібраного зерна без попереднього консервування

Активне вентилявання дозволяє продовжити термін зберігання вологого зерна (рис. 3) [5].



На рис. 3 позначено:
1 - велика небезпека псування;
2 - критична зона;
3 - зберігання при незначним ступенем ризику.

Рисунок 3. Діаграма придатності зерна для зберігання при вентиляванні охолодженим повітрям

В практиці знаходять застосування простіші системи автоматичного регулювання режимом вентилявання зерна, в яких регульованими параметрами є вологість повітря φ , температура повітря t_1 і перепад температур між повітрям і зерновою масою Δt (рисунок 4).

Система автоматичного регулювання температури повітря (рис. 4, а) є розімкненою. Параметром регулювання в ній є температура повітря t_1 на вході в зерно. Калорифер включається тільки при працюючому вентиляторі, що запобігає його перегорянню. Така система є неповноцінною, так як в ній немає контролю основного параметра (вологості повітря).

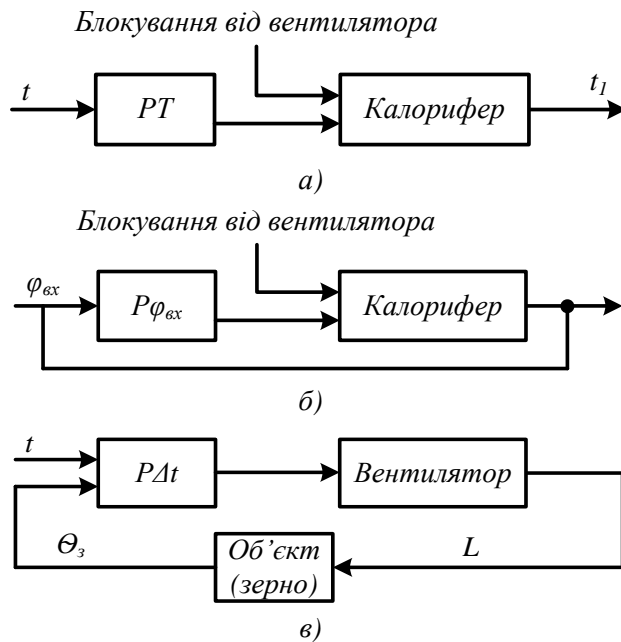


Рисунок 4. Системи автоматичного регулювання процесу вентиляції

На рис. 4, б представлена система регулювання вологості повітря, яке входить в шар зерна. При цьому можна включати одну або дві ступені калорифера. Ця система має два датчика, але частота їх включення мала і залежить від ходу зміни вологості зовнішнього повітря.

Система з контролем температури зовнішнього повітря (рис. 4, в) дозволяє автоматизувати процес сушки зерна в бункерах і забезпечує отримання кондиційної вологості зерна. В цій системі немає автоколивань і вона практично забезпечує безперервну і надійну роботу бункера.

У всіх цих системах автоматичне регулювання процесу вентиляції повинна виконуватися комплексна система організації роботи з економії електроенергії [6].

Висновок. Зберігання вологого зерна – це процес, що вимагає дотримання технології та застосування спеціалізованих технічних засобів в бункерах активного вентиляції зерна, що забезпечує економію електроенергії.

Список використаних джерел

1. Постнікова М. В. Сучасний стан питання розробки нормативів електроспоживання на зернопунктах. *Праці Таврійської державної агротехнічної академії*. Мелітополь, 2005. Вип. 25. С. 102-107.
2. Постнікова М. В. Оптимізація технологічного процесу очищення посівного зерна на потокових лініях зернопунктів. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2020. Вип. 20, т. 3. С. 127-134. DOI: 10.31388/2078-0877-2020-20-3-127-134.
3. Постнікова М. В. Енергозберігаючі режими роботи електромеханічних систем обробки зерна на зернопунктах: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.09.03. Мелітополь, 2011. 22 с.
4. Технологія активного вентиляції зерна в силосах. *Хранение и переработка зерна. Научно-практический портал: веб-сайт*. URL: <http://hipzmag.com/tehnologii/tehnologiya-aktivnogo-ventilirovaniya-zerna-v-silosah/> (дата звернення 15.04.2021).
5. Пилипюк В. Л. Технология хранения зерна и семян: учебное пособие. Москва, 2009. 457 с.
6. Постнікова М. В. Заходи щодо здійснення енергетичного моніторингу електроприводів сільськогосподарських об'єктів. *Сучасні наукові дослідження на шляху до євроінтеграції: матеріали міжнар. наук.-практ. форуму, 21-22 червня 2019 р.* Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 279-282.

УДК 631.372

ОБҐРУНТУВАННЯ СИСТЕМИ ІМПУЛЬСНО-ФАЗОВОГО КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ МОТОБЛОКУ

Ковальов О. В., інженер

alekstdaty1979@gmail.com

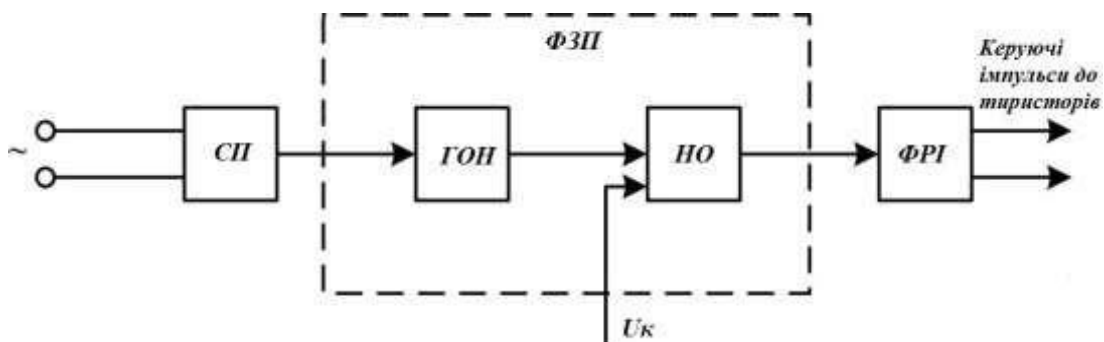
Сідельников Б. Ю., студент

bogdansidelnikov@gmail.com

Таврійський державний агротехнологічний університет ім. Дмитра Моторного,
м. Мелітополь

Актуальність та постановка проблеми. На сьогодні в Україні створення електрифікованих засобів малої механізації (мотоблоків, міні-тракторів, агромодулів та ін.) є актуальним питанням [1-2]. Обґрунтуванню структури та розробці системи керування електроприводами мобільної техніки присвячені публікації [3,4]. Метою дослідження є обґрунтування структури системи керування електроприводом ґрунтообробного мотоблоку.

Основні матеріали дослідження. В наш час широкого використання набули системи імпульсно-фазового керування (СІФК) тиристорним електроприводом постійного струму, виконання яких може бути як одноканальним та багатоканальним, розімкненим та замкненим зі зворотнім зв'язком. Функціональна схема одноканальної розімкненої СІФК приведена на рис. 1.



СП – синхронізуючий пристрій, що забезпечує синхронізацію формування керуючих імпульсів з напругами тиристорних гілок; ФЗП – фазозсувний пристрій, призначений для зміни часового положення керуючих імпульсів відносно напруг тиристорних гілок; ФРІ – пристрій, що формує керуючі імпульси та розподіляє їх по тиристорам; U_k – постійна напруга керування.

Рисунок 1. Функціональна схема СІФК

Вимоги до СІФК діляться на дві групи. Перша група вимог визначає необхідний максимальний діапазон регулювання кута регулювання. Асиметрія імпульсів визначається відхиленням інтервалу між ними в сталому режимі від $2\pi/m$. Причиною не симетрії імпульсів в основному є технологічний розкид параметрів каналів СІФК, включаючи ланцюги синхронізації. В сучасних СІФК асиметрія не повинна перевищувати 2° . Необхідний діапазон зміни фази керуючих імпульсів визначається силовою схемою ТП, режимами його роботи та характеристиками навантаження. Для нереверсивних ТП, працюючих тільки в випрямному режимі, максимальний діапазон зміни кута управління не повинен перевищувати $90-100^\circ$.

Граничний максимальний кут управління α_{max} залежить від кута комутації γ та кута запасу δ , відповідного часу відновлення замикаючих властивостей тиристорів і враховує найбільш можливе значення асиметрії імпульсів, і дорівнює

$$\alpha_{max} = \pi - (\gamma + \delta). \quad (1)$$

Мінімальний кут управління $\alpha_{\delta, \gamma}$ визначає максимальну випрямлену напругу і може дорівнювати нулю у всіх нереверсивних схемах. У реверсивних схемах мінімальний кут управління визначається наступним чином

$$\alpha_{min} = \gamma + \delta. \quad (2)$$

Регульовальна характеристика СІФК визначає залежність $\alpha = f(U_y)$, де U_y – напруга керування СІФК.

Друга група вимог відноситься до вихідних пристроїв (ВРІ), та регламентує параметри керування імпульсами з умови надійного включення тиристорів в тій чи іншій схемі ТП при обмеженні потужності розсіювання на керуючому переході тиристора, зокрема, амплітуду і тривалість імпульсів. Сюди ж відносяться вимоги чіткості моменту відкриття тиристорів, яка задається крутизною переднього фронту імпульсів або швидкістю наростання струму управління. Мінімально необхідна тривалість імпульсу повинна бути більше часу включення тиристора, яке становить 5...20 мкс. Крім того, за час існування імпульсу, струм в анодному ланцюзі тиристора повинен встигнути нарости до струму утримання. Зазвичай застосовують імпульси тривалістю 8...10° (~ 500 мкс). Крутизна переднього фронту напруги керуючого імпульсу повинна бути високою для забезпечення швидкого наростання струму управління, чіткого відкриття тиристора і зменшення втрат при включенні. Особливо високі вимоги до крутизни імпульсів при послідовному і паралельному з'єднанні тиристорів, так як недостатня крутизна призводить до їх не одночасного відкриття, і, як наслідок, до виходу їх з ладу. Керуючий імпульс повинен формуватися так, щоб крутизна переднього фронту імпульсу становила 0,2...2,0 А/мкс.

Висновки. Використання одноканальної системи імпульсно-фазового керування засобів малої механізації в наш час є перспективним напрямком в розвитку апаратів АПК. Потужність керування ТП визначається рівнем сигналу, який подається на вхід фазозсувного пристрою СІФК, для сучасних систем керування рівень цього сигналу не перевищує 10В, 5мА. Вимога захищеності по каналу синхронізації впливає з умови надійності роботи СІФК при наявності спотворень в кривій напруги живлення, що виникають в наслідок роботи ТП та інших навантажень.

Список використаних джерел

1. Назаренко І. П., Ковальов О. В., Герасименко В. П. Енергозберігаюча система обробітку ґрунту на базі електрифікованого мотоблоку. *Енергетика і автоматика*. 2018. № 5 (39). С. 48-58.
2. Electric Drive of Small-Sized Soil-Cultivating Motoblock / O. Kovalov, I. Nazarenko, S. Kvitka et al. 2020 *IEEE Problems of Automated Electrodrive. Theory and Practice (PAEP)*. 2020. P. 1-4. DOI: 10.1109/PAEP49887.2020.9240884.
3. Kovalov O., Kvitka S., Solomakha O., Gerasymenko V. Development of a Motor Speed Observer for a Electrified Soil-Cultivating Motoblock. *Modern Development Paths of Agricultural Production. Trends and Innovations*. Springer International Publishing, 2019. P. 365-374. DOI: [10.1007/978-3-030-14918-538](https://doi.org/10.1007/978-3-030-14918-538).
4. Ковальов О. В., Квітка С. О. Обґрунтування способу керування ДПС приводу мотоблоку. *Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка*. Харків, 2011. Вип. 175. С. 146-147.

УДК 631.171:631.362

СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ МАШИНИ ВТОРИННОЇ ОЧИСТКИ НАСІННЯ МС-4,5

Постнікова М. В., к.т.н.

marina.postnikova@tsatu.edu.ua

Облещенко А. Д., студентка

anastasiyaobl333@gmail.com

*Таврійський державний агротехнологічний університет ім. Дмитра Моторного,
м. Мелітополь*

Актуальність та постановка проблеми. Післязбиральна обробка врожаю є найбільш ресурсномістким процесом у всьому технологічному ланцюгу виробництва зерна, на здійснення якого витрачається 35,6% палива, 23,7% металу і 8,9% трудовитрат від всіх витрат. У зв'язку з дефіцитом енергоресурсів виникає необхідність економії енергоресурсів взагалі і електроенергії зокрема [1].

Енергоефективність роботи машин вторинної очистки насіння МС-4,5 пов'язана з питаннями комплексного зниження затрат. Для будь-якого споживача важливо не тільки зниження енергоємності режимів роботи, але і термін окупності витрат на очистку насіння. Тому питання енергозбереження є однією з важливих актуальних задач систем автоматизації [2].

Основні матеріали дослідження. Першим етапом післязбиральної обробки є механізоване очищення комбайнової купи зернових і зернобобових культур.

Механізоване очищення зерна проводиться за двома основними технологіями: потокової і періодичної (із застосуванням окремих машин або комплексів, що комплектуються з урахуванням технологічних нормативів). Технологія періодичного очищення застосовується переважно на відкритих зернотоках з використанням самопересувних машин. Потоківу обробку продовольчого зерна проводять на зерноочисних агрегатах і зерносушильних комплексах, що включають стаціонарні зерноочисні машини і підйомно-транспортне обладнання.

Машина вторинної очистки насіння МС-4,5 призначена для очищення насіння зернових колосових, зернобобових, технічних та олійних культур, насіння трав в складі технологічного обладнання зерноочисних агрегатів продуктивністю 10, 20 і 40 т/год. і насіннеочисних приставок типу СП-10А, а також в складських приміщеннях в складі спеціальних ліній у всіх сільськогосподарських зонах України. Очищення насіння від сторонніх домішок проводиться за парусністю повітряним потоком від вентилятора [3].

Технологічний процес роботи МС-4,5 протікає в такий спосіб (рис. 1) [3]. При русі машини вздовж купи шнекові живильники захоплюють зерновий матеріал і підводять до підйомної труби завантажувача, який подає його в розподільний шнек. Шнек розподіляє зерновий матеріал по ширині і подає його в повітряний канал першої аспірації, де потік повітря виносить в відстійну камеру легкі домішки (солону, легкі колосся, головки бур'янів), які виходять через приймач 1.

Пройшовши очищення в каналі першої аспірації, матеріал надходить на решето Б1 решітного стану, на якому вся зернова суміш ділиться на дві приблизно рівні частини. Матеріал, який пройшов через решето Б1, містить частину зерна з дрібними домішками, які виділяються на підсвітному решеті В і далі на сортувальному решеті Г. Матеріал, що пройшов через решето В, містить дрібні мінеральні домішки і бур'яни. Він виходить з машини через приймач П. Схід з решета В надходить на сортувальне решето Г.

Схід з решета Б1, що містить зерно переважно з великими домішками, надходить на решето Б2, на якому сходом виділяються великі домішки, а зерно з решетою дрібних домішок через решето Б2 надходить на решето Г. Матеріал, який пройшов через

решето Г, містить в основному дрібне і подрібнене зерно і виводиться по жолобу в приймач III. Схід з решета Г являє собою очищений матеріал, який подається далі в повітряний канал другої аспірації, де потік повітря виносить в другу відстійну камеру легкі домішки і щупле зерно.

Далі зерновий матеріал вібрлотком подається в робочу гілку норії, яка транспортує зерно в верхній трієрний циліндр, який виділяє короткі домішки. Короткі домішки перекидаються в лоток, з якого шнеком подаються в приймач V, звідки виводяться назовні разом з довгими домішками.

Очищене від коротких домішок зерно самопливом направляється в трієрний циліндр довгих домішок. Зерно забирається осередками трієра і направляється в жолоб, звідки шнеком подається в транспортер б, а довгі домішки сходом йдуть в приймач VI. При очищенні матеріалу без трієрів слід переключити засувку режиму роботи у верхній голівці елеватора. Тоді зерно виводиться на транспортер б.

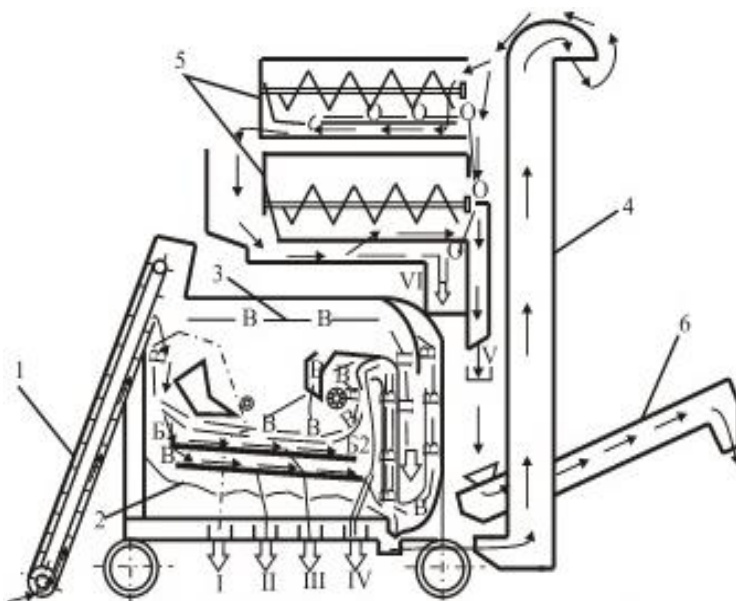


Рисунок 1. Технологічна схема машини вторинної очистки насіння МС-4,5

На рис. 1 позначено:

- 1 – скребковий транспортер;
- 2 – решітний стан;
- 3 – повітряно-очисна частина;
- 4 – норія;
- 5 – трієрні циліндри;
- 6 – стрічковий транспортер.

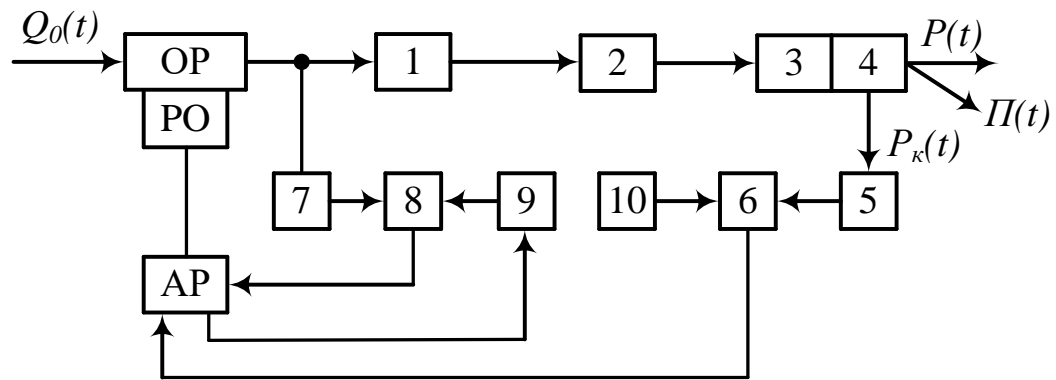
Найбільш вигідним режимом роботи машини є такий, що забезпечує якість розділення при максимально можливій продуктивності і залежить від сортності вихідного матеріалу, засміченості, вологості і інших параметрів, які змінюються в процесі роботи.

Настроювати машину на цій режим роботи можна зміною завантаження, нахилом решітного стану або циліндра трієра, амплітуди частоти коливань решіт, числа обертів барабана трієра і шляхом інших регулювань [4].

Оцінку ефективності роботи машин вторинної очистки зерна можна робити за показниками ефективності розділення зернової суміші E , повноти виділення компонента з основного сорту η та економічними критеріями: Φ - функція доходу, Z - приведених затрат [5]. Однак, у зв'язку із складністю систем керування за цими параметрами, практично освоюють системи регулювання за непрямими показниками: завантаження, величині втрат зерна, чіткості розділення насіння [6].

Структурна схема системи регулювання представлена на рисунку 2.

Система є комбінованою з регулюванням за відхиленням до збурення. Збурення за навантаженням компенсує регулятор АР, стабілізуючий подачу зерна в лінію. Завантаження центральної ділянки 4 змінюється під дією збурюючих впливів – вологості, засміченості зерна. Сигнал про зміну завантаження цієї ділянки від датчика 5 через елемент порівняння 6 поступає на АР, який корегує подачу зернової суміші в машину. Система в цілому забезпечує поліпшення якості розділення зернової суміші.



OP – об'єкт регулювання; PO – регулюючий орган; AP – автоматичний регулятор;
1, 2, 3 – машини, які розділяють зернову суміш на фракції за однією ознакою;
4 – контрольна ділянка сепаруючої поверхні машини; 5, 7 – датчики;
6, 8 – елементи порівняння; 9, 10 – задаючі елементи

Рисунок 2. Схема регулювання завантаження ланки вторинної очистки потокової лінії

Висновок. Продуктивність машини МС-4,5 за годину основного часу на пшениці з об'ємною масою 760 г/л при вологості до 16% з вмістом відходів зерна до 5% складає 4,8 т/год. Допустимий час регулювання $t \leq 9$ хв.

Список використаних джерел

1. Постнікова М. В. Заходи щодо економії електроенергії на зернопунктах. *Сучасний стан та перспективи розвитку електротехнічних систем*: матеріали II Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф. пам'яті В. В. Овчарова, (10–26 листопада 2020 р.). Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 36-37.
2. Постнікова М. В. Енергозберігаючі режими роботи електромеханічних систем обробки зерна на зернопунктах: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.09.03. Мелітополь, 2011. 22 с.
3. Машина вторичной очистки семян стационарная МС-4,5. URL: <https://agroserver.ru/b/mashina-vtorichnoy-ochistki-semyan-statsionarnaya-ms-4-5s-492783.htm>. (дата звернення: 13.04.2021).
4. Масюткін Є. П., Постнікова М. В., Карпова О. П. Вплив конструктивних параметрів зерноочисних машин на питомі витрати електроенергії. *Праці Таврійської державної агротехнічної академії*. Мелітополь, 2006. Вип. 45. С. 103-106.
5. Сова О. С., Карпова О. П., Постнікова М. В. Техніко-енергетична оцінка очисних машин зернопунктів. *Матеріали наук.-техн. конф. студентів та магістрантів ТДАТУ*. Мелітополь, 2012. Вип. XI, т. II. С. 174-175.
6. Постнікова М. В., Петров В. О. Дослідження енергоємності процесу очищення зерна на зерноочисних машинах. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2018. Вип. 8, т. 2. DOI: 10.31388/2220-8674-2018-2-33.

УДК 621.3.082.64

ДОСЛІДЖЕННЯ ПЕРЕВИЩЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ОБМОТКИ ЗАГЛИБНОГО ЕЛЕКТРОДВИГУНА ЗА ДОПОМОГОЮ НАПІВПРОВІДНИКОВОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА

Курашкін С. Ф., к.т.н.

serge.kuras@gmail.com

Іванова Д. В., магістрант

malt96matt@gmail.com

Таврійський державний агротехнологічний університет ім. Дмитра Моторного,
м. Мелітополь

Актуальність та постановка проблеми. Робота комбінованих пристроїв діагностування та захисту силового електрообладнання часто передбачає поряд з контролем споживаного струму або напруги живлення і спостереження за його поточним перевищенням температури.

Для цього найчастіше застосовуються вимірювальні перетворювачі – терморезистори. Однак цю функцію можуть з успіхом виконувати напівпровідникові прилади – діоди або транзистори, і в деяких випадках це виправдано.

Відомо, що температура впливає на електрофізичні параметри напівпровідників, зокрема це проявляється в зміні концентрації носіїв заряду, що призводить до зміни струму згідно залежності [1]:

$$I = I_0 e^{\left(\frac{qU_0}{kT-1} \right)}, \quad (1)$$

де I_0 – струм насичення;

q – заряд електрона;

U_0 – падіння напруги на $p-n$ переході, В;

k – постійна Больцмана;

T – температура, К.

З практичної точки зору застосовувати транзистори не є зручним, в той час як напівпровідникові діоди мають незначні габаритні розміри і можуть бути зручно вмонтовані, наприклад, в обмотку статора електродвигуна, перевищення температури якої необхідно контролювати. Через більш високу межу теплового пробою (150...200°C) використання кремнієвих діодів переважно ніж германієвих.

Отже, задачею дослідження є визначення можливості практичного застосування напівпровідникових діодів під час проектування технічних засобів захисту і діагностування силового електрообладнання.

Основні матеріали дослідження. Для цього був розроблений вимірювальний пристрій, електрична схема якого виконана за балансно-мостовим принципом і містить інтегральний стабілізатор напруги, а також інтегральний стабілізатор струму, який забезпечує протікання незмінного струму діода на рівні 10 мА. Принцип дії пристрою заснований на тому, що при незмінному і малому струмі, що тече через діод, падіння напруги на його $p-n$ переході прямо пропорційне температурі середовища, де його розміщено.

Контроль падіння напруги на діоді відбувався за допомогою мілівольтметра. В якості термоперетворювача використовувався кремнієвий діод КД102А, який був попередньо градуйований при температурі навколишнього середовища за допомогою лабораторного обладнання.

Для дослідження роботи вимірювального пристрою напівпровідниковий діод було вмонтовано в обмотку заглубного електродвигуна типу ПЭДВ 2,8-140 з номінальною потужністю 2,8 кВт, що дозволило провести дослідження його нагріву. Дослідження проводилися в спеціалізованій установці для післяремонтних випробувань заглубних

електродвигунів. Вимірювання здійснювалися для номінального режиму навантаження електродвигуна. Для отримання достовірної інформації відбувалося трикратне повторення вимірювань згідно рекомендаціям [2]. Теплова інерція малогабаритного кремнієвого діода масою 100 мг за результатами досліджень склала 2,5 °C/с, що є прийнятним результатом для проектування схем контролю температури. Рівень напруги на діоді при температурі середовища 24°C склав 730...740 мВ. Результати вимірювань наведені на рис. 1.

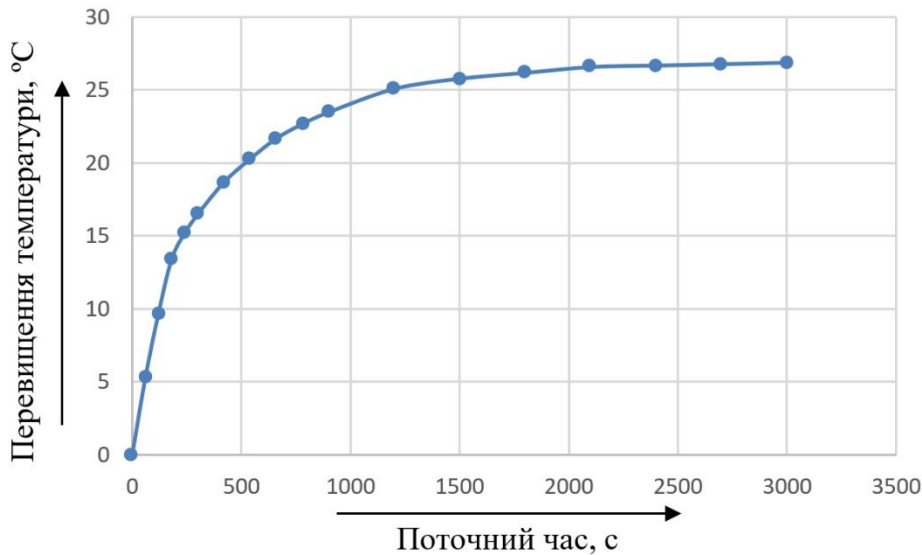


Рисунок 1. Графік залежності перевищення температури від часу

Висновок. Таким чином, застосування напівпровідникових перетворювачів температури можливо як для наукових досліджень, так і для застосування в схемах захисту і діагностування електротехнічного і електросилового обладнання. Падіння напруги на діоді є достатнім для аналого-цифрового перетворення в схемах з мікроконтролерами і подальшої обробки.

Чутливість вимірювального перетворювача може бути підвищена за рахунок послідовного з'єднання декількох діодів, якщо інерційність приладу є другорядним фактором.

Список використаних джерел

1. Курашкин С. Ф. Применение полупроводникового диода в качестве измерительного преобразователя температуры. *Праці Таврійського державного агротехнічного університету*. Мелітополь, 2011. Вип. 11, т. 3. С. 173-177.
2. Ананьев В. А. Анализ экспериментальных данных: учебное пособие. Кемерово: КГУ, 2009. Ч. 1. 102 с.

УДК 621.928.6.004.12

АНАЛІЗ ЕНЕРГОЄМНОСТІ ВІБРОПНЕВМОСЕПАРАТОРІВ

Постнікова М. В., к.т.н.

marina.postnikova@tsatu.edu.ua

Сідельников Б. Ю., студент

bogdansidelnikov@gmail.com

Таврійський державний агротехнологічний університет ім. Дмитра Моторного,
м. Мелітополь

Актуальність та постановка проблеми. Рациональне використання електроенергії на підприємствах переробки і зберігання зернових культур, оснащених енергоємним технологічним обладнанням, особливо актуально тепер, коли прийнята Національна енергетична програма України з енергозбереження [1].

Основу проблеми подальшого вдосконалення технології післязбиральної обробки зерна в умовах господарств складають задачі підвищення якості кінцевого продукту та зниження енергоємності процесу.

Очищення та сортування насіння сільськогосподарських культур є провідною операцією в технології їх виробництва. Тому питання зниження енергоємності процесу є актуальною проблемою.

Основні матеріали дослідження. Одним з доцільним напрямків розвитку насіннеочисної техніки є інтенсифікація процесу розподілу часток насінневої суміші шляхом використання поля відцентрових сил.

Найбільш перспективними машинами для очищення насіння від важковідокремлюючих домішок і сортування його за щільністю є вібропневмосепаратори (ВПС). В них зберігається принцип роботи пневматичних сортувальних столів, однак процес здійснюється в полі відцентрових сил інерції, напруженість якого перевищує напруженість гравітаційного поля [2].

В закордонних ведучих зерновиробничих країнах пневматичні сортувальні столи використовують в обов'язковому порядку для обробки насінневого матеріалу і деяких видів зерна продовольчого або технічного призначення.

Порівняльний аналіз технічних рішень і процесів сепарації вітчизняних сортувальних столів (табл. 1) показав, що вони за технологічною ефективністю не поступаються кращим аналогам іноземних фірм. Однак, недостатня точність виготовлення конструкцій машин і порівняно низька якість використаних конструктивних матеріалів у вітчизняних ВПС роблять їх не тільки неконкурентоспроможними, але і мало використовуваних в сільському господарстві.

Таблиця 1

Технічна характеристика вітчизняних сортувальних столів

Модель машини	Продуктивність, кг/год (на пшениці)	Встановлена потужність, кВт	Маса, кг	Питома енергоємність, кВт·год/т	Питома металоємність, кг·год/т
ССП-1,5	1500	7,1	750	4,75	500
БПС-3	3000	5,5	740	1,83	246,7
ПСС-2,5	2500	6,6	650	2,64	260
СПС-5	5000	11,75	837	2,35	167,4
МОС-9	9000	16,1	990	1,8	110

В теперішній час тільки 0,5 % насінневого фонду країни обробляють на пневмостолах. В результаті на посів використовують несортоване насіння, а головне – засмічене насіннями бур'янів. Тому отримують недобір врожаю.

Аналіз енергоспоживання ВПС показує, що як в закордонних, так і в вітчизняних конструкціях біля 90 % спожитої енергії приходить на аеродинамічну систему ВПС і тільки 10 % - на привод робочого органу в коливальний рух. Такий стан обумовлений тим, що підвищення технологічної ефективності ВПС досягається вибором ефективного повітрярозподільчого устрою (ПРУ), який знижує коефіцієнти варіації повітряного потоку по площині деки.

Порівняльні дослідження питомих витрат електроенергії на ВПС з прямою та трапецієподібною деками має більш низькі показники (рис 1).

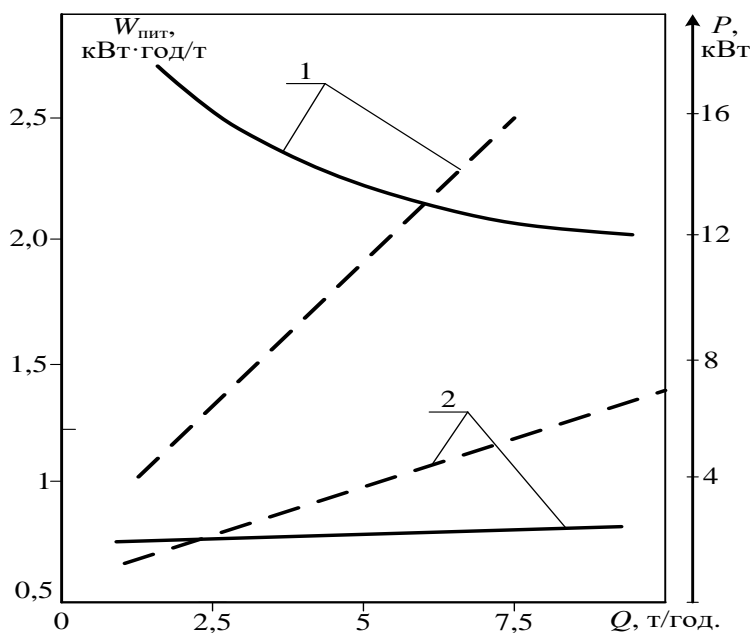


Рисунок 1. Залежність питомої витрати електроенергії $W_{\text{пит}}$ (суцільна лінія) і встановленої потужності P (штрихова лінія) від продуктивності Q вібропневмосепаратора з трапецієподібною (1) і прямою (2) декою

Однак застосування ВПС з прямою декою в сільському господарстві стримується в першу чергу через недостатню ефективність дільника псевдоожигеного шару (по периметру циліндра, що обертається). Експериментальними дослідженнями процесів розподілу псевдоожигеного шару трьома типами дільників встановлено, що шахтний дільник підвищує ефективність сепарації на 25-30 % в порівнянні з решітним або ножовим дільниками [2].

Висновки. Основні напрями подальшого підвищення технічного і технологічного рівня ВПС: оптимізація процесів сепарації во внутрішній поверхні ВПС; оптимізація розподілу швидкостей повітряного потоку по площині деки в автоматичному режимі. Оптимізація енергоємності ВПС дозволить розробити науково-обґрунтовані норми електроенергії на процес сепарації [3].

Список використаних джерел

1. Постнікова М. В. Енергозберігаючі режими роботи електромеханічних систем обробки зерна на зернопунктах: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.09.03. Мелітополь, 2011. 22 с.
2. Дринча В. М., Стягов В. С., Шахсаидов Б. И., Ратенков С. В. Проблемы и перспективы использования агрегатов ЗАВ и комплексов КЗС. *Тракторы и сельскохозяйственные машины*. 2002. № 3. С. 31-33.
3. Постнікова М. В. Розробка науково-обґрунтованих норм енергоємності при обробці зерна на зернопунктах. *Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Сер. Проблеми автоматизованого електроприводу. Теорія і практика*. Харків, 2008. № 30. С. 511-512.

УДК 621.316.925

ПОЛЕГШЕННЯ РОБОТИ ЗАГЛИБНИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ ЗА УМОВИ НЕПОВНОФАЗНОГО ЖИВЛЕННЯ

Курашкін С. Ф., к.т.н.

serge.kuras@gmail.com

Біляєва А. С., магістрант

belyaevanastya02@gmail.com

*Таврійський державний агротехнологічний університет ім. Дмитра Моторного,
м. Мелітополь*

Актуальність та постановка проблеми. Сучасний побут або промислове виробництво неможливо уявити без споживання води, тому система водопостачання є невід'ємним елементом будь-якого господарства або технологічного процесу. Припинення водопостачання з будь-яких причин, наприклад, виходу з ладу двигуна електронасосного агрегату, призведе як найменше до незручностей, а у гіршому випадку до незапланованого перериву технологічного процесу, що загрожує додатковими матеріальними втратами.

Таким чином одне з найважливіших завдань водопостачання є його безперервність, а це можна забезпечити лише у разі надійності обладнання як механічної частини насосного агрегату, так і його електричної частини, зокрема електродвигунів.

Найбільш часто водопостачання здійснюється за допомогою заглибних насосних агрегатів ЕЦВ, до складу яких входить електродвигун типу ПЭДВ. Середній ресурс роботи заглибних електродвигунів складає 14000 годин, але виходять вони з ладу значно раніше – через 3000 – 4000 годин [1].

Основні причини, за якими заглибні електродвигуни виходять з ладу наступні: недостатній рівень експлуатаційного обслуговування; перевантаження і робота в неповнофазному режимі; зниження опору ізоляції; відсутність надійного захисту від аварійних режимів і низька надійність сільських електричних мереж; знос підшипників і вихід з ладу деталей насоса. При цьому на несиметрію трифазної напруги живлення, в тому числі обрив фази приходиться до 44% [2] аварійних випадків. Причиною неповнофазного режиму в більшості випадків є обрив фазного проводу, відсутність контакту в місці з'єднання або в магнітному пускачі.

Залежно від обставин, при яких стався обрив фази, можуть бути різні режими роботи електродвигуна і наслідки, супутні цим режимам. У тому випадку, коли обрив фази стався до включення двигуна під час пуску, він не може розвернутися навіть при відсутності навантаження на валу. Якщо відключення однієї з фаз сталося під час роботи двигуна, обертальний момент часто буває достатнім для продовження роботи. Робота електродвигуна від двох фаз за схемою з'єднання обмоток «зірка» супроводжується перерозподілом струмів (збільшуються у робочих фазах в 1,7-2 рази) і напруг між фазами (зменшуються у робочих фазах залежно від ковзання) [3]. Оскільки навантаження залишається незмінним, це приводить до надлишкового нагріву, прискореного зносу ізоляції і врешті до виходу двигуна з ладу.

Отже, з одного боку необхідно підтримувати безперервність водопостачання, а з іншого – захищати заглибний електродвигун від анормальних режимів роботи, тобто, в нашому випадку від неповнофазного режиму роботи. Таким чином актуальним є суміщення цих протилежних за суттю задач.

Основні матеріали дослідження. Ця задача може бути вирішена за умови полегшення роботи заглибного асинхронного електродвигуна у разі примусового переходу його системи живлення з трифазної на двофазну.

Для цього треба зімітувати ушкоджену фазу зі зсувом на певний кут (оптимально на 120°), наприклад, за допомогою конденсатора. Оскільки ємність конденсатора залежить від навантаження електродвигуна, яке, в свою чергу, є змінним, необхідно змінювати цю ємність для підтримання оптимального режиму роботи. Струм двигуна в однофазному конденсаторному режимі роботи при малих навантаженнях (приблизно $0,45P_n$) менше, а при інших навантаженнях більше струму трифазного режиму [4]. Менше значення струму пояснюється перекомпенсацією реактивної потужності двигуна.

Нами пропонується пристрій, структурна схема якого наведена на рис. 1, він відстежує лінійні напруги U_{AB} , U_{BC} , U_{CA} на затискачах електродвигуна за допомогою блоку 1, з якого сигнал подається до мікроконтролера 2.

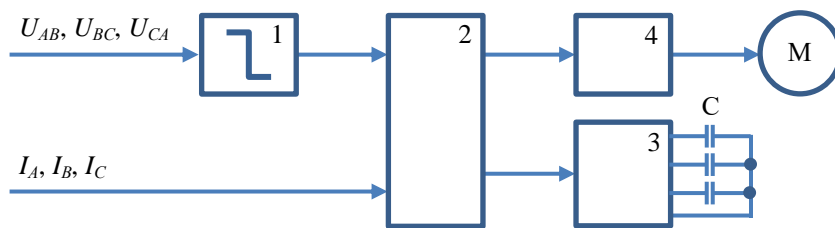


Рисунок 1. Структурна схема пристрою полегшення роботи електродвигуна

У разі виникнення неповнофазного режиму під час роботи заглибного насосу визначається ушкоджена фаза і до відповідного затискача електродвигуна приєднується за допомогою комутатора 4 фазозсувний конденсатор С, ємність якого в певних межах змінюється відповідно навантаженню. У разі виникнення неповнофазного режиму при вимкненому електродвигуні приєднання конденсатора дасть змогу здійснити пуск, якщо струм не перевищує 50% за номінальний (це є припустимим в межах певного часу роботи для заглибного електродвигуна). Керування двигуном здійснюється штатним блоком керування 4.

Висновок. Застосування пристрою, що полегшує роботу заглибного електродвигуна під час неповнофазного режиму, дасть змогу не відключати негайно електродвигун і забезпечити безперервність водопостачання.

Список використаних джерел

1. Курашкин С. Ф., Телюта Р. В. Диагностирование эксплуатационного режима погружного электродвигателя. *Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит*. 2010. № 8 (78). С. 60–65.
2. Курашкин С. Ф. Диагностирование режима работы электродвигателя погружного насоса. *Праці Таврійського державного агротехнічного університету*. Мелітополь, 2013. Вип. 13, т. 2. С. 121–126.
3. Защита двигателя 380 В от работы на двух фазах. URL: <https://raschet.info/zashhita-dvigatelja-380-v-ot-raboty-na-dvuh-fazah/> (дата звернення: 13.04.2021).
4. Саидов Р. А. Экспериментальные исследования погружных электродвигателей в трехфазном и однофазном конденсаторном режимах. *Проблемы энергетики*. 2007. № 12. С. 132-137.

УДК 631.171:631.362.34

АНАЛІЗ МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СУЧАСНИХ ТРІЄРНИХ БЛОКІВ ПІДПРИЄМСТВ ПЕРЕРОБКИ ТА ЗБЕРІГАННЯ ЗЕРНА

Постнікова М. В., к.т.н.

marina.postnikova@tsatu.edu.ua

Волкова І. Д.

rein.feur.07@gmail.com

Таврійський державний агротехнологічний університет ім. Дмитра Моторного, м. Мелітополь

Актуальність та постановка проблеми. Сучасні системи керування робочими машинами потокових ліній, які побудовані за принципом забезпечення номінального завантаження приводних електродвигунів, не виконують завдання ефективного використання електроенергії, що не забезпечує обробку зерна з мінімально можливими витратами електроенергії [1].

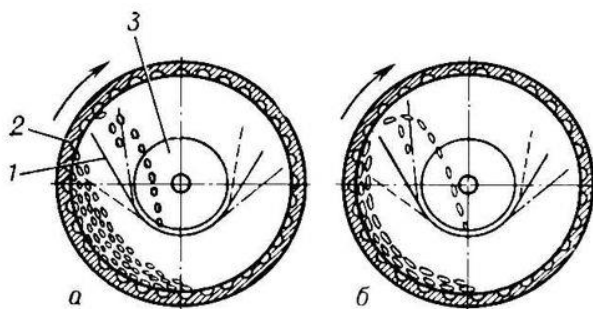
Спільний розгляд характеристик електродвигуна і робочої машини допомагає вирішити такі важливі для вибору привода питання як достатня потужність двигуна, мінімальна питома витрата електроенергії, можливість зрушення з місця, розгін до номінальної швидкості в заданий час і т.п. [2].

Основні матеріали дослідження. Розглядаючи електропривод, як поєднання двигуна і робочої машини, слід вказати, що при правильному проектуванні необхідно враховувати не тільки властивості двигуна, але і характеристики робочої машини [3].

В потокових лініях переробки і зберігання зерна застосовують трієрні блоки.

Трієри застосовують для виділення домішок, що відрізняються від зерен основної культури довжиною. До домішок, які видаляються на трієрах, відносять насіння кукулю, які коротше зерен пшениці, або насіння вівсюга, які довше зерен пшениці [4].

Робочим органом є циліндрична або дискова комірчаста поверхня, а робочим елементом - комірка. Схема роботи трієрних циліндрів показана на рис. 1.



1 - жолоб; 2 - циліндр з комірчастою поверхнею; 3 – шнек

Рисунок 1. Схема роботи кукульного (а) і овсюгового (б) трієрних циліндрів

При обертанні циліндра всередину його надходить зернова суміш, що складається з короткого і довгого насіння. Зерна, довжина яких менше діаметра комірок, укладаються в них, а довгі розташовуються на поверхні циліндра. Обертаючись, циліндр піднімає зернову суміш вгору. При деякому його повороті зерна під дією власної маси випадають з комірок в жолоб, розташований всередині циліндра.

На дні жолоба змонтований шнек для виведення насіння з машини. Довгі зерна під дією сил тертя піднімаються на деяку висоту, а потім зсипаються вниз, просуваються по поверхні циліндра вздовж його осі і виходять з протилежного боку. Комірчаста поверхня дискових трієрів має комірки у вигляді кишеньок. При обертанні диски захоплюють зерна, які по довжині менше розміру комірок, і викидають їх назовні. Довгі зерна, що не помістилися в комірках, лопатями, закріпленими на спицях дисків, переміщуються уздовж кожуха і виводяться назовні.

Показником ефективності сепарування зерна в трієрах є ступінь виділення домішок. Сепарування вважається ефективним, якщо за один прохід через трієр

витагується не менше 80 % домішок. На ефективність сепарування впливають такі чинники: засміченість зернової суміші короткими або довгими домішками, питома навантаження на порожнисту поверхню, кінематичні і геометричні параметри робочого органу (дискового ротора або циліндра).

Найбільшого розповсюдження на борошномельних заводах знайшли дискові трієри марки УТ. Одеський завод «Продмаш» виробляє їх модельний ряд: А9-УТ2-К-6 (куколевідбірник) і А9-УТ2-О-6 (овсюговідбірник), що мають модернізований завантажувальний пристрій, який забезпечує рівномірний розподіл зернової суміші без додаткової наладки і регулювання.

ЗАТ «Марійагромаш» нещодавно випустило на ринок циліндричний трієр Я.31.163.00.00.00, який відрізняється надзвичайно низькою станиною, що дозволяє використовувати його в приміщеннях із нестандартною висотою стелі і складною системою самопливів.

Серед аналогічного обладнання все більшою популярністю користуються трієрні блоки, які поширені не тільки на млинових заводах, але і на елеваторах. ЗАТ «Мельінвест» пропонує блок трієрний Р1-ББТ. Блок виділяє як короткі, так і довгі домішки. Трієр циліндричний Р1-ББК-700-8 - куколевідбірник, що виділяє коротку, а трієр циліндричний Р1-ББО-700-8 - овсюговідбірник - довгі домішки.

Сьогодні в потокових технологічних лініях спостерігаються значні втрати активної потужності, як в приводних електродвигунах, та і в робочих машинах. Необхідно робити комплексний аналіз втрат активної потужності в системі «електродвигун-робоча машина».

В період пуску електроприводів, машини включаються в роботу разом з двигуном і дають йому навантаження, викликане втратами на тертя і іншими факторами. Двигун в цьому випадку в основному працює тільки на прискорення рухомих частин робочої машини і своїх власних до номінальної швидкості обертання. При пуску двигуна під навантаженням одночасно зі збільшенням швидкості обертання приводу долається і певне навантаження, створюване при обробці зерна. Одним з основних показників роботи системи двигун-машина є момент опору M_c .

Момент опору трієрного блока складається з моменту опору без навантаження M_{c1} і з зерном M_{c2} [2].

$$M_c = M_{c1} + M_{c2} + M_{c3}. \quad (1)$$

Крім цих моментів є ще третя складова M_{c3} . Деяка частина зерна не досягає максимального кута затягування (ковзання) зерна в рухомому трієрному циліндрі і скочується з поверхні циліндра.

Складова M_{c3} створює пульсуючий момент опору на валу електричного двигуна з різною амплітудою, але з однаковою частотою, що залежить від кутової швидкості барабана трієра, так як в період скочування $M_{c3} \rightarrow 0$. Потім зерна, що не уклалися в комірку, знову починають підйом. Діаграма наростання моменту опору трієрного блоку має плавний пульсуючий характер. Частота пульсацій при номінальному швидкісному режимі барабанів становить 5 коливань за секунду. Залежність моменту опору від швидкості $M_c = f(n)$ має форму кривої, подібну параболі (рисунок 2) і виражається емпіричною формулою

$$M_c = an^2 + bn + c \quad (2)$$

де a , b , c – коефіцієнти, які визначаються за допомогою метода найменших квадратів.

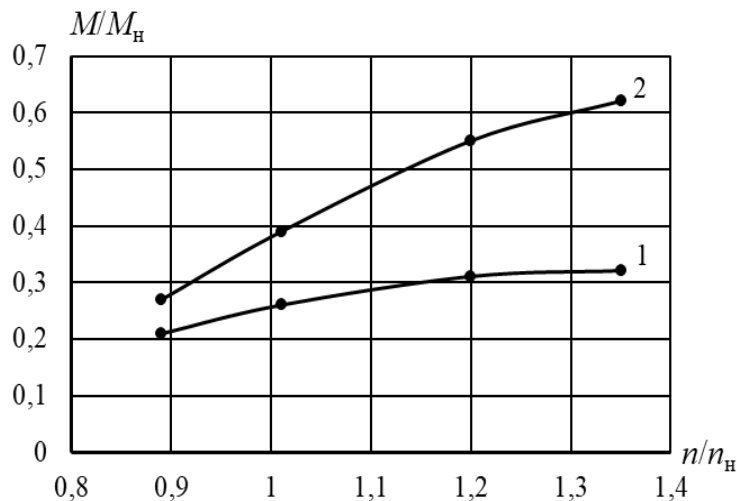


Рисунок 2. Механічні характеристики трієрного блока
1 – на холостому ході, 2 – під навантаженням

Як видно з рис. 2 момент холостого ходу трієра із збільшенням частоти обертання збільшується незначно, а момент опору під навантаженням значно збільшується за рахунок того, що складова $M_{сз}$ створює додатковий пульсуючий момент опору.

Розрахунок фактичної потужності електродвигуна трієра [5] необхідно врахувати при нормуванні електроспоживання [6].

Висновок. З аналізу механічних характеристик трієра видно, що момент зрушення холостого ходу для трієра складає приблизно 10% номінального моменту опору, а момент зрушення під навантаженням може перевищувати номінальний момент на 30-35%.

Список використаних джерел

1. Постнікова М. В. Енергозберігаючі режими роботи електромеханічних систем обробки зерна на зернопунктах : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : 05.09.03. Мелітополь, 2011. 22 с.
2. Куценко Ю. Н., Постнікова М. В. Анализ механических и производственных характеристик машин поточных линий зерноочистительных агрегатов. *Вестник аграрной науки Дона*. Зерноград, 2013. №4(24). С. 60-65.
3. Постнікова М. В. Анализ энергозатрат технологических процессов очистки зерна на триерах. *Вестник аграрной науки Дона*. 2015. №2(30). С. 17-21.
4. Оборудование для очистки зерна по длине. *Хранение и переработка зерна. Научно-практический портал*: веб-сайт. URL: <http://hipzmag.com/tehnologii/pererabotka/oborudovanie-dlya-ochistki-zerna-po-dline/> (дата звернення 17.04.2021).
5. Чернецький В. А., Постнікова М. В. Розрахунок потужності електродвигуна трієра потокової лінії очищення зерна. *Сучасний стан та перспективи розвитку електротехнічних систем* : матеріали II Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф. пам'яті В. В. Овчарова, 10 листопада – 26 листопада 2020 р. Мелітополь : ТДАТУ, 2020. С. 63-64.
6. Постнікова М. В. Розробка науково-обґрунтованих норм енергоємності при обробці зерна на зернопунктах. *Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут". Тематичний збірник наукових праць «Проблеми автоматизованого електроприводу. Теорія і практика»*. Харків, 2008. №30. С. 511-512.

Секція 3. Електротехнології та електротехнологічні системи

УДК 631.17:534.6

БЛОК ВИМІРЮВАННЯ КОЕФІЦІЄНТУ ПОГЛИНАННЯ ПРИСТРОЮ ОЦІНКИ ЯКОСТІ БІОЛОГІЧНИХ СТРУКТУР ФІКСОВАНОЇ ГЕОМЕТРИЧНОЇ ФОРМИ

Яковлєв В. Ф., проф.

vyakov@gmail.com

Сумський національний аграрний університет, м. Суми

Актуальність та постановка проблеми. Забезпечення високої якості продукції сільського господарства, яка реалізується населенню, може бути досягнуто тільки при широкому впровадженні сучасних методів і технічних засобів неруйнівного експресного контролю якісних ознак продукції в технологічних процесах. Тому наукові дослідження, які направлені на створення технічних систем, що забезпечують експресний неруйнівний контроль ступені стиглості, вище названих біологічних структур, є актуальними. Найбільш перспективним є метод акустичного зондування, що дозволяє по коефіцієнту поглинання енергії хвиль вільних коливань при ударному збудженні біологічних структур визначати їх ступінь стиглості [1,2]. На теперішній час розроблено декілька модифікацій технічних пристроїв контролю якості біологічних структур фіксованої геометричної форми [1]. Але, одним із актуальних питань з розробки технічних засобів, є підвищення їх точності та чутливості виміру параметрів, які характеризують якісний стан контрольованого об'єкту, пошук та застосування нових, більш сучасних, методів контролю. Нові, більш сучасні, методи потребують нових технічних рішень як по технічним засобам взагалі, так і окремим складовим (окремим блокам) цих пристроїв, з метою підвищення ефективності їх роботи.

Все вище викладене визначає мету та основні задачі досліджень і дозволяє сформулювати основний алгоритм структурування блоків технічних засобів експресного контролю якісних ознак біологічних структур. Задача полягає у розробці блоку прямого вимірювання коефіцієнта поглинання, який несе інформацію о якісних ознаках продукту.

Основні матеріали дослідження. Як було відмічено, в раніше проведених експериментальних дослідженнях [2,3], для визначення ступеню стиглості біологічних об'єктів фіксованої геометричної форми при їх ударному збудженні необхідно проводити вимірювання декількох параметрів, а саме:

- тривалості вихідного сигналу, обернено пропорційного коефіцієнту поглинання об'єкту при ударному збудженні та прямо пропорційного його діаметру:

$$\Delta\tau_{ic\Sigma} = f(\delta, D). \quad (1)$$

- тривалості вихідних імпульсів, прямо пропорційних геометричному розміру об'єкту:

$$T_{ГП} = f(D). \quad (2)$$

Якщо, експериментальні дані, відповідних залежностей, представити у вигляді:

$$\Delta\tau_{ic\Sigma} = f(\delta, D) = \frac{\Delta\tau_{ic\Sigma}}{D_i} \quad \text{та} \quad T_{ГП} = f(D) = \frac{T_{ГП}}{D_i}. \quad (3)$$

і взяти співвідношення:

$$\frac{\Delta\tau_{ic\Sigma}}{T_{ГП}} = \frac{\Delta\tau_{ic\Sigma} \cdot D_i}{D_i \cdot T_{ГП}}, \quad (4)$$

то, таким чином, можна виключити розмірний параметр об'єкту в блоці виміру коефіцієнта поглинання, який тісно пов'язаний з показником якісного стану продукту. Дані експериментальних досліджень наведено у таблиці 1.

Таблиця 1

Дані експериментальних досліджень біологічних структур
фіксованої геометричної форми

Показники	Номер досліджу									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\Delta\tau_{ic\Sigma} \cdot 10^{-4}, c$	6,87	6,62	6,37	5,99	5,68	5,43	5,24	4,99	4,87	4,62
$T_{ГП} \cdot 10^{-6}, c$	4,13	4,17	4,18	4,19	4,21	4,23	4,29	4,33	4,37	4,44
$(\Delta\tau_{ic\Sigma}/D_i) \cdot 10^{-4}, c/m$	45,8	42,0	39,0	34,8	31,3	28,5	26,5	24,5	22,9	20,8
$(T_{ГП}/D_i) \cdot 10^{-6}, c/m$	27,5	26,5	25,6	24,3	23,2	22,2	21,7	21,2	20,5	20,0
$(\Delta\tau_{ic\Sigma}/T_{ГП}) \cdot 10^{-6}, в.од$	1,66	1,59	1,52	1,43	1,35	1,28	1,22	1,15	1,12	1,04

Цей метод покладений в сукупність блоків тракту вимірювання коефіцієнту поглинання пристрою оцінки якості біологічних структур фіксованої геометричної форми, структурна схема якого наведено на рис. 1.

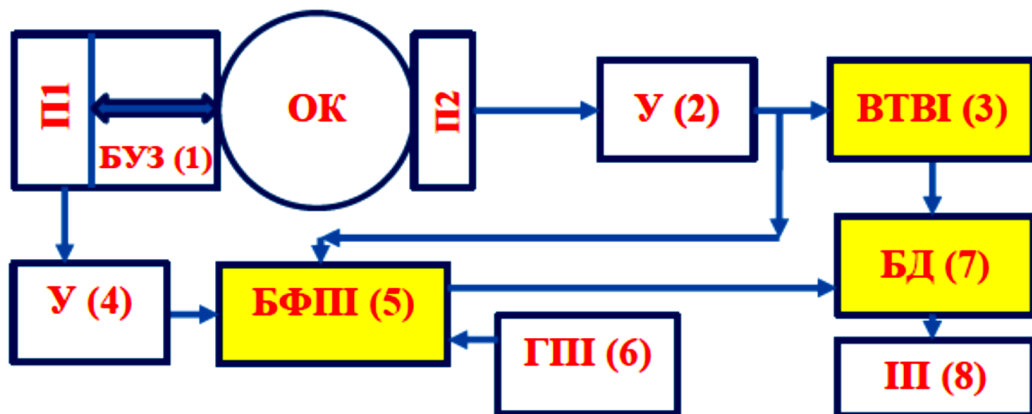


Рисунок 1. Структурна схема тракту вимірювання коефіцієнту поглинання

Робота схеми блоку вимірювання коефіцієнту поглинання розглядається у сукупності з іншими блоками, які забезпечують передачу до нього відповідного сигналу. Схема працює наступним чином. Блоком ударного збудження БУЗ (1) в об'єкті контролю ОК створюється зондуєчий імпульс. З блоку 1 зондуєчий імпульс перетворювачем П1 після підсилювача У (4) поступає в блок формування прямокутних імпульсів БФП (5) та запускає його. На цей же блок з перетворювача П2, після підсилювача У (2), подається вихідний сигнал, який пройшовши через ОК першим

імпульсом зупиняє дію блоку. На протязі роботи БФП (5) на цей блок подаються прямокутні імпульси з ГП (6). З виходу 5 сигнал подається в блок поділу БД (7). Одночасно сигнал після блоку 2, пропорційний коефіцієнту поглинання, подається на блок вимірювання тривалості входного імпульсу ВТВІ (3), а з нього на блок (7). В блоці 7 здійснюється функціональне перетворення відповідних сигналів з блоків 3 та 5 в їх співвідношення, що фіксується індикаторним пристроєм ІП (8).

Висновки. Реалізація вище розглянутого принципу визначення ступеню якості біологічних об'єктів по коефіцієнту поглинання дозволяє отримати більш лінійну залежність, визначити граничні значення зміни параметру, підвищити точність визначення названого параметру та збільшити діапазон розриву граничних значень якісного стану, чим забезпечується чіткість розділу об'єктів на фракції.

Список використаних джерел

1. Іноземцев Г. Б., Яковлев В. Ф., Козирський В. В. Застосування акустичних технологій в аграрному виробництві: навчальний посібник Київ: Аграр Медіа Груп, 2013. 171 с.
2. Яковлев В. Ф. Експериментальні дослідження процесу трансформації ударного імпульсу через біологічні об'єкти фіксованої геометричної форми. *Вісник СНАУ. Сер. Механізація та автоматизація виробничих процесів*. 2019. Вип. 1-2. С. 30–35
3. Квітка С. О., Яковлев В. Ф., Нікітіна О. В. Електроніка та мікросхемотехніка: навчальний посібник / за ред. В. Ф. Яковлева. Київ: Аграрна освіта, 2010. 329 с.

УДК 621.362:664.723

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА ЗАХИСТУ ВІД НЕБЕЗПЕЧНОГО СТРУМУ ВИТОКУ ПРИ ОБСЛУГОВУВАННІ УСТАНОВОК ТЕПЛОВОЇ ОБРОБКИ І СУШІННЯ ЗЕРНОВОЇ СИРОВИНИ

Герасименко В. П.¹,
Майбородіна Н. В.¹, к. ф.-м. н.

syavagvp@gmail.com

Ковальов О. В.², інженер

alekstdaty1979@gmail.com

¹ВП НУБіП України "Ніжинський агротехнічний інститут", м. Ніжин

²Таврійський державний агротехнологічний університет ім. Дмитра Моторного,
м. Мелітополь

Актуальність та постановка проблеми. Безпечній експлуатації електротехнічного обладнання установок теплової обробки і сушіння зернової сировини приділено багато уваги. Окрім загально використовуваних нормативних документів застосовуються і галузеві, як наприклад наказ «Про затвердження Правил охорони праці для працівників, зайнятих на роботах зі зберігання та переробки зерна» [1]. Ефективним технічним способом захисту від ураження струмом витоку під час експлуатації установок теплової обробки і сушіння зернової сировини є застосування пристроїв захисного вимикання. Використання більш досконалих технічних пристроїв захисту, що містять в своєму складі аналізатор струму витоку, дозволить попередити обслуговуючий персонал про можливість враження струмом витоку та наочно покаже міцність ізоляції електрообладнання в певний момент часу. [2, 3, 4, 5]. Для моніторингу величини струму витоку в режимі реального часу розроблено технічне рішення на базі мікроконтролера АТmega.

Метою даної роботи є запропонувати технічне рішення, що має на меті як захист на основі контролю величини струму витоку так і завчасне попередження про можливість досягнення порогових значень ізоляцією.

Основні матеріали дослідження. Блок аналізатор побудовано на основі мікроконтролера АТMEL АТmega8. Пристрій-аналізатор виготовлено в стандартному корпусі ПЗВ за допомогою підключення додаткових плат. Зовнішній вигляд пристрою захисту від струмів витоку зображено на рис. 1.

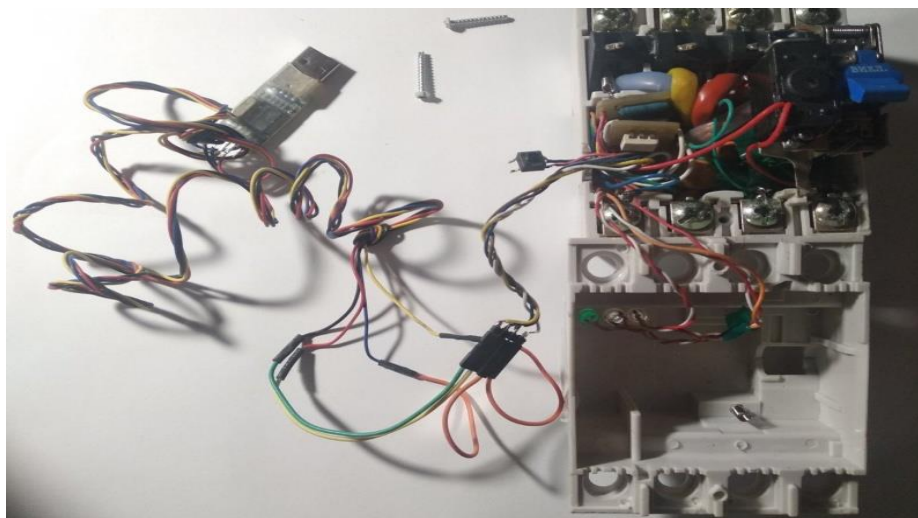


Рисунок 1. Пристрій-аналізатор величини струму витоку

Пристрій має трансформатор струму нульової послідовності (ТСНП) до виводів вторинної обмотки якого підключено блок захисту з аналізатором струму витоку. На передній панелі блоку розташовано світлодіодні лампи HL1 - HL3, що інформують обслуговуючий персонал про появу та темп зростання струму витоку у мережі. Принцип роботи запропонованого пристрою полягає в тому, що блок-аналізатор струмів витоку працює за умовою $q = \frac{i_n + i_{n-1} + i_{n-2}}{3}$ і має три програмовані ступені режиму темпу зростання струму витоку: перший режим – коли $q \leq 50$ - «Безпечний струму витоку в мережі»; другий режим – коли $50 < q < 70$ - «Близький до безпечного струму витоку в мережі»; третій режим – коли $q \geq 70$ - «Небезпечний струму витоку в мережі». За відсутності, чи появи незначного струму витоку, величина якого знаходиться в межах допустимих за першим режимом роботи, світиться сигнальна лампочка HL1, що інформує обслуговуючий персонал про «Безпечний рівень струму витоку в мережі». Якщо ж струм витоку в мережі починає зростати, але залишається в певних межах, тобто не досягає граничної межі і знаходиться в межах $50 < q < 70$, то загоряється сигнальна лампочка HL2. При перевищенні граничної межі величини струму витоку загоряється сигнальна лампочка HL3, при цьому розмикаються контакти котушки електромагнітного пускача КМ1, силові контакти якого КМ1.1 розмикають коло, що живить установку теплової обробки і сушіння зернової сировини.

Висновок. Застосування пристрою захисного вимикання, що має в своєму складі блок-аналізатор струму витоку, забезпечить контроль величини струму витоку одночасно інформуючи обслуговуючий персонал досягнення небезпечного значення струмом витоку в системах електроживлення напругою 0,38 кВ електрообладнанням установок для теплової обробки і сушіння зернової сировини.

Список використаних джерел

1. Правила охорони праці для працівників, зайнятих на роботах зі зберігання та переробки зерна: НПАОП 15.0-1.01. URL: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/z1288-17> (дата звернення: 13.04.2021).
2. Козирський В. В., Герасименко В. П., Майбородіна Н. В. Вимірювання струму витоку в мережі 0,38 кВ у тваринницькому приміщенні. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Сер. Техніка та енергетика АПК*. 2015. Вип. 224. С. 10–14.
3. Герасименко В. П. Апаратно-програмна реалізація інтелектуальної комп'ютерно-інтегрованої системи контролю та прогнозування величини струму витоку електрообладнання тваринницького приміщення. *Енергетика і автоматика*. 2020. № 2. С. 77–85. DOI: 10.31548/energiya2020.02.077.
4. Герасименко В. П. Інтелектуальна система контролю та прогнозування величини струму витоку електрообладнання установок для теплової обробки і сушіння зернової сировини. *Енергетика і автоматика*. 2020. № 6. С. 109-117. DOI: 10.31548/energiya2020.06.109.
5. Пристрій аналізатор струму із захисним відключенням мережі: пат. 73936 Україна: МПК H02H 3/16 (2006.01). № U 201204200 / В. В. Козирський, В. П. Герасименко, А. В. Петренко; заявл. 04.04.2012; опубл. 10.10.2012, Бюл. № 19.

УДК 664.854+621.365.3

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО ОПОРУ ЯБЛУЧНОЇ СИРОВИНИ НА ЕТАПІ ЕЛЕКТРОПЛАЗМОЛІЗУ В ПРОЦЕСІ КОМБІНОВАНОГО СУШІННЯ

Савойський О. Ю., інженер

o.savoiskyi@gmail.com

Сумський національний аграрний університет, м. Суми

Актуальність та постановка проблеми. Поряд із розвитком технологій довготривалого зберігання яблук в свіжому вигляді традиційно використовується ефективний спосіб зберігання яблучної сировини в зневодненому стані. Заготівля сушених яблук в обмежених у часі умовах вимагає інтенсифікації технологічних процесів і розробки енергоощадного сушильного обладнання.

З метою інтенсифікації процесів зневоднення останнім часом все більше уваги приділяється об'ємним методам підводу тепла, серед яких прямий нагрів безпосереднім пропусканням електричного струму через висушуваний матеріал [1–2]. При нагріванні біологічних об'єктів змінним електричним струмом, одночасно з підвищенням їх температури відбувається явище електроплазмолізу. Механізм даного явища досить складний та до кінця не вивчений, тому дослідження направлені на визначення закономірностей електроплазмолізу є актуальними.

Основні матеріали дослідження. При пропусканні електричного струму через біологічний об'єкт рослинного походження сила його, в зв'язку з руйнуванням діелектричних мембран клітин, постійно зростає та при повному руйнуванні цитоплазматичних оболонок досягає максимального значення. При цьому відзначається значне зниження електричного опору рослинної сировини, що є критерієм оцінки та керування процесом електроплазмолізу.

Нами проведено дослідження електроплазмолізу яблучної сировини в процесі комбінованого сушіння. Досліди проводилися на експериментальній установці та за методикою, які наведені в роботі [3].

Для проведення опису математичної моделі запропонованого комбінованого способу сушіння з використанням прямого електронагріву необхідно знати залежність електричного опору оброблюваної сировини. Проведені нами дослідження в [4] показують, що опір змінюється протягом всього процесу сушіння та залежить від вологості та температури матеріалу.

Аналітично описати зміну електричного опору сировини на етапі електроплазмолізу практично неможливо, оскільки фрукти і овочі є живими об'єктами та по-різному реагують на пропускання через них електричного струму. Єдиним вирішенням даного питання є отримання емпіричних виразів на основі проведених експериментальних досліджень.

Отримані результати експериментальних досліджень процесу комбінованого сушіння показують [4], що залежності зміни опору фруктів в період електроплазмолізу можна описати рівняннями типу:

$$R = \frac{R_0}{\tau^n}, \quad (1)$$

де R – поточне значення електричного опору сировини в процесі сушіння, Ом;
 R_0 – початкове значення електричного опору сировини, Ом;
 τ – час, с.

Показник степені n характеризує швидкість зміни величини опору і залежить від

температури повітря в сушильній шафі та напруженості електричного поля при прямому електронагріві (рис. 1).

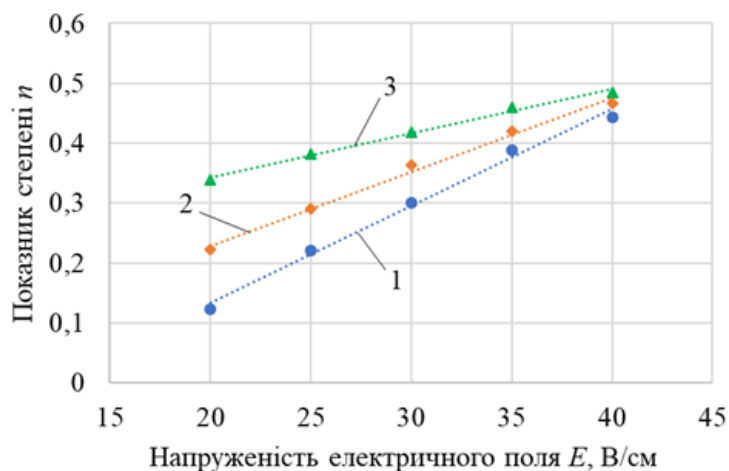


Рисунок 1 Залежності показника степені n від напруженості електричного поля при температурі повітря в сушильній шафі: 1 – 25⁰С; 2 – 40⁰С; 3 – 55⁰С.

За результатами експериментальних досліджень методами лінеаризації функції отримана для виразу (1) емпірична залежність показника степені n від напруженості електричного поля та температури повітря в сушильній шафі:

$$n = 0,511 + (0,0127 - 0,0003E) \cdot (t_{нов} - 82,2) \quad (2)$$

Отримані залежності (1) – (2) справедливі у досліджених діапазонах температури сушильного агента та напруженості електричного поля, а саме 25⁰С < $t_{нов}$ < 55⁰С та 20В/см < E < 40В/см відповідно. Коефіцієнт достовірності апроксимації у всіх випадках лежить в діапазоні 0,975–0,998, що є досить прийнятним та характеризує згладжування, як достовірне.

Висновок. Отримані залежності (1) – (2) для визначення електричного опору сировини на етапі електроплазмолізу можуть стати складовою частиною повного математичного опису комбінованого процесу сушіння яблук, що дає можливість визначати технологічні та енергетичні показники роботи сушильного апарату.

Список використаних джерел

1. Influence of ohmic heating/osmotic dehydration treatments on polyphenoloxidase inactivation, physical properties and microbial stability of apples (cv. Granny Smith) / J. Moreno et al. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2013. Vol. 20. P. 198-207. DOI: [10.1016/j.ifset.2013.06.006](https://doi.org/10.1016/j.ifset.2013.06.006).
2. Tuoxiu Z., Marybeth L. The effect of ohmic heating on vacuum drying rate of sweet potato tissue. *Bioresource Technology*. 2003. Vol. 87, № 3. P. 215-220. DOI: [10.1016/S0960-8524\(02\)00253-5](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(02)00253-5).
3. Савойський О. Ю. Дослідження електроплазмолізу яблучної сировини в процесі комбінованого сушіння. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2020. Вип. 20, т. 4. С. 247-257. DOI: [10.31388/2078-0877-2020-20-4-247-257](https://doi.org/10.31388/2078-0877-2020-20-4-247-257).
4. Савойський О. Ю., Яковлев В. Ф., Сіренко В. Ф. Дослідження комбінованого процесу сушіння високоволової яблучної сировини. *Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2019. Вип. 9, т. 1. DOI: [10.31388/2220-8674-2019-1-33](https://doi.org/10.31388/2220-8674-2019-1-33).

УДК 543.3

ДОСЛІДЖЕННЯ ОКИСНО-ВІДНОВНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ВОДИ

Дьоміна Н. А., к.т.н.

Морозов М. В., к.т.н.

Рожкова О. П., інженер

Таврійський державний агротехнологічний університет ім. Дмитра Моторного,
м. Мелітополь

natalia.domina@tsatu.edu.ua

mykola.morozov@tsatu.edu.ua

olena.rozhkova@tsatu.edu.ua

Актуальність та постановка проблеми. При викладанні дисциплін на спеціальностях факультету агротехнологій та екології в університеті особливу увагу приділяють вивченню актуальних проблем і завдань сучасності з підвищення якості продукції. Якість питної води є однією з них. Одним з багатьох параметрів якості води є окисно-відновний потенціал (ОВП) [1]. Розглянуто залежність ОВП від терміну та умов зберігання для різних видів питної води (кип'ячена, тала, іонізована) та можливість використання антиоксидантних властивостей водних аерозолей у технологіях зберігання плодоовочевої сільськогосподарської продукції. Антиоксидантні властивості визначаються ОВП води. Тому дослідження потенціалу води та використання її властивостей для збереження плодово-ягідної продукції є актуальною задачею. Крім того, представляє інтерес дослідження впливу іонізації води на окисно-відновний потенціал.

Основні матеріали дослідження. У роботах [2,3] розглянуто вимірювання швидкості, дзета-потенціалу і концентрації іонів хрому в стічних водах та технології очищення. Іонізація води та знезараження іонами срібла представлені в статтях [4]. Способи збереження сільськогосподарської продукції у інертному газовому середовищі розглянуто в роботах [5]. Подальше удосконалення методів збереження є актуальним, так як окисно-відновний потенціал (Eh) є мірою окислювальної або відновленої здатності розчину, яка залежить від зміни концентрації іонів H^+ та OH^- у воді та пов'язаний з електродним потенціалом. При електролізі під дією електричного струму вода окислюється на аноді (від'ємний ОВП) та відновлюється на катоді, утворюючи водень H_2 (позитивний ОВП). Рівняння Нернста пов'язує окисно-відновний потенціал з активністю речовин, які беруть участь у електрохімічному рівнянні:

$$E = E_0 + \frac{R \cdot T}{n \cdot F} \ln \frac{a_{Ox}}{a_{Red}} \quad (1)$$

В табл. 1 наведено значення Eh -потенціалу для різних видів питної води різних термінів та умов зберігання. ОВП вимірюється за допомогою комбінованого вологозахисного ОВП з термометром, змінним електродом.

Таблиця 1

Значення Eh -потенціалу для різноманітних видів питної води

Кількість діб, тара	ОВП, мВ													
	7		14		21		28		35		42		49	
	пл.	ск л	пл.	ск л	пл.	ск л	пл.	ск л	пл.	ск л	пл.	ск л	пл.	ск л
Водопр. вода	93	87	93	80	10 2	93	14 9	14 0	11 5	10 7	10 5	94	85	77
Тала вода	90	76	94	87	99	89	14 5	13 9	11 0	11 0	98	94	78	74
Кип'яч. вода	84	75	93	91	89	85	14 4	13 9	11 7	11 1	10 0	92	81	74

На рис. 1 наведено графіки залежності ОВП від терміну зберігання.

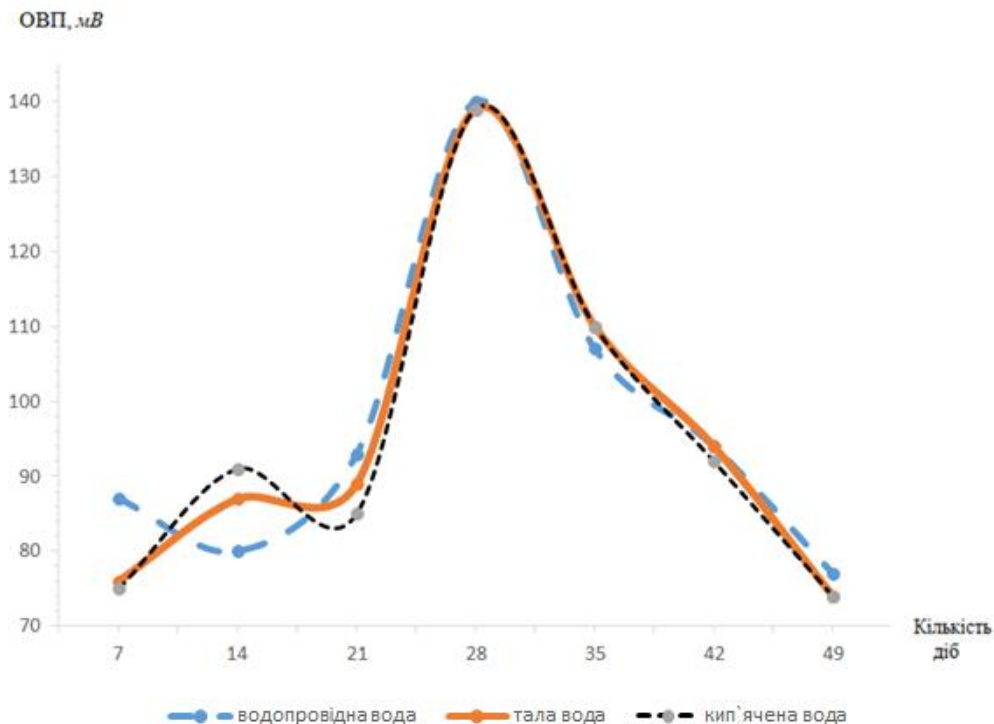


Рисунок 1. Графіки залежності ОВП від терміну зберігання

Висновок. Таким чином, при зберіганні питної води ОВП-потенціал поступово збільшується та досягає насичення внаслідок динамічної рівноваги води з оточуючим середовищем. Вода з від'ємним ОВП-потенціалом сприятлива для споживання. Вода, яка має позитивний потенціал, може бути використана для виготовлення антиоксидантних аерозолей для збереження плодоовочевої продукції. Знання, одержані студентами при вивченні цих питань, допоможуть їм в оволодінні ряду дисциплін, що вивчаються на факультеті агротехнологій та екології.

Список використаних джерел

1. Некрасова Л. П. Проблемы измерения и интерпретации окислительно-восстановительного потенциала активированных вод. *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований*. 2013. № 11, ч. 2. С. 13 -17.
2. Morozov N. V. Simulation and automatization of measurements process in laser interferometry. *Functional Materials*. 2005. Vol. 12, № 1. P. 117–119.
3. Морозов М. В., Мовчан С. І. Методи лазерної доплерівської інтерферометрії вимірювання швидкості та діаметру частинок домішок стічних вод промислових підприємств. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. Мелітополь, 2012. Вип. 12, т. 1. С. 75-79.
4. Галдина А. А., Бондарева А. С., Лемешко М. А. Ионизация воды. *Научная весна*. 2018. С. 14–19
5. Способ хранения овощей, фруктов, ягод и цветов в среде инертного газа и система для его осуществления: Патент RU 2632865 С2: МПК А01F 25/14 (2006.01) / М. Л. Лихвинцев, С. В. Соловьев. заявл. 10.01.2017; опубл. 11.10.2017. Бюл. № 29.

УДК 621.319.7:631.53.027.33

МЕХАНІЗМ ВПЛИВУ ВИСОКОВОЛЬТНОГО ЕЛЕКТРОСТАТИЧНОГО ПОЛЯ НА ВНУТРІШНЮ СТРУКТУРУ НАСІННЯ

Стьопін Ю. О., к.т.н.

stepin2605@gmail.com

*Таврійський державний агротехнологічний університет ім. Дмитра Моторного,
м. Мелітополь*

Актуальність та постановка проблеми. Основною задачею збільшення врожайності сільськогосподарських культур стає підготовка насіння, покращення всхожесті, паростків, дезінфекція насіння тощо.

Метою дослідження є підтвердження позитивного впливу високовольтного електростатичного поля на швидкість та степінь проростання насіння рослин. Найбільш ефективними із досягнутих результатів виявляються процеси прямого впливу електричної енергії, що зосереджувана в електростатичному полі на матеріали, які оброблені без проміжних енергетичних перетворень і, відповідно, без додаткових втрат.

Основні матеріали дослідження. Насіння сільськогосподарських культур у зневодненому стані почувають себе як діелектрики, а при зволоженні – як провідники або напівпровідники, тому їх можна вважати гіроскопічними діелектриками. Відомо, що в електростатичному полі насіння здатні отримувати та віддавати електричні заряди як при контакті з електродом, так й в ізольованому стані завдяки стіканню зарядів з вістрію насіння. Результати експериментів показують, що заряди можуть стікати з вістрію насіння при напруженості електростатичного поля, яка значно менша за критичне значення, і величина цих зарядів змінюється із зміненням температури насіння.

У зневодненому стані насіння володіють дуже великим опором і практично не отримують заряду як при контакті з електродом, так й в ізольованому стані. При зволоженні заряд та розряд інтенсифікуються. Отже, основним фактором, що впливає на ці процеси, можна вважати вологу, тому механізм створення зарядів на насінні слід пов'язувати саме з неї.

Якщо гіроскопічний діелектрик овальної форми розмістити в електростатичному полі в ізольованому стані і надати орієнтацію великою віссю вздовж силових ліній, при певній напруженості зовнішнього електростатичного поля виникає критична напруженість поля на поверхні вістрію і заряди починають стікати з нього, тобто тіло отримує збитковий заряд протилежного знаку. Якщо радіуси діаметрально протилежних поверхонь однакові, заряди стікають майже одночасно з обох вістріїв і тіло практично не заряджується. Невеликий заряд при цьому може з'являтися завдяки різним характеристикам позитивної та негативної корони.

Висновки. Механізм створення електричних зарядів на вістріях насіння пов'язаний із дисоціацією молекул води і розкладанням їх на елементарні заряди – електрони та протони. Із збільшенням напруженості зовнішнього електростатичного поля збільшується інтенсивність дисоціації молекул води. На інтенсивність вивільнення зарядів впливає температура тіла та тиск з боку навколишнього середовища. При обробці насіння в електричному полі в результаті різниці радіусів кривизни діаметрально протилежних вістріїв насіння можуть отримувати позитивний та негативний заряд, наслідком чого в структурі насіння можуть переважати як кислотна, так й лужна складова, в підсумку життєдіяльність насіння може пригноблюватися або стимулюватися.

УДК 662.756.3

ПРИГОТУВАННЯ ЕМУЛЬСІЇ РОСЛИННОЇ ОЛІЇ І ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛЬНОГО ЗА ДОПОМОГОЮ УЛЬТРАЗВУКУ

Кушлик Р. В., к.т.н.

kushlykroman@ukr.net

Репешко В. С., студент

Риженко О. І., магістрант

Таврійський державний агротехнологічний університет ім. Дмитра Моторного,
м. Мелітополь

Постановка проблеми. Для переведу роботи серійно випущеної автотракторної техніки на біопальне для дизелів необхідно не тільки модернізувати штатні системи живлення ДВЗ, але і використовувати різні методи фізико-хімічної обробки пального. Виготовлення сумішевого біопального потребує обробки його компонентів (рослинної олії, метил ефіру ріпакової олії) з дизельним паливом [1]. Дві різнорідні і не змішувані рідини – спирт і рослинна олія при обробці створюють емульсію типу «спирт в олії». Якщо швидкість складної хімічної реакції визначається (лімітується) швидкістю її найбільш повільної стадії, то швидкість елементарних реакцій – їх енергією активації. Її визначають як енергію, необхідну для здійснення ефективного зіткнення молекул, що приводить до хімічної взаємодії. У хімічну взаємодію вступають тільки активні молекули, що володіють енергією, достатньою для здійснення даної реакції. Для перекладу неактивних молекул в активні їм потрібно додати необхідну додаткову енергію – цей процес називається активацією. Від вибору відповідного обладнання або пристроїв для зазначеної стадії процесу, по суті, залежить ефективність використовуваної технології

Основні матеріали дослідження. Ультразвукова обробка є дієвим методом покращення фізичних, хімічних, теплотворних і експлуатаційних властивостей біопалив. Дія ультразвуку на біопальне обумовлена ефектом акустичної кавітації, тобто створенням в рідині пульсуючих бульбашок, заповнених газом. Після короткочасного існування, частина бульбашок захоплюється, при цьому спостерігається локальне миттєве підвищення тиску, температури. Поєднання таких різнорідних фізичних процесів, які діють одночасно на оброблюване пальне сприяє інтенсивній обробці і отриманню стійкої, однорідної емульсії [2,3].

Для отримання таких емульсій можуть використовуватись пристрої механічного, електричного і електромагнітного НВЧ типів [4,5]. В табл. 1 приведено дані про стійкість найбільш широко використовуваних сумішей ріпакової олії і дизельного пального В20 і В33, отриманих механічним шляхом і за допомогою ультразвукових ванн [6].

Таблиця 1

Стійкість емульсій ріпакової олії і дизельного пального

Спосіб отримання емульсії	Час отримання 1 л емульсії, с	Стійкість емульсії, год.	
		В20 20% РО і 80%ДП	В33 33%РО і 67%ДП
Механічний	300	1,5	1,1
Ультразвуковий	60	150	135

Із табл.1 видно, що стійкість емульсії із застосуванням ультразвуку набагато вища, ніж отримана звичайною обробкою перемішуванням.

Для приготування емульсій найбільш широке застосування в низькочастотному діапазоні ультразвуку отримали випромінювачі магніострикційного і

п'єзоелектричного типів. Основу магніострикційного перетворювача складає сердечник із магніострикційного матеріалу (нікелю, спеціальних сплавів або феритів) в формі стержня, або кільця. П'єзоелектричні перетворювачі для даного діапазону частот мають звичайну стержневу конструкцію в вигляді пластини із п'єзокераміки або п'єзоелектричного кристала, зажатою між двома металевими блоками.

При приготуванні емульсій рослинної олії і дизельного пального за допомогою ультразвуку необхідно враховувати, що для кожної речовини існує гранична концентрація отриманої емульсії. Максимальна концентрація емульсії отриманої за допомогою ультразвуку без застосування стабілізуючих речовин, складає в середньому 355 (максимальна концентрація емульсії, отриманих механічним збиванням, менше 15%). Застосування стабілізаторів (емульгаторів) дозволяє отримати емульсії з концентрацією більше 50%.

Висновки. Однією з найважливіших переваг ультразвукової обробки є надто тонке подрібнення біопального (до 0,1...0,05мкм), що змінює його фізико-хімічні властивості. При цьому поліпшується згорання паливної суміші в двигуні внутрішнього згорання (за рахунок подрібнення рідин) і, як наслідок, поліпшення екологічних показників двигуна, покращення змащувальних властивостей обробленого ультразвуком сумішевого біопального.

Список використаних джерел

1. Кушлик Р. В. Сучасні технології для одержання біодизеля. *Енергозабезпечення технологічних процесів: матеріали VII Міжнар. наук.-практ. конф. пам'яті І. І. Мартиненка та з нагоди 85-річчя Таврійського державного агротехнологічного університету* (8-9 червня 2017 р.). Мелітополь, 2017. С. 56–57.
2. Кушлик Р. Р., Назаренко І. П., Кушлик Р. В. Ультразвукова обробка сумішевого біодизеля. *Вісник Сумського національного аграрного університету*. 2016. Вип. 10/1 (29). С. 174-178.
3. Кушлик Р. Р. Експериментальні дослідження біопаливних композицій оброблених електрофізичними методами. *Енергозабезпечення технологічних процесів: матеріали VII Міжнар. наук.-практ. конф. пам'яті І. І. Мартиненка та з нагоди 85-річчя Таврійського державного агротехнологічного університету* (8-9 червня 2017 р.). Мелітополь, 2017. С. 58–60.
4. Кушлик Р. Р. Аналіз впливу ультразвукових, НВЧ і механічних хвиль на в'язкість сумішевого біодизеля. *Проблеми сучасної енергетики і автоматики в системі природокористування: зб. тез доп. VI Міжнар. наук.-техн. конф.* (15-19 травня 2017 р.). Київ, 2017. С. 9-10.
5. Кушлик Р. Р. Спосіб обробки сумішевого біодизеля. *Сучасні проблеми землеробської механіки: зб. тез доп. XVII Міжнар. наук. конф.* (17-18 жовтня 2016 р.). Суми, 2016. С. 195-196.
6. Фадеєв С. А. Улучшение показателей тракторных двигателей при работе на биотопливе обработанном ультразвуком: автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.20.03. Саратов, 2011. 14 с.

Секція 4. Електропостачання та електроенергетичні системи

УДК 378: 628.8.003.13

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ – ОДИН З ГОЛОВНИХ ЧИННИКІВ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ УНІВЕРСИТЕТУ

Радько І. П., к.т.н.

ivan_radko@ukr.net

Наливайко В. А., к.т.н.

nva041@ukr.net

Окушко О. В., к.т.н.

oaleks@ukr.net

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ

Актуальність та постановка проблеми. У часи економічної кризи та значного подорожчання енергоносіїв марнотратне енергоспоживання є завеликою розкішшю. Стає очевидним, що для подолання кризи в енергетичному секторі, для здобуття енергонезалежності країни необхідно виховувати сучасну енергоощадну культуру в усіх сферах життя.

Університет як господарюючий суб'єкт поступово стає базовим інноваційним майданчиком для поширення досвіду і кращих практик енергозбереження.

Ефективне використання енергоресурсів неможливе без дотримання певних стратегічних засад розвитку енергогосподарства університету. Базові положення такої стратегії відображені у Програмі розвитку НУБіП України «ГОЛОСІЇВСЬКА ІНІЦІАТИВА – 2025», а практичний інструментарій її реалізації сформульований у «Комплексній науково-технічній програмі управління енергоефективністю в НУБіП України на 2021-2025 рр.».

Основні матеріали дослідження. Значне підвищення тарифів на енергоносії у 2013 році створило значні проблеми у бюджетуванні видатків на енергозабезпечення університету. Відразу після цього НУБіП України включився в розробку та впровадження організаційних та техніко-технологічних заходів щодо зменшення рівнів енергоспоживання та формування нового середовища для прийняття ефективних управлінських рішень для стимулювання енергозбереження за рахунок внутрішнього потенціалу університету. Також було виконано розробку проектно-кошторисної документації і виконання термомодернізацію будівель навчальних корпусів та студентських гуртожитків шляхом залучення грантових інвестицій.

За період 2014-2020 рр. в університеті сформована цілісна система енергоменеджменту, на базі ННІ енергетики, автоматики і енергозбереження створений центр енергоефективності, який став для інженерних служб та керівників структурних підрозділів своєрідним фаховим підрозділом для моніторингу енерго- та водоспоживання, регулювання режимів теплових пунктів, техніко-економічних обґрунтувань запропонованих заходів тощо.

Завданням першого етапу було визначення загального існуючого та перспективного потенціалу енергозбереження, розроблення і обґрунтування першочергових та перспективних заходів з підвищення енергоефективності.

Найперші кроки стосувались встановлення в усіх будівлях сучасних вузлів обліку для енергоносіїв і води, встановлені сучасні тепловентиляційні пункти з погодозалежним регулюванням подачі теплоносія, що дало змогу виявити випадки нераціонального використання енергоносіїв та адаптивно управляти енерго- та водоспоживанням (в залежності від сезону, навчального періоду, у вихідні та святкові дні, часу доби тощо).

Впроваджена методика нормування лімітів споживання енергоносіїв та постійно

здійснюється моніторинг їх використання.

Показовими щодо оцінювання ефективності діяльності є ретроспективні дані про споживання та видатки коштів за енергоносії і воду в НУБіП України впродовж 2016-2020 років (табл.1).

Вони свідчать, що внутрішні інженерні системи енергоспоживання, будівлі навчальних корпусів, гуртожитків тощо ще містять значний практичний потенціал енергозбереження.

Таблиця 1

**Витрати коштів за споживання енергоресурсів та води в університеті
у 2014-2020 рр., тис грн**

Вид послуги	Фактично сплачено коштів за чинними тарифами, тис грн						
	2014 рік	2015 рік	2016 рік	2017 рік	2018 рік	2019 рік	2020 рік
Теплоспоживання (опалення)	9900	10118	16105	11676	16609	14103	11407
Гаряча вода	2843	3388	6960	6583	4712	6160	4536
Водоспоживання	1296	2349	3271	3417	3552	4915	4330
Електроспоживання	6100	7496	11585	10299	10757	10954	7881
Споживання газу	1007	1449	2334	1531	1980	1483	863
ВСЬОГО:	21146	24800	40256	33507	37612	37616	29019

Сьогодні в університеті функціонує служба енергоменеджменту на основі нормування енерго- та водоспоживання у будівлях, впроваджується спеціалізоване програмно-технічне забезпечення для управління енерго-водоспоживанням, створена система мотивацій для співробітників.

Подальша реалізація програми передбачає впровадження автоматизованих програмно-технічних комплексів для управління режимами енергоспоживання та оцінювання економічної ефективності впровадження заходів з енергозбереження в умовах університету. Сучасні можливості енергоефективного поліпшення будівель і систем, інтелектуального регулювання споживання енергії потребують подальшого розвитку.

Висновки

1. Підвищення енергоефективних технологій в умовах стрімкого підвищення тарифів на енергоносії, можливе лише за умов впровадження організаційних та техніко-технологічних заходів щодо зменшення рівнів енергоспоживання.

2. Запровадження методів енергоефективності дозволяє скоротити споживання енергоносіїв на 20 – 30 % щорічно.

УДК 621.316.13

ОПТИМІЗАЦІЯ ГЕНЕРАЦІЇ ТА СПОЖИВАННЯ В ГІБРИДНИХ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМАХ

Лисенко О. В., д.т.н.

helga_vl@ukr.net

Адамова С. В., інженер

adamova_sv@ukr.net

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного,
м Мелітополь

Актуальність та постановка проблеми. Оптимальне співвідношення окремих елементів в гібридних енергосистемах на основі відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) визначається з урахуванням багатьох важливих факторів, а саме: забезпеченості традиційними джерелами енергії; кліматичними (метеорологічними) умовами; структурою систем енергопостачання і енергоспоживання; вимогами до якості електричної і теплової енергії; вимогами до графіка енергопостачання; екологічними та економічними факторами, тощо. Особливістю локальних енергосистем є потреба в оптимізації складу генеруючих потужностей та їх характеристик, режимів сумісної роботи. Така оптимізація має враховувати особливості споживання енергії, вимоги до надійності забезпечення, наявний потенціал відновлюваних джерел енергії (сонячної, вітрової), вартісні показники. Останнім часом, при зростанні питомої частки ВДЕ в енергетиці, з'являється значна кількість публікацій щодо методів обчислювальної оптимізації для досягнення техніко-економічної ефективності в гібридних системах. Оптимізація здійснюється по економічних показниках, таких як чиста приведена вартість системи, собівартість енергії і т.д. При цьому в якості додаткових умов вимагається певна надійність енергозабезпечення. Ці показники використовуються для визначення технічної та економічної ефективності конкретного проекту.

Основні матеріали дослідження. Особливістю математичного моделювання енергосистеми на базі відновлюваних джерел важливим є врахування таких параметрів, як максимальні, середні та мінімальні досяжні значення потужності, характер розподілу випадкових значень, тобто імовірність певних режимів, а також імовірні темп та амплітуда коливань поточних значень в режимі реального часу. При оптимізації потужностей енергосистеми першочерговим є визначення довготривалих показників, зокрема середніх значень (або математичних сподівань). При цьому змінну складову системи «вітер-сонце» можна представити осередненими показниками, а саме коефіцієнтами використання встановленої потужності.

Представимо баланс потужності в автономній електроенергетичній системі у вигляді

$$P_{\Delta}(t) = P_{Ren}(t) + P_{Ak}(t) - P_L(t), \quad (1)$$

де $P_{Ren} = P_W + P_{PV}$ – потужність відновлюваних джерел енергії (вітру та сонця), що мають випадкову природу;

P_{Ak} – потужність (стан зарядки) акумуляторної батареї;

P_L – потужність навантаження (споживання);

$P_W^0, P_{PV}^0, P_{Ak}^0$ – номінальні потужності.

Зазначені потужності є функціями часу.

Критерій оптимізації, або цільова функція, виходячи з найбільш уживаних вимог до комплексних енергосистем на базі ВДЕ, може мати декілька формулювань.

Для оцінки інвестиційної привабливості важлива сукупна вартість проекту за весь термін експлуатації; для цього визначають так звану «чисту теперішню вартість» з

застосуванням дисконтування капіталу. Генеруюча складова може містити вітрові, сонячні установки, акумулююче обладнання тощо, для яких властиві різні терміни амортизації та рівень експлуатаційних витрат, що важливо враховувати при оптимізації. Вироблена електроенергія, як правило, пропорційна номінальній потужності генеруючого обладнання.

Фізичні обмеження у вигляді рівнянь стану мають вигляд енергетичних характеристик для відповідних джерел, і є детермінованими функціями випадкових величин.

В термінах оптимізації гібридної енергосистеми задача мінімізації собівартості електроенергії, наприклад, відноситься до M -моделі. Інші варіанти M -задачі – забезпечення певної кількості енергії, якщо режим її надходження несуттєвий. Якщо ж задоволення попиту важливе в кожен момент часу, ставиться задача пошуку мінімальної по вартості конфігурації енергосистеми.

Варіантом P -задачі є забезпечення нормативної частоти струму. Тут є обмеження імовірнісні і абсолютні. В свою чергу коливання частоти пов'язані з небалансом потужності, тому відповідні умови можуть бути перераховані в терміни потужності стосовно досліджуваної енергосистеми.

Слід зазначити, що часто в задачах стохастичної оптимізації необхідно спостерігати за змінами математичного очікування і дисперсії одночасно, не допускати перевищення ними заданих значень або допускаючи це перевищення з певною імовірністю. Для вирішення цієї проблеми розглядаються моделі зі змішаними умовами (двокритеріальні та багатокритеріальні задачі), що потребуватиме встановлення ієрархії критеріїв в термінах Парето-оптимальності.

Орієнтування на максимальні відхилення балансу енергії при виборі акумуляторних батарей може призвести до економічно невиправданої їх ємності. Врахування поточного небалансу потужностей вимагає моделювання режимів генерування та споживання енергії як неперервного процесу. При використанні методів типу Монте-Карло елементарною подією може бути реалізація випадкового процесу певної скінченої тривалості. Такий підхід можливий в задачах на оптимізацію інтегральних показників, наприклад вартості чи собівартості. Однак навіть в таких задачах, якщо мова йде про акумулювання енергії чи про комбінування різнотипних джерел енергії, де важливою є послідовність в часі певних значень, бажано розглядати мінімально можливі інтервали часу.

Висновок. Для вирішення задач стохастичної оптимізації застосовують два види методів: прямі і непрямі.

Прямі методи передбачають безпосереднє рішення задачі, описаної системою стохастичних диференціальних рівнянь. До цих методів можна віднести градієнтні методи, методи усереднень, штрафів і ін. Методи подібного типу є досить складними і громіздкими.

Якщо цільову функцію, використовуючи апарат теорії ймовірностей і математичної статистики, можна задати в явному вигляді в залежності від вектора управління, то застосовують непрямі методи вирішення стохастичних задач. У цьому випадку з'являється можливість зведення задачі стохастичної оптимізації до задачі нелінійного програмування, і розробці алгоритму цього зведення.

УДК 621.316.925

ПРОБЛЕМИ ЦИФРОВИХ ПІДСТАНЦІЙ ПО ЗБЕРЕЖЕННЮ ІНФОРМАЦІЙНИХ ПОТОКІВ ДАНИХ

Лобода О. І., к.т.н.

aleks.loboda27@gmail.com

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного,
м. Мелітополь*

Актуальність та постановка проблеми. В даний час одним з напрямків розвитку світової електроенергетики є застосування на енергетичних об'єктах цифрових пристроїв релейного захисту, протиаварійної автоматики, контролерів автоматизованої системи керування, систем комерційного обліку і контролю якості електроенергії. У світі почалося масове реалізація технології керування Smart Grid, впровадження рішень класу цифрових підстанцій, на базі стандартів серії МЕК 61850. Взагалі цифрова підстанція є принципово новим об'єктом з позиції систем керування. У ній забезпечується глибокий моніторинг первинного обладнання і всіх вторинних систем, спрощується процес контролю і керуванню. З позиції концепції Smart Grid, цифрова підстанція - це ефективний енергетичний елемент, що має властивості спостережливості, адаптивності і інтелекту. Проте, створення цифрових підстанцій в енергосистемах викликає велику кількість питань. Найбільш гострі і не до кінця вирішені - це питання кібербезпеки.

Основні матеріали дослідження. Цифрова підстанція виконує ту ж саму задачу як і традиційна підстанція, але існують деякі особливості, наприклад: використання цифрових і оптичних трансформаторів струму і напруги; заміна більшості фізичних аналогових і дискретних трактів цифровими; використання потужних сучасних мікропроцесорних пристроїв, що приведе до збільшення додаткових виконаних функцій і зменшення кількості інших інтелектуальних пристроїв. [1,2]

Слабкою ланкою цифрової підстанції є комунікаційні мережі і канали, а для існуючих підстанцій - системи оперативного постійного струму. В якості можливих загроз з позиції кібербезпеки для цифрових підстанцій можна відзначити наступні: атаки ззовні, через зовнішні цифрові канали зв'язку; невиявлені помилки в програмному забезпеченні пристроїв; внутрішні дефекти програмного забезпечення мікропроцесорних пристроїв, також людський фактор - помилки оперативного та експлуатаційного персоналу.

Для порівняння, зазначимо основні загрози в традиційних підстанціях: порушення ізоляції, що приведе до коротких замикань в ланцюгах; порушення контактів, обрив кабельних зв'язків; пошкодження обладнання; електромагнітна несумісність; помилки оперативного та експлуатаційного персоналу енергооб'єкта.

У традиційних підстанціях основними засобами підвищення надійності і живучості є: дублювання - установка декількох однакових пристроїв; функціональне резервування - реалізація однакових або схожих функцій з використанням різних фізичних принципів; декомпозиція - поділ різних функцій між різними пристроями, фізичне рознесення кабелів і пристроїв, виділення окремих кернів для поділу ланцюгів різних пристроїв; спрощення - застосування простих, зрозумілих і однозначних алгоритмів керування.

При переході від традиційних підстанцій до цифрові на основі стандарту МЕК-61850 відбудеться відмова від таких принципів: від функціонального резервування, тому що комунікаційні мережі (включаючи комутатори і маршрутизатори) працюють на одному і тому ж принципі; відмова від декомпозиції, тому що комунікаційні мережі (включаючи комутатори і маршрутизатори), що забезпечують шини процесів і шини

об'єктів, виконують функції доставки інформації до будь-яких пристроїв моніторингу та керування; відмова від спрощення, тому що алгоритми передачі та обробки цифрової інформації з комунікаційних мереж досить складні.

Для забезпечення надійності та живучості цифрових підстанцій застосовують тільки: дублювання пристроїв; дублювання мереж і каналів зв'язку; функціональне резервування і декомпозиція виключно на рівні електроенергетичних функцій, але не на рівні цифрових технологій.

Складно стверджувати, чи достатньо вищеперелічених способів для забезпечення надійності та живучості цифрових підстанцій. Більш того, можна відзначити, що комунікаційні мережі та мікропроцесорні пристрої цифрових підстанцій універсальні, і без істотної переробки можуть вирішувати будь-які інформаційні завдання в тому числі, не пов'язані з електроенергетикою (наприклад, виконувати свідомо шкідливі функції в процесі кібератаки), чого не можна було сказати про пристрої на традиційних підстанціях (особливо на електромеханічній базі).

Виходячи з аналізу роботи мікропроцесорних пристроїв і систем [3] пропонуються наступні заходи щодо підвищення кібербезпеки цифрових підстанцій і об'єктів електроенергетики в цілому:

- застосування симплексних каналів з односторонньою передачею інформації там, де це досить для виконання прикладної функції;
- поділ інформаційних потоків різних підсистем на фізично не пов'язані, сегменти комунікаційних мереж передачі даних всередині підстанції;
- використання тільки протоколів Ethernet і TCP / IP в комунікаційних технологіях цифрової підстанції;
- застосування для виконання відповідальних функцій керування спеціалізованих протоколів обміну інформацією, що дозволяють передавати тільки ту інформацію, яка потрібна для вирішення конкретного завдання;
- створення виділених сегментів комунікаційних мереж, що використовують для налаштування і перебудови мікропроцесорних і комунікаційних пристроїв;
- застосування міжмережевих екранів, які фізично не дозволяють виконувати несанкціоновані функції.

Висновок.

В тезах представлені деякі актуальні проблеми в області кібербезпеки електроенергетичних об'єктів та систем, що стає важливим в зв'язку з появою цифрових підстанцій у світлі можливості подальшої реалізації концепцій Smart Grid.

Запропоновано ряд підходів, які, дозволять вирішити частину проблем кібербезпеки.

Список використаних джерел

1. Чичёв С. И., Калинин В. Ф., Глинкин Е. И. Методология проектирования цифровой подстанции в формате новых технологий. Москва: Спектр, 2014. 228 с.
2. Шабад М. А. Автоматизация распределительных электрических сетей с использованием цифровых реле: учебное пособие. Санкт-Петербург: Изд. ПЭИпк, 2002.
3. Основы информационной безопасности: учебное пособие / Е. Б. Белов, В. П. Лось, Р. В. Мещеряков, А. А. Шелупанов. Москва: Горячая линия-Телеком, 2006. 544 с.

УДК [620.9+681.138.8]:657

ЗАСТОСУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ КОМЕРЦІЙНОГО ОБЛІКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ У ПРОМИСЛОВОСТІ

Чебанов А. Б., к. т. н.

ab-chebanov@yandex.ru

Жарікова А. О., студентка

annalife91@gmail.com

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного,
м. Мелітополь

Актуальність та постановка проблеми. В умовах ринкової економіки збільшення вартості енергетичних ресурсів призвело сьогодні до необхідності вести точний облік споживання електроенергії. Найпоширенішим видом приладів для вимірювання активної і реактивної енергії є лічильники. Принцип дії індукційних приладів обліку полягає у взаємодії магнітного поля напруженої та струмової котушок з вихровими струмами, що наводяться цими полями в алюмінієвому диску. Але ці лічильники не забезпечують чіткого і постійного контролю потужності [1].

Для гарантування чіткого і об'єктивного обліку, електроенергії актуальним завданням для споживачів є створення на промислових об'єктах автоматизованої системи комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ) [2,3].

Основні матеріали дослідження. Система обліку електроенергії є територіально розподіленою інформаційно-вимірювальною системою з багаторівневою організацією і ієрархічною системою обробки інформації. Кількість рівнів і архітектура побудови системи визначаються на стадії розробки технічного завдання і залежать від складності і кількості енергооб'єктів. Стандартна схема багаторівневих автоматизованих систем представлена на рис. 1.



Рисунок 1. Стандартна схема багаторівневих автоматизованих систем

Нижній рівень забезпечує вимірювання, обчислення і зберігання даних про фактичне споживання електроенергії. Середній рівень виконує збір, зберігання і передачу даних на верхній рівень. Верхній рівень забезпечує ведення бази даних, візуалізацію даних про фактичне споживання електроенергії, формування звітів

За допомогою автоматизованих систем комерційного обліку електроенергії можуть аналізуватися наступні дані: фактичні комерційні витрати електроенергії за будь-який період (миттєві витрати, година, доба, місяць, рік, за весь період вимірювань) в рамках конкретного об'єкта, групи об'єктів, муніципального району, міста, області, регіону і тощо; показники якості енергоресурсів; технічний стан обладнання; технічний стан інженерних мереж; несанкціонований доступ до приладів обліку.

Завдяки АСКОЕ можуть формуватися наступні звіти: обсяги споживання електроенергії за заданий період в табличній і графічній формі (рисунок 2); технічні та комерційні втрати; баланс енергоспоживання по кожному енергоресурсу; журнал подій (позаштатні та аварійні ситуації, стан мереж і обладнання).

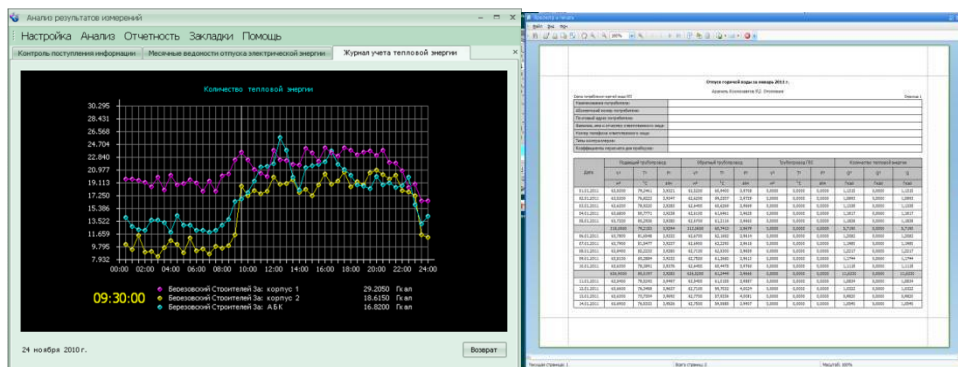


Рисунок 2. Графічна форма; таблиця

Для якісної експлуатації потрібні канали зв'язку: провідний і безпроводний Інтернет; силова електрична мережа (PLC-зв'язок); радіочастота 433МГц або 2,4 ГГц; телефонні канали зв'язку в тому числі GSM data; будь-які інші провідні канали зв'язку.

З використанням АСКОЕ, можна досягти зниження втрат електроенергії за рахунок виявлення фактів їх розкрадання і швидкого виявлення аварійних ситуацій; зниження споживаної потужності на підприємстві в години пікових навантажень енергосистеми за рахунок оперативного контролю та системи лімітування; зниження споживання електроенергії завдяки посиленню дисципліни її використання; зниження витрат на електроенергію за рахунок переходу на оптимальний тариф і зміни графіка роботи цехів і підрозділів відповідно до цього тарифом; виняток штрафів за перевищення заявленої потужності в години максимальних навантажень енергосистеми; зниження числа неоплачених рахунків за рахунок можливості оперативного дистанційного лімітування споживання електроенергії; зниження тимчасових витрат на технічні та управлінські рішення щодо впровадження енергозберігаючих заходів [3,4].

Економічний ефект від впровадження автоматизованої системи обліку електроенергії в середньому складає 5-20% в рік від сумарного споживання). В результаті впровадження АСКОЕ з'являється можливість в будь-який момент отримувати дані про споживання електроенергії, що дозволяє налагодити її раціональне використання. Крім того, можуть бути налагоджені оплата за різними тарифами, обмеження перевитрати, організація багаторівневих систем. Можливість оперативно отримувати дані обліку дозволяє запобігти розкрадання електроенергії [4].

Висновок. Встановлено, що АСКОЕ дозволяє організувати оперативний і достовірний збір інформації, перейти на багатотарифну систему оплати за спожиту електроенергію, скоротити витрати на контролюючий персонал, мінімізувати втрати електроенергії за рахунок контролю, аналізу і виключення нераціонального використання електроенергії в місцях загального користування, автоматизувати виписки рахунків абонентів.

Список використаних джерел

1. Головкин В. И. Энергосистема и потребители электрической энергии. Москва: Энергоатомиздат, 1984. 359 с.
2. Про затвердження Концепції побудови автоматизованих систем обліку електроенергії в умовах енергоринку: наказ М-ва палива та енергетики України від 17 квітня 2000 р. N 32/28/28/276/75/54. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0032558-00#Text> (дата звернення: 13.04.2021).
3. ТелеСистемы. URL: http://www.telesystems.info/uchet_electro (дата звернення: 13.04.2021).
4. Школа електрика. URL: <http://electricalschool.info/main/uchet/1675-primenenie-avtomatizirovannykh-sistem.html> (дата звернення: 13.04.2021).

УДК 621. 315. 004.18

СИСТЕМА КОМПЕНСАЦІЇ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ В СІЛЬСЬКИХ МЕРЕЖАХ ЯК ЗАСІБ СКОРОЧЕННЯ ВИТРАТ

Попова І. О., к.т.н.

irirnapopova54@gmail.com

Курчанов А. А., студент

artiklook@gmail.com

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного,
м. Мелітополь

Актуальність та постановка проблеми. В останні роки спостерігається зріст виробництв і розвиток інфраструктури селищ за рахунок створення виробництв з переробки сільськогосподарської продукції. В зв'язку з цим збільшується число і потужність електроспоживачів, що використовуються на виробництвах в основних і допоміжних циклах, збільшується електрична потужність В залежності від виду обладнання, що використовується, навантаження поділяється на активне, індуктивне й ємнісне. Найбільш часто споживач – це змішане активно-індуктивне навантаження, а саме, асинхронні двигуни, дроселі, в яких реактивна потужність витрачається на створення магнітного поля, так як з мережі споживається як активна, так й реактивна енергія [1,2].

Актуальність та постановка проблеми. Показником споживання реактивної потужності є коефіцієнт потужності $\cos\varphi$, який визначається як

$$\cos\varphi = \frac{P}{S} = \frac{P}{\sqrt{P^2 + Q^2}}, \quad (1)$$

де P , Q , S – відповідно, активна, реактивна і повна потужності споживачів, Вт, Вар, ВА.

При низьких коефіцієнтах потужності і споживачів для забезпечення передачі їм заданої активної потужності треба вкладати додаткові витрати на спорудження більш потужних електростанцій, збільшувати пропускну потужність мереж і трансформаторів та внаслідок цього нести додаткові експлуатаційні витрати. Передача реактивної потужності по мережі призводить до додаткових втрат напруги в них. Розмір втрат активної потужності ΔP в мережі, в залежності від коефіцієнта потужності $\cos\varphi$, активного опору і напруги мережі, визначається

$$\Delta P = \frac{P^2}{U_1^2 \cdot \cos^2\varphi} \cdot r, \quad (2)$$

де U_1 – напруга на початку лінії електропередачі мережі, В;

r – активний опір лінії електропередачі, Ом.

З (2) видно, що втрати потужності зворотно залежать від квадрату напруги і квадрату коефіцієнта потужності $\cos\varphi$, тобто необхідно прагнути до підвищення коефіцієнта потужності, оскільки низький $\cos\varphi$ несе: високі втрати активної потужності в мережі, за рахунок протікання реактивної потужності; великі перепади напруги в мережах; необхідність збільшення габаритної потужності генераторів, перерізів кабелів, потужностей силових трансформаторів.

З цього слід, що компенсація реактивної потужності край необхідна. Основними джерелами реактивної потужності, які встановлюються на місті споживання, є синхронні компенсатори і статичні конденсатори. Найбільш широко використовують статичні конденсатори на напругу до 1000 В і 6-10 кВ. Синхронні компенсатори встановлюють на напругу більше 6-10 кВ районних підстанцій. Статичні конденсатори і синхронні компенсатори є джерелом реактивної потужності. На рис.1а

проілюстрована передача електричної потужності від електростанції G до розподільчої підстанції $T2$: потужність, що передається, становить $P+jQ$ при відсутності компенсації реактивної енергії [3].

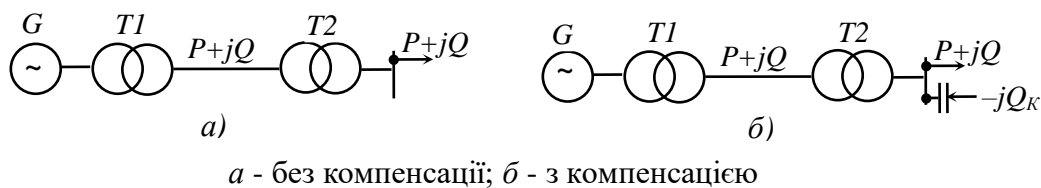


Рисунок 1. Схема електропередачі потужності

При встановленні у споживача статичних конденсаторів потужністю Q_k (рис.1б), комплекс повної потужності, що передається по електромережі, буде дорівнювати $\tilde{S} = P + (jQ_L - jQ_k)$. Реактивна потужність, що споживається від електростанції, зменшується, тобто компенсується на величину потужності, виробленої компенсуючим пристроєм.

Доволі часто у мережі 1000 В і 6-10 кВ використовуються конденсаторні батареї, оскільки вони прості як в експлуатації, так і у монтажу; мають відносно невелику вартість; надійні, оскільки один пошкоджений конденсатор не може впливати на роботу батареї статичних конденсаторів; безпосередні в експлуатації; мають можливість використання як ступеневого, так і плавного регулювання потужності конденсаторної батареї з метою попередження загрозливого підвищення напруги; є фільтрами вищих гармонік струмів. В той час, як синхронні компенсатори при своїй роботі з мережі споживають активну потужність (до 4 % від номінальної виробляємої реактивної потужності); а при роботі в режимі недозбудження є споживачами реактивної потужності та мають значно більшу вартість, ніж конденсаторні батареї при однаковій виробляемій реактивній потужності. На практиці коефіцієнт потужності після компенсації знаходиться в межах від 0,93 до 0,99. Системи компенсації бувають наступних видів: *одиночна* – там де потрібна компенсація потужних (більш 20 кВт) споживачів або споживана потужність постійна впродовж довгого часу; *групова* – у випадку компенсації індуктивних навантажень, підключених до одного розподільчого пристрою або розташованих рядом; *централізована* – для підприємств зі змінною потребою реактивної потужності.

Висновки. Пристрої компенсації дозволяють зменшити втрати активної потужності в мережі, а споживачам електричної енергії дозволяють зменшити витрати реактивної потужності до 30-40 % і зменшити оплату за електроенергію.

Список використаних джерел

1. Попова І. О., Курашкін С. Ф., Попрядухін В. С. Причини і наслідки пошкоджень силових трансформаторів сільських споживчих підстанцій. *Зб. наук. праць Переяслав-Хмельницького держ. пед. унів. ім. Григорія Сковороди*. 2017. Вип. 31. С. 618-621.
2. Курашкін С. Ф., Попова І. О. Механізм пошкодження елементів конструкції силового трансформатора *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка. Сер. Технічні науки*. Харків, 2017. Вип. 186: Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. С. 62-63.
3. Кузьмін В. В., Кирилов І. Г., Малинин С. В. Аналіз средств компенсации реактивной мощности в электрических сетях Украины. *Енергосбережение. Энергетика. Энергоаудит*. 2012. № 5 (99). С. 45-50.

Секція 5. Теорія і практика професійної підготовки фахівців інженерних спеціальностей

УДК 378.147

ТЕХНОЛОГІЯ ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЮ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ СТУДЕНТІВ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ

Лузан П. Г.¹, д.пед.н.

petr.luzan@ukr.net

Тітова О. А.², к.пед.н.

olena.titova@tsatu.edu.ua

¹Інститут професійно-технічної освіти НАПН України, м. Київ

²Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного,
м. Мелітополь

Актуальність та постановка проблеми. Контроль і оцінювання в освітньому процесі закладу вищої освіти є одним із найважливіших засобів мотивації і стимулювання навчально-пізнавальної діяльності студентів. Об'єктами контролю у процесі компетентісно зорієнтованого навчання є знання про навколишній світ, взаємозв'язки і відношення між ними; уміння та навички застосовувати здобуті знання на практиці; досвід творчої діяльності; ціннісні ставлення тощо. Результати аналізу наукових джерел дають підстави стверджувати, що в наявних наукових працях відсутня єдність думок учених щодо розроблення об'єктивних, валідних, надійних методів, форм і технологій оцінювання компетентісних досягнень студентів. Грунтовних методичних розробок потребує і педагогічна практика: узвичаєні, усталені роками методи і форми перевірки знань виявилися вкрай обмеженими для оцінювання компетентісних досягнень студентів.

Такий стан обумовлює потребу в модернізації системи контролю навчальних досягнень здобувачів вищої освіти з використанням об'єктивних діагностичних методик, а також актуалізує вивчення дидактичних проблем, пов'язаних із різними аспектами розроблення та застосування методів об'єктивного оцінювання результатів навчання. Особливо важливим і доцільним видається дослідження методичних аспектів тестового контролю сформованості умінь і навичок у тих, хто оволодіває майбутньою інженерно-технічною діяльністю.

Попри значну кількість публікацій щодо застосування тестового контролю в освіті, на сьогодні бракує методичних науково обґрунтованих рекомендацій щодо створення валідного інструментарію, проведення та оцінювання результатів тестування. Крім цього, помітні розбіжності в поглядах учених стосовно принципів та умов конструювання різнорівневих тестових завдань і тестів загалом, основних технологічних етапів створення тестів успішності, диференціації тестових завдань за ступенем складності тощо. Ці обставини певною мірою перешкоджають ефективному застосуванню тестового контролю як методу об'єктивного вимірювання результатів навчання студентів та актуалізують проблему проектування педагогічного тесту.

Метою дослідження стало обґрунтування технології тестового контролю як валідного методу перевірки та оцінювання результатів навчання студентів на основі положень сучасних теорій дидактичних вимірювань.

Основні матеріали дослідження. У дослідженні ми беремо до уваги, що технологія тестового контролю – це модель педагогічної діяльності, яка відображає процедуру реалізації етапів визначення та формулювання цілей контролю, створення комплектів тестових завдань, проведення перевірки, оцінювання результатів тестування, що при дотриманні певних вимог забезпечує науково обґрунтовані та

об'єктивні результати визначення рівнів навчальних досягнень студентів. Далі безпосередньо охарактеризуємо кожен етап і стадії проектування тестового контролю, перевірки та оцінювання результатів навчання.

I етап (організаційно-підготовчий). *Стадія 1.* Визначення мети та завдань тестування. Мета і завдання тестування залежать від виду контролю. *Стадія 2.* Структурування змісту навчального матеріалу або складання реєстру елементів знань. При структуруванні змісту навчального матеріалу доцільно скористатися освітньо-професійною програмою та навчальною програмою дисципліни. *Стадія 3.* Вибір типу тестових завдань. Основні вимоги до конструювання тестових завдань такі: формулювання змісту тестового завдання студент може сприйняти відразу після першого читання; зміст завдання має бути обмеженим 7 ± 2 порціями інформації; в основі тестового завдання має бути істинне твердження; у змісті завдання не повинно бути суперечливих думок та положень.

II етап (проектувально-експертний). *Стадія 4.* Розробка комплектів тестових завдань та складання тесту. Довжина тесту (кількість тестових завдань) має бути такою, щоб охопити усі важливі питання навчальної дисципліни (поняття, закони, закономірності, гіпотези, факти, структурні складові теорії, методи практичної діяльності та ін.). На цьому етапі обґрунтування технології тестового контролю навчальних досягнень студентів енергетиків доцільно звернути увагу на складність тестових завдань. *Стадія 5.* Експертне оцінювання тестових завдань та тесту викладачами. *Стадія 6.* Перевірка тесту на контрольній вибірці студентів. *Стадія 7.* Аналіз результатів контрольного тестування.

III етап (рефлексивно-діагностичний) *Стадія 8.* Відбір валідних тестових завдань до базового набору. *Стадія 9.* Складання кінцевого тесту. З базового набору тестових завдань відбираються 30-60 (довжина тесту), що в сукупності відображають зміст дисципліни, модуля, теми тощо. *Стадія 10.* Попередня перевірка якості тесту, для якої залучаються студенти (80–100 осіб), які вже оволоділи навчальною дисципліною. *Стадія 11.* Оцінювання валідності та надійності тесту експериментальним шляхом.

IV етап (завершально-технологічний). *Стадія 12.* Проведення тестування. Порядок тестування впливає на валідність цього методу об'єктивного оцінювання результатів навчання. *Стадія 13.* Оцінювання результатів тестового контролю. Згідно з таксономією Б. Блума, рівень знань є найнижчим рівнем когнітивного домену. Саме на цьому рівні засобами тестових завдань перевіряють якість засвоєння понять, фактів, принципів, методів, конструктивних особливостей, технічних характеристик тощо. На рівні розуміння (другий рівень таксономії Б. Блума) перевіряють не тільки володіння знаннями, а й уміння пояснювати факти, підходи, принципи, певним чином інтерпретувати матеріал, здійснювати його перетворення. Для перевірки знань цих рівнів доцільно застосовувати багатовибіркові, перехресні тести. Завдання на відновлення послідовності застосовують для оцінювання рівнів «аналіз» та «синтез».

Висновок. Запропонована технологія дає можливість здійснити валідний тестовий контроль, що відповідає критеріям якості при визначенні рівнів навчальних досягнень студентів. Отже, розробники тестів мають можливість вже не інтуїтивно, а цілеспрямовано, на науковій основі створити базу валідних тестових завдань, сконструювати тест, провести процедуру тестування та оцінювання й отримати об'єктивні, надійні результати перевірки успішності навчання майбутніх фахівців-енергетиків. Перспективи подальших наукових розвідок пов'язуємо з розробкою системи оцінювання якості підготовки фахівців електротехнічних спеціальностей.

УДК 378.147:004:51

ВИКОРИСТАННЯ ДЕВАЙСІВ У НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ ЯК УМОВА РЕАЛІЗАЦІЇ ЕЛЕКТРОННОЇ ОСВІТИ

Сосницька Н. Л., д.пед.н.

natalia.sosnytska@tsatu.edu.ua

Кравець В. І., к.ф.-м.н.

v_i.kravets@ukr.net

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного,
м. Мелітополь*

Актуальність та постановка проблеми: Удосконалення системи освіти, на основі інформаційних технологій, широке впровадження в навчальний процес ІКТ змінюють схему передавання знань і методи навчання. Тобто, на зміну традиційним методам навчання, приходять концепції електронної освіти – навчання за допомогою сучасних інформаційних технологій. Впровадження ІКТ у систему освіти пов'язані із застосуванням комп'ютерів і телекомунікацій, спеціального устаткування, різних пристроїв, програмних та апаратних засобів, систем обробки інформації. Вони пов'язані також зі створенням нових засобів навчання і збереження знань, до яких належать електронні підручники і мультимедіа; електронні бібліотеки й архіви, глобальні та локальні освітні мережі; інформаційно-пошукові та інформаційно-повідомствні системи [2].

Особливої актуальності застосування сучасних технічних засобів навчання фізико-математичних дисциплін набуло в умовах дистанційної та змішаної форм організації освітнього процесу, коли дошки немає ні під рукою викладача, ні, тим більше, у здобувачів вищої освіти [1].

Графічний планшет (дігітайзер) – пристрій, який у поєднанні з методикою його використання в освітньому процесі, дає можливість спростити процес навчання фізико-математичних дисциплін (легко конвертувати в цифровий формат у синхронному режимі написанні від руки формули, схеми, графіки) без використання звичайної дошки [3].

Метою дослідження є визначення особливостей використання графічних планшетів в умовах дистанційного навчання фізико-математичних дисциплін.

Основні матеріали дослідження: Сучасне освітнє середовище на основі ІКТ передбачає застосування сучасних технічних засобів навчання, зокрема, таких найпопулярніших девайсів як:

- графічні планшети;
- графічні інтерактивні дисплеї;
- смарт-блокноти.

Графічні планшети та графічні інтерактивні дисплеї підключаються до комп'ютера або ноутбука. Деякі можуть з'єднуватися зі смартфонами на базі Android. Останнє особливо зручно – навчання можна вести абсолютно із будь-якого місця, де є інтернет. Графічний планшет працює з популярними програмами для проведення відеоконференцій: Zoom, Microsoft Teams, Skype, Google Meet. Графічний планшет – це, по суті, просто електронна дошка, на якій викладач пише або виконує креслення, а отримані результати здобувачі вищої освіти бачать на екрані комп'ютера (ноутбука, смартфона).

До особливостей використання графічних планшетів в умовах дистанційного навчання можна віднести такі:

- зручність конвертувати графічну інформацію в цифровий формат у процесі викладання. Графіки, діаграми, формули, розрахунки тощо, написані від руки на графічному планшеті, будуть конвертовані в цифровий формат, передані на екран в

онлайн-режимі та готові до подальшого використання. Це важливо при навчанні математики та фізики. Наявність комп'ютера і проектора в аудиторії в поєднанні з графічним планшетом дає можливість повністю відмовитися від звичних дошок при оф-лайн навчанні, при цьому є можливість збереження інформації в цифровому форматі з можливістю подальшого розповсюдження всім учасникам процесу для доопрацювання і позааудиторної роботи. Така організація навчального процесу сприяє самовираженню здобувачів вищої освіти і викладачів.

- повноцінне відчуття присутності в аудиторії при дистанційному навчанні. Такі програми для відеоконференцій як Microsoft Teams, Zoom та Google Meet мають функцію дошки і підтримують використання перового вводу. І будь-який учасник конференції може за допомогою графічних планшетів «писати» на електронній дошці.

- не потрібно міняти манеру викладання. Графічні планшети допомагають викладачам істотним чином взаємодіяти із здобувачами вищої освіти, зображуючи на екрані те, що вони звичайно зображують на дошці, пояснювати складні явища та процеси.

- виконання і перевірка домашніх завдань. Здобувачі вищої освіти можуть легко виконувати завдання в звичному режимі ручного запису, і тут же мати цю інформацію в цифровому форматі, без перешкод відправляти результат викладачу по електронній пошті або іншими зручними способами. Викладач, в свою чергу, може ввести свої зауваження від руки в електронну версію документа і відправити його здобувачам.

Висновок. Використання графічного планшета на лекційних, практичних, лабораторних заняттях дозволяє оптимально використовувати різні методи та форми навчання, раціонально використовувати час лекційного заняття; індивідуалізувати та диференціювати процес навчання, а також активізувати психічні процеси здобувачів вищої освіти для стимулювання їх пізнавальної активності і самостійності; підвищити ефективність педагогічної діяльності і, як наслідок якість засвоєння матеріалу.

Список використаних джерел

1. Сосницька Н. Л. Дистанційне навчання – тренд сучасної освіти. *Розвиток сучасної науки та освіти: реалії, проблеми якості, інновації*: матеріали Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конф. (м. Мелітополь, 27-29 травня 2020 р.). Мелітополь, 2020. С. 170-174.

2. Ставицька І. В. Інформаційно-комунікаційні технології в освіті. URL: http://confesp.fl.kpi.ua/sites/default/files/teza_stavicka_onlayn.pdf (дата звернення: 16.04.2021).

3. Яловега І. Г. Використання графічного планшета при проведенні синхронних практичних занять з математичного аналізу в умовах дистанційного навчання. *Фізико-математична освіта*. Суми, 2020. Вип. 1 (23), ч. 2. С. 95–101. DOI: 10.31110/2413-1571-2020-023-1-2-015.

УДК 378.147

ФОРМУВАННЯ ПРОФЕСІЙНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ МАЙБУТНІХ ІНЖЕНЕРІВ-ПЕДАГОГІВ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПРОФІЛЮ НА ОСНОВІ ПРОБЛЕМНОГО НАВЧАННЯ

Кривильова О. А., д.пед.н.

Krivileva.lena@gmail.com

Бердянський Державний педагогічний університет, м. Бердянськ

Актуальність та постановка проблеми. Основним завданням закладів вищої освіти в умовах сьогодення є забезпечення необхідного рівня підготовки фахівців, здатних до ефективної професійної діяльності, швидкої адаптації, які володіють сучасними технологіями своєї спеціальності, вміннями використовувати здобуті знання і навички в процесі вирішення швидкозмінних професійних завдань. Очікуваним кінцевим результатом такої підготовки передбачено сформованість загальних і фахових компетентностей. У Законі України «Про освіту» компетентність - це «динамічна комбінація знань, умінь, навичок, способів мислення, поглядів, цінностей, інших особистих якостей, що визначає здатність особи успішно соціалізуватися, провадити професійну та/або подальшу навчальну діяльність» [3]. Так, стандартом вищої освіти України першого (бакалаврського) рівня зі спеціальності 015 «Професійна освіта (за спеціалізаціями)» передбачено надбання майбутніми фахівцями інтегральної компетентності, а саме: здатності розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми в професійній освіті, що передбачає застосування певних теорій і методів педагогічної науки та інших наук відповідно до спеціалізації і характеризується комплексністю та невизначеністю умов [2].

Досягнення максимальної ефективності цього процесу може здійснюватися шляхом активізації навчання, яке базується на принципах проблемного навчання.

Значний внесок у розкриття проблеми інтелектуального розвитку та концепції проблемного навчання внесли П. Гальперін, І. Лернер, М. Махмутов, Н. Менчинська, Н. Талізїна та інші. Проте, питання використання проблемних методів навчання у професійній підготовці майбутніх інженерів-педагогів, зокрема енергетичного профілю, залишається актуальним та потребує подальшого вивчення.

Основні матеріали дослідження. Методи проблемного навчання стимулюють інтерес майбутніх інженерів-педагогів енергетичного профілю до оволодіння обраною спеціальністю, розвивають дієвість знань і сприяють ранній професіоналізації.

Залежно від рівня розумової активності здобувачів вищої освіти виділяємо такі методи проблемного навчання: проблемно-інформаційний – передбачає активізацію мисленнєвої діяльності на основі створення проблемних ситуацій (результат – виділення та прийняття проблемного завдання); частково-пошуковий – ґрунтується на включенні до розв'язання пізнавальних завдань (результат – розуміння, прийняття пізнавального завдання, досвід), дослідницький – спрямований на включення у самостійне розв'язання пізнавального завдання з використанням необхідного обладнання (результат – систематизація, узагальнення, закріплення, практичне застосування знань, удосконалення навичок самостійної навчально-пізнавальної діяльності) [1].

Прикладом використання дослідницького методу проблемного навчання майбутніх інженерів-педагогів енергетичного профілю є індивідуальна навчально-дослідна робота – вид творчої та науково-дослідної роботи здобувачів вищої освіти, яка містить результати дослідницького пошуку, відображає певний рівень загальної або фахової компетентності та креативності.

Метою індивідуального навчально-дослідного завдання постає: самостійне вивчення частини програмового матеріалу; систематизація, узагальнення, закріплення та практичне застосування знань із навчальних курсів; удосконалення навичок самостійної навчально-пізнавальної діяльності; наочне відображення результатів творчо-пошукової діяльності та прилюдна презентація.

Так, зміст дисципліни «Основи наукових досліджень» зорієнтовано на формування здатностей, як-то: застосовувати у практичних ситуаціях основні закони навчання; використовувати технічні об'єкти та методики професійної підготовки в галузі енергетики; обліковувати та аналізувати управління технологічним процесом та процесом професійної підготовки в енергетики.

Формування окреслених здатностей сприяють досягненню програмних результатів: вирішувати практичні завдання на різних етапах здійснення педагогічного процесу на основі інтегрування та адаптування знань законів навчання; здійснювати творче перетворення педагогічних та інженерних об'єктів, прагнучі нових та нестандартних рішень професійних завдань, на основі знань видів та особливостей здійснення розумових операцій; виявляти проблеми і ідентифікувати обмеження, що пов'язані з проблемами охорони навколишнього середовища, сталого розвитку, здоров'я і безпеки людини та оцінками ризиків в галузі енергетики.

Змістом індивідуального навчально-дослідного завдання є завершена теоретична або практична робота в межах навчальної програми курсу, яка виконується на основі знань, умінь та навичок, отриманих під час лекційних, семінарських занять, самостійної підготовки й охоплює декілька тем або весь зміст навчального курсу.

Структура індивідуального навчально-дослідного завдання містить: науковий апарат дослідження, перелік основних понять, діагностичний інструментарій, результати дослідження, загальні висновки, використані джерела.

Найкращі зразки творчих робіт оформлюються для подальшої участі в конференціях, конкурсах тощо. Майбутні інженери-педагоги енергетичного профілю готують доповіді, презентації та тези для оприлюднення результатів наукових досліджень.

Висновок: використання методів проблемного навчання у професійній підготовці майбутніх інженерів-педагогів енергетичного профілю має суттєвий вплив на формування їхньої професійної компетентності, зокрема здатності аналізувати та оцінювати ризики, проблеми у професійній діяльності й обирати ефективні шляхи їх вирішення.

Список використаних джерел

1. Кривильова О. А. Особливості використання методів проблемного навчання у психолого-педагогічної підготовці майбутніх викладачів професійно-технічних навчальних закладів. *ScienceRise: Pedagogical Education*. Харків, 2017. № 3 (11). С. 20–25.

2. Про затвердження стандарту вищої освіти 015 «Професійна освіта (за спеціалізаціями)» для першого (бакалаврського) рівня вищої освіти: Наказ МОН України від 21.11.2019 р. № 1460. URL : <https://mon.gov.ua/storage/app/media/vishcha-osvita/zatverdzeni%20standarty/2019/11/22/2019-11-22-015-B.pdf> (дата звернення: 21.04.2021).

3. Про освіту: Закон України від 05.09.2017 р. № 38-39. URL : <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19> (дата звернення: 21.04.2021).

УДК 378.147

ПАРАДИГМА СТУДЕНТОЦЕНТРОВАНОГО НАВЧАННЯ ФІЗИКИ В СИСТЕМІ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ ІНЖЕНЕРНИХ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ

Сосницька Н. Л., д.пед.н.

natalia.sosnytska@tsatu.edu.ua

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного,
м. Мелітополь

Актуальність та постановка проблеми. Організація освітнього процесу на засадах методологічних підходів (системного синергетичного, компетентнісного, діяльнісного, особистісно орієнтованого) та загальних дидактичних і специфічних принципах професійної підготовки майбутніх фахівців інженерних галузей передбачає реалізацію нової парадигми навчання Європейського простору вищої освіти – студентоцентрованого навчання [1]. За таких умов, студентоцентроване навчання фізики визначаємо як середовище для самореалізації особистості, яке має більшою мірою ґрунтуватися на суб'єкт-суб'єктній основі, коли посилена і чітко виділена роль самого здобувача вищої освіти в освітньому процесі.

Необхідність розробки середовища студентоцентрованого навчання фізики пов'язана зі значущістю цієї дисципліни для формування світогляду здобувачів вищої освіти, а саме – цілісне уявлення про фундаментальні фізичні закони, оволодіння основними ідеями й методами сучасної фізичної науки, розуміння теоретичних основ професійно-орієнтованих дисциплін. Знання основ фізики потрібні майбутнім фахівцям інженерних спеціальностей не тільки у практичній і професійній діяльності, а спроможні забезпечити формування багатовимірного комплексу якостей особистості, яке можливе за наявності у здобувачів вищої освіти стійкого інтересу до пізнання як цієї дисципліни, так і відповідної наукової галузі, до розуміння наукової картини світу.

Основні матеріали дослідження. Головний спосіб реалізації студентоцентрованого навчання фізики – це зробити навчання сферою самоствердження особистості через спільну діяльність здобувача вищої освіти та викладача, яка має не лише зовнішні спільні атрибути, а й своїм внутрішнім змістом передбачає співпрацю, саморозвиток суб'єктів освітнього процесу, виявлення їх особистісних функцій. Головною вимогою при цьому є незмінно шанобливе ставлення до особистості здобувача вищої освіти як повноцінного і рівноправного партнера в будь-якій спільній діяльності [2, 3].

Отже, зміст курсу фізики як фундаментальної дисципліни у професійній підготовці фахівців інженерних спеціальностей не може бути засвоєний лише на рівні знань, навичок та умінь. Тут потрібна мова внутрішніх особистісних сенсів здобувачів вищої освіти, яка забезпечує цілісне пізнання предмета через розуміння самого себе, і через це розуміння може зрозуміти навколишнє. У цьому контексті компонентами пізнавальної діяльності з фізики в системі професійної підготовки фахівців інженерних спеціальностей виділяємо мотиваційний, змістово-діяльнісний та емоційно-вольовий.

Мотиваційний компонент: доцільність; пізнавальна потреба; пізнавальна зацікавленість; пізнавальна ініціатива; позитивне ставлення до пізнавальної діяльності; спрямованість на навчальну діяльність; варіативність; соціально-економічна захищеність; запит на фахівця.

Змістово-діяльнісний компонент: система базових знань, методів, засобів та форм навчання; прикладне використання знань; мислительні процеси; здатність до самостійної перетворювальної розумової діяльності (передбачення; конструктивне

мислене моделювання; переконструювання; перенесення знань в інші умови; встановлення внутрішньо-предметних, міжпредметних та міждисциплінарних зв'язків).

Емоційно-вольовий компонент: організованість; вдумливість; старанність; цілеспрямованість; наполегливість; самокритичність; впевненість; прагнення до самовдосконалення; схильність до аналізу і дискусії; почуття власної гідності; вільне волевиявлення.

Ефективність результату навчання фізики за такої моделі залежить від:

- вихідного рівня інтелектуального розвитку й освіченості здобувачів вищої освіти;
- усвідомленості ними мотивації до здобуття вищої освіти й наявності нахилів до професійної діяльності за обраною спеціальністю;
- методичного забезпечення, організації й оснащеності освітнього процесу, що сприяють оволодінню здобувачами вищої освіти теоретичними знаннями і практичною підготовкою на високому рівні відповідно до змісту освітніх професійних програм;
- підтримки рефлексії (самоосвіта, самоконтроль й самооцінка) адекватними практичними й модельними засобами;
- рівня кваліфікації викладача, його педагогічної майстерності й творчого потенціалу, методологічної та методичної зрілості.

Висновки. Реалізація парадигми студентоцентрованого навчання фізики в системі професійної підготовки фахівців інженерних спеціальностей здійснюється за напрямками:

- методологічної переорієнтації освітнього процесу з інформаційних аспектів вивчення навчальної дисципліни «Фізика» до розвитку особистості;
- фундаментальної фізико-математичної підготовки через розкриття загальнокультурного потенціалу наукового знання з фізики, її спрямування на формування особистості, здатної до гармонії з природою, навколишнім середовищем і самою собою;
- організації освітнього процесу з фізики з огляду на пізнавальні можливості та інтереси здобувачів вищої освіти на різних етапах їх професійної підготовки.
- використання інноваційних технологій навчання фундаментальної навчальної дисципліни «Фізика», що забезпечує активність та індивідуальний темп повного засвоєння курсу здобувачами вищої освіти.

Список використаних джерел

1. Рашкевич Ю. Студентоцентроване навчання та його відображення в освітніх програмах. URL: file:///C:/Users/user/Downloads/Rashkevych_HERE_Kyiv_July8_2016_1.pdf (дата звернення: 03.04.2021).
2. Sosnickaya N., Kryvylova O. Formation of social skills as a step towards competitiveness in the labor market of future specialists of energy profile. *2020 IEEE Problems of Automated Electrodrive. Theory and Practice (PAEP)*. Kremenchuk, 2020. P. 1-4. DOI: 10.1109/PAEP49887.2020.9240836.
3. Sosnytska N., Titova O. The Engineer's Creative Potential Scales. *2020 IEEE Problems of Automated Electrodrive. Theory and Practice (PAEP)*. Kremenchuk, 2020. P. 1-4. DOI: 10.1109/PAEP49887.2020.9240882.

УДК 378.147:004

ІЗ ДОСВІДУ ВИКОРИСТАННЯ PREZI VIDEO

Алексєєва Г. М., к.пед.н.

alekseeva@ukr.net

Бердянський державний педагогічний університет, м. Бердянськ

Актуальність та постановка проблеми. Світова практика пандемії виокремила єдину приємну її тенденцію саме в прогресі у сфері програмного забезпечення для віддалених комунікацій. Розвиток та використання інформаційно-комунікаційних технологій в системі освіти націлено на зміну традиційних форм організації освітнього процесу, де головним принципом навчання є абстрагування навчального матеріалу [1].

Мета дослідження: визначити основні можливості використання PREZI VIDEO на прикладі досвіду Бердянського державного педагогічного університету.

Основні матеріали дослідження. В сучасному світі шаленими темпами йде переорієнтація освіти для умов дистанційного навчання: месенджери, органайзери, програми для презентацій тощо [2]. Але не всі вони мають саме такий набір інструментарію, яку нам представила Prezi, яка випустила програму для презентації поверх відеоконференцій з дуже добре реалізований механізмом зумінгу (зміна масштабу зображення в процесі перегляду). Prezi.com — це веб-сервіс, за допомогою якого можна створити інтерактивні мультимедійні презентації з нелінійною, ієрархічною структурою

Якщо у першій версії сервісу (2009) позиціонувався тільки альтернативний традиційний підхід до презентацій за допомогою слайдів. Альтернатива вкладає в том, що замість слайдів у вас був простір, в якому ви розміщували інформацію, а потім приєднувались і віддавалися від неї як за подорожі по міру вашої ідеї.

Але невдало реалізовані нові можливості анімації, якої не повинно бути багато (презентація перетворюється в аналог американських гірок із схожим ефектом: через 10 хвилин наблизень та крученій кружиться голова, а зміст неможливо відслідкувати), призвели до зворотного ефекту. Тому за 10 років сервіс якісно не змінено.

Лише в канун пандемії (2019) було додано інфографіку, що призвело до презентації в доповненій реальності. Можливість одночасно бачити і слайд і виступаючого на одному екрані і для цього достатньо відкрити сервіс у браузері або завантажити додаток!

Сервіс Prezi Video простий у використанні, та має: багато шаблонів; можливість вставити зміст без шаблону; імпорт з PowerPoint; режим відображення слайдів на весь екран на лету; робота з браузера або з додатків; підтримка всіх популярних сервісних відеоконференцій: Zoom, Cisco Webex, GoToWebinar, GoToMeeting, Google Hangouts, Microsoft Teams, OBS; можливість записати відео.

І ще одна важна властивість - все безкоштовно, якщо вам не потрібен офлайн-доступ, режим звітування, аналітика, експорт в PDF або підтримка за телефоном.

На прикладі дисципліни «Шкільний курс інформатики» для студентів Бердянського державного педагогічного університету [3] ми розробили серію відеоматеріалів засобами Bandicam (програми для записування відео з екрану комп'ютера) (рис.1). та сервісу Prezi Video (рис.2)

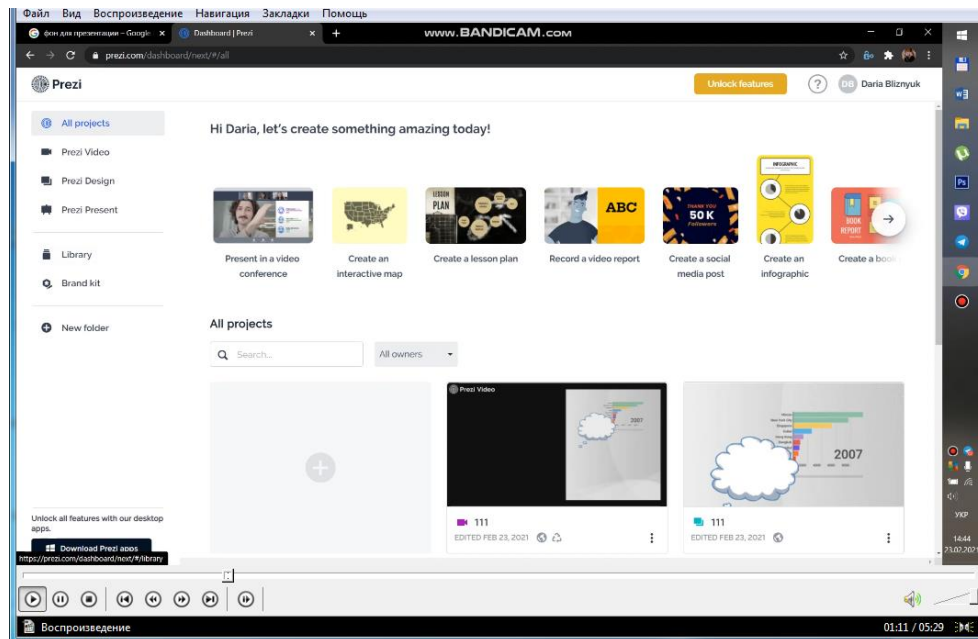


Рисунок 1. Фрагмент запису методичного матеріалу засобами Bandicam

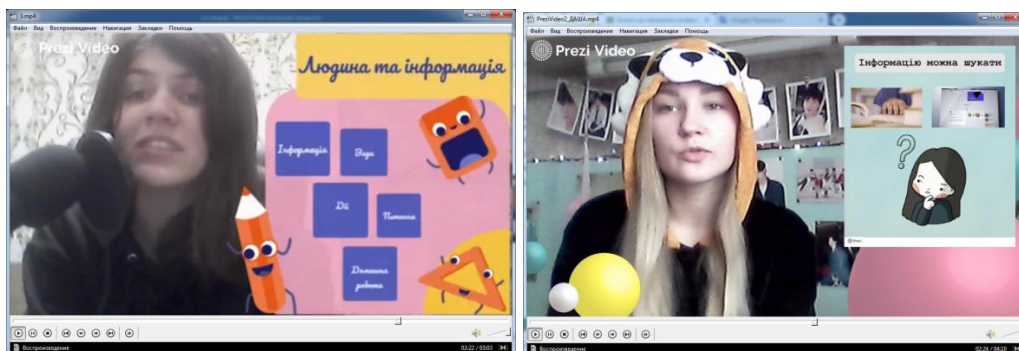


Рисунок 2. Фрагменти відеолекцій засобами PREZI VIDEO

Висновки. Таким чином, використання PREZI VIDEO не тільки сприятиме підвищенню мотивації до навчання, але й дозволяє економити навчальний час, поєднуючи інтерактивність і мультимедійну наочність, що в кінцевому результаті призведе до кращого засвоєння інформації.

Список використаних джерел

1. Нищак І. Д., Моштук В. В. Комп'ютерна графіка: навч. посібник. Дрогобич: РВВ ДДПУ ім. І.Франка, 2007. 352 с.
2. Овсянніков О., Алексєєва Г. Комп'ютерне середовище науково-дослідної роботи студентів інженерно-педагогічних спеціальностей комп'ютерного профілю як об'єкт проектування. *Молодь і ринок*. 2019. № 9 (176). С. 107-111. DOI: [10.24919/2308-4634.2019.182241](https://doi.org/10.24919/2308-4634.2019.182241).
3. Ожга М. М. Проблеми графічної підготовки майбутніх інженерів-педагогів у наукових дослідженнях. *Проблеми інженерно-педагогічної освіти*. 2012. №. 34-35. С. 226-233.

УДК 519.6:621.315

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ У НАУКОВИХ РОБОТАХ СЕКЦІЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА

Назарова О. П., к.т.н.

olha.nazarova@tsatu.edu.ua

Дьоміна Н. А., к.т.н.

natalia.domina@tsatu.edu.ua

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного,
м. Мелітополь

Актуальність та постановка проблеми. Математичне моделювання є основним розділом при написанні наукових робіт студентів. Знання і застосування математичних методів дає можливість отримати модель для прогнозу характеристик. Використання програмних пакетів MathCad, SPSS, Statistica істотно полегшує розрахунки. Як приклад розглянемо моделювання характеристик опалення теплиць. Процес теплообміну в наземних теплицях істотно відрізняється від теплообміну, що відбувається в теплиці, так як бічні стіни з ґрунтовою масою володіють великою інерційністю. Природно, це впливатиме на формування температурно-вологісного, радіаційного та режиму освітленості теплиці. Програмна реалізація розрахунків виконана в пакеті MathCad.

Виклад основного матеріалу. В даний час все більшого практичного значення набуває вирішення завдань, спрямованих на теплофізичну достовірність розрахунків, що характеризують процеси формування енергетичних режимів в сільськогосподарських виробничих будівлях, на поліпшення теплозахисних якостей огорожувальних конструкцій і вдосконалення систем опалення та вентиляції цих будівель [2,3] Обґрунтувати субстрат ґрунтових теплиць електричною енергією в залежності від кліматичної зони.

Розраховуючи математичну модель, умовно переміщуємо культивацийну споруда в різні кліматичні зони. Фізична картина процесу сонячної теплиці представлена на рис. 1.

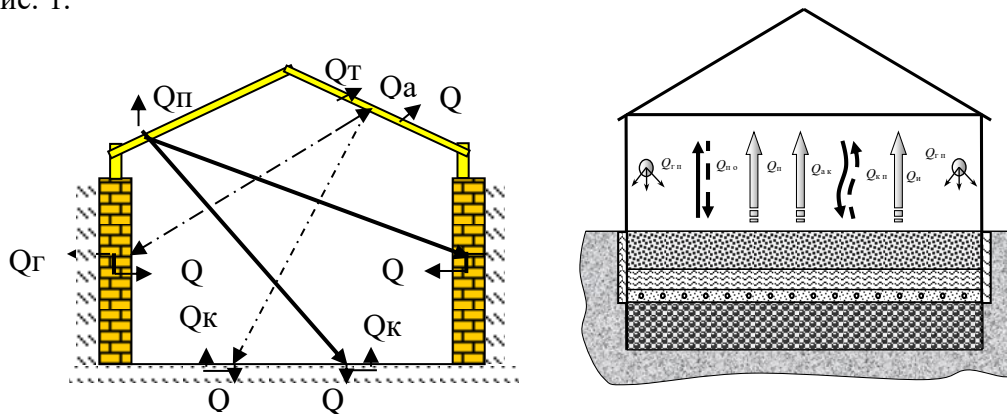


Рисунок 1. Схема перетворення надходження сонячної радіації та схема культивацийної споруди з енергетичними потоками

Енергетичний потік від підсистеми обігріву субстрату обчислюється за формулою (1):

$$Q_i = \frac{1.5\pi\lambda(t_{\hat{e}} - t_i)}{s \ln\left(\frac{2s}{\pi d_{\hat{e}}} \operatorname{sh} \frac{2h_{\hat{e}}}{s}\right)} \quad (1)$$

Характер протікання теплових процесів в траншейній теплиці відрізняється від характеру протікання процесів в наземній теплиці, вона володіє великою інерційністю. Це вимагає більш реального обліку інерційності й точного розв'язання рівнянь теплопровідності.

Уміння розраховувати температурний режим неопалюваних споруд необхідно і для визначення термінів включення і відключення обігріву культивацийних спорудах, що і призведе до економії енергоресурсів і отриманню високоякісних сільськогосподарських продуктів.

У роботі вирішується математична модель теплотехнічних розрахунків по регіонам країни протягом року з урахуванням зміни розподілу температури ґрунту по глибині, сонячної радіації, швидкості вітру, а також вводяться коефіцієнти теплиць і затіненості.

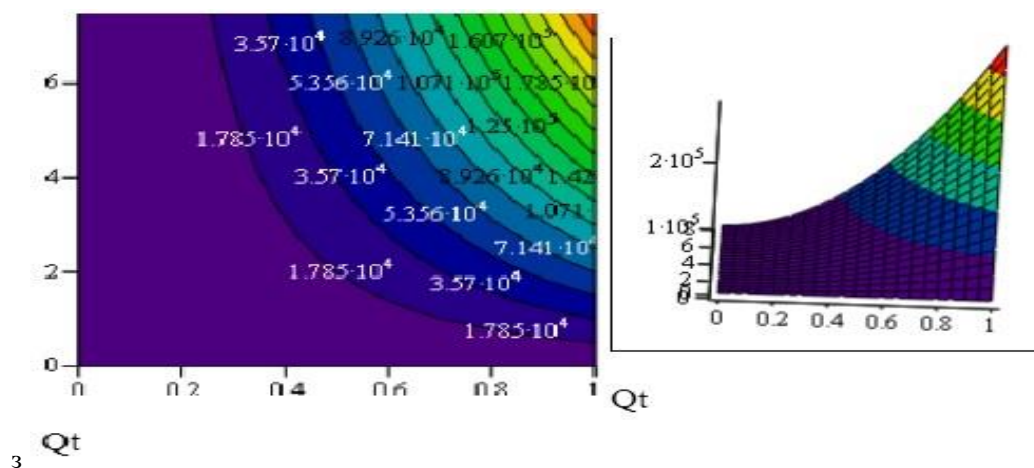


Рисунок 2. Залежність потужності ґрунтового підігріву від коефіцієнту тепловіддачі

В роботі розглядаються основи математичного моделювання мікроклімату теплиці траншейного типу. На основі математичної моделі розроблена номограма визначення температури повітря в теплиці в залежності від кількості сонячної радіації по регіонах країни.

Висновок. Процес обігріву ґрунту можна досліджувати та отримувати залежності енергомасообміну за допомогою сучасної комп'ютерної програми MathCad. Розроблена математична модель обігріву ґрунту електричним способом, зроблений розрахунок основних параметрів обігріву ґрунту. Таким чином, методи математичного моделювання забезпечують наукові дослідження студентів.

Список використаних джерел

1. Кочкин С. В. Математическое моделирование обогрева почвы грунтовых теплиц. *Сборник научных трудов НГТУ*. 2006. № 1 (43). С. 81-86.
2. Назарова О. П. Моделювання параметрів мікроклімату теплиць для ґрунтів Запорізької області. *Тенденції та перспективи розвитку науки і освіти в умовах глобалізації*: матеріали Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конференції. Переяслав, 2020. Вип. 65. С. 513-516.
3. Назарова О. П. Автоматизація економічних розрахунків трансформаторів. *Тенденції та перспективи розвитку науки і освіти в умовах глобалізації*: матеріали Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конференції. Переяслав, 2021. Вип. 67. С. 587-590.

УДК 004.94:519.68

**МОДЕЛЮВАННЯ У ЛАБОРАТОРНОМУ ПРАКТИКУМІ
КУРСУ «ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
МАГІСТЕРСЬКИХ ПРОГРАМ»**

Морозов М. В., к.ф.-м.н.
Халанчук Л. В., інженер

mykola.morozov@tsatu.edu.ua

larysa.khalanchuk@tsatu.edu.ua

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного,
м. Мелітополь*

Актуальність та постановка проблеми. Комп'ютерне математичне моделювання знаходить все більш широке застосування у лабораторному практикумі з різних курсів, наприклад, «Фізичні основи сучасних інформаційних технологій» [1-3]. Методи моделювання використовують також для організації імітаційних лабораторних робіт з вивченням електромагнітних коливань, розгляду низькорозмірних квантових систем різноманітних квантових точок та гармонічного аналізу. Для моделювання відповідних процесів та побудови графіків використовується програмне забезпечення MathCad та Scilab. Розглянуто, як приклад, моделювання стану електрона у пірамідальних та конічних квантових точках [4-5]. Впровадження імітаційних лабораторних робіт на базі комп'ютерного моделювання в курсі «Фізико-математичне забезпечення магістерських програм» є актуальною задачею та дозволяє підвищити ефективність занять. Крім того, особливий інтерес представляє розробка методичного забезпечення лабораторних робіт «Моделювання пірамідальної квантової точки» та «Моделювання конічної квантової точки».

Виклад основного матеріалу. Дисципліна «Фізико-математичне забезпечення магістерських програм» формує у магістрів спеціальності «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» фундаментальні знання з таких розділів вищої математики та математичної фізики як теорія поля, рівняння Максвелла для електромагнітного поля в інтегральній та диференціальній формі; гармонічний аналіз та застосування рядів Фур'є; рівняння математичної фізики та застосування рівняння Шредінгера для стаціонарних станів електрона у квантових точках. Розглянемо стан S-електронів у пірамідальній (тетраедальній) квантовій точці без оболонки (рис. 1).

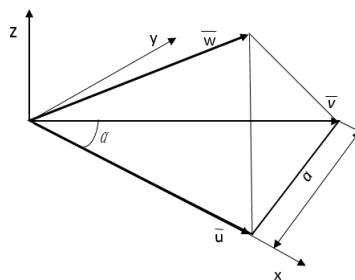


Рисунок 1. Тетраедальна квантова точка

Зв'язок між прямокутними декартовими та косокутними координатами має вигляд:

$$u = x - \frac{y}{\operatorname{tg}\alpha} \quad v = \frac{y}{\sin\alpha} \quad w = \sqrt{\frac{3}{2}}z \quad (1)$$

$$x = u + \frac{v}{2} \quad y = \frac{v\sqrt{3}}{2} \quad z = \sqrt{\frac{2}{3}}w \quad (2)$$

Використовуючи коефіцієнти Ламе, отримаємо оператор Лапласа і відповідне рівняння Шредінгера для хвильової функції $\psi(u, v, w)$ для стаціонарних станів:

$$\frac{\partial^2 \psi}{\partial u^2} + \frac{\partial^2 \psi}{\partial v^2} + \frac{3}{2} \frac{\partial^2 \psi}{\partial w^2} + k^2 \psi(u, v, w) = 0 \quad (3)$$

Рішення рівняння (3) має вигляд:

$$\psi(u, v, w) = A \cdot \text{sink}_1 u \cdot \text{sink}_2 v \cdot \text{sink}_3 w. \quad (4)$$

Використовуючи граничні умови, знаходимо хвильові числа:

$$k_1 = \frac{\pi}{a} n_1 \quad k_2 = \frac{\pi}{a} n_2 \quad k_3 = \frac{\pi}{a} n_3 \quad (5)$$

де n_1, n_2, n_3 – цілі квантові числа, a – довжина ребра тетраедра.

Дискретні власні значення енергії дорівнюють:

$$E_{n_1, n_2, n_3} = \frac{\hbar^2}{8ma^2} \left(n_1^2 + n_2^2 + \frac{3}{2} n_3^2 \right). \quad (6)$$

На рис. 2 представлено графіки відносної ($A=1$) щільності ймовірності знаходження електрона у заданій точці області пірамідальної квантової точки при $z_1 = \frac{a}{2n_3}$:

$$\rho(x, y, z_1) = \sin^2 k_1 \left(x - \frac{y}{\text{tg} \alpha} \right) \cdot \sin^2 k_2 \frac{y}{\text{sin} \alpha} \quad (7)$$

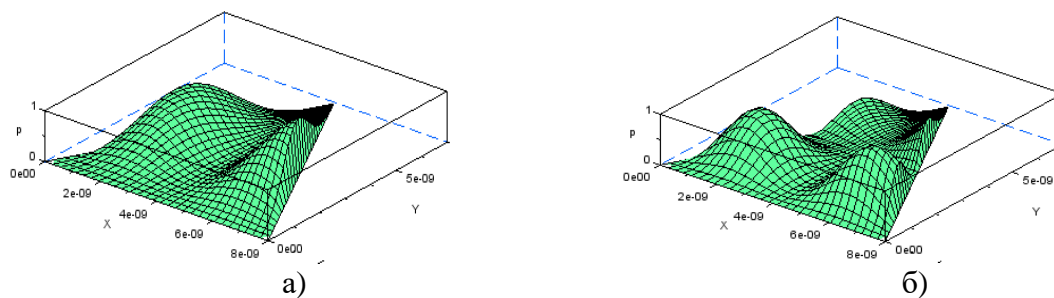


Рисунок 2. Графіки відносної щільності ймовірності знаходження електрона у заданій точці області пірамідальної квантової точки:

а) $n_1 = 2, n_2 = 1$; б) $n_1 = n_2 = 2$

Висновок. Таким чином, методи математичного комп'ютерного моделювання забезпечують організацію та проведення імітаційних лабораторних робіт з поглибленим вивченням різноманітних кванторозмірних гетеросистем курсу «Фізико-математичне забезпечення магістерських програм».

Список використаних джерел

1. Sosnytska N., Morozov M., Khalanchuk L. Modeling of Electron State in Quantum Dot Structures. *2020 IEEE Problems of Automated Electrodrive. Theory and Practice (PAEP)*. Kremenchuk, 2020. p. 1-5.
2. Сосницька Н. Л., Морозов М. В., Онищенко Г. О., Халанчук Л. В. Моделювання кванторозмірних гетеросистем та методичне забезпечення курсу «Фізичні основи інформаційних технологій». *Науковий вісник Львівської академії. Сер. Педагогічні науки*. 2019. Вип. 5. С. 415-421.
3. Усанов Д. А., Скрипаль Ал. В. Компьютерное моделирование микро и наноструктур: учебное пособие. Саратов, СГУ, 2008. 100 с.
4. Lozovski V., Piatnytsia V. The Analytical Study of Electronic and Optical Properties of Pyramid-Like and Cone-Like Quantum Dots. *Journal of Computational and Theoretical Nanoscience*. 2013. Vol. 8. P. 2335–2343. DOI: 10.1166/jctn.2011.1965.
5. Hayrapetyan D. B., Chalyan A. V., Kazaryan E. M., Sarkisyan H. A. Direct Interband Light Absorption in Conical Quantum Dot. *Journal of Nanomaterials*. 2015. № 1. P. 1-6.

УДК 378.147

РОЛЬ МІЖПРЕДМЕТНИХ ЗВ'ЯЗКІВ У ПРОФЕСІЙНІЙ ПІДГОТОВЦІ ФАХІВЦІВ ІНЖЕНЕРНОГО ПРОФІЛЯ

Іщенко О. А., к.т.н.

olha.ishchenko@tsatu.edu.ua

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного,
м. Мелітополь*

Актуальність та постановка проблеми. В умовах активних інноваційних змін, що відбуваються в науці і техніці, від сучасного інженера потрібні інтеграційні творчі вміння, готовність до здійснення багатофункціональної науково-дослідницької діяльності. Підготовка таких фахівців ставить перед викладачами закладів вищої освіти актуальне завдання: забезпечити в процесі навчання реалізацію компетентнісного підходу, один з шляхів реалізації якого є використання у процесі навчання міжпредметних зв'язків. Міжпредметні зв'язки «відображають комплексний підхід до виховання і навчання, дозволяють вичленувати головні елементи змісту освіти. Вони формують конкретні знання студентів, розкривають гносеологічні проблеми, без яких неможливе системне засвоєння основ наук». «Завданнями цих зв'язків є інтеграція математичних знань з іншими навчальними предметами та створення умов для формування індивідуальної освітньої траєкторії розвитку професійних інтересів студентів» [1].

Основні матеріали дослідження. Метою освітньо-професійної програми є «формування особистості фахівця, здатного розв'язувати спеціалізовані задачі та вирішувати практичні проблеми в галузі електричної інженерії, що передбачає застосування теорій і методів сучасної науки». Для будь-якого спеціаліста інженерного профілю дуже важливим є використання базових знань з математики, без яких неможлива формування його професійної компетентності. На прикладі застосування математичного апарату булевих функцій для логічного синтезу контактних структур продемонструємо міждисциплінарні зв'язки вищої математики з рядом дисциплін професійного блоку: «Апарати керування та захисту», «Автоматизовані системи управління технологічними процесами», «Теоретичні основи автоматизації». «Основи електроприводу», «Електроніка та мікросхемотехніка», тощо.

Нехай задані умови роботи деякої контактної схеми. Щоб побудувати структуру роботи відповідно з цими умовами, необхідно здійснити її логічний синтез, тобто виконати певні операції, в результаті яких розробник отримає повну інформацію про те, як повинні бути поєднані між собою контактні елементи. У більшості практичних випадків логічний синтез зводиться до знаходження однієї або декількох булевих функцій, які описують роботу шуканої структури. В загальному випадку послідовність дій при синтезі контактних структур полягає в наступному:

- 1) визначаємо число n - контактних елементів; 2) будуємо таблицю всіх n -розрядних двійкових чисел, в яких згідно з прийнятою інтерпретацією логічних змінних нуль позначає початковий стан контактних елементів, а одиниця – його активний стан (кнопка натиснута, реле включено та ін.). Тоді кожне n -значне двійкове число таблиці можна розглядати як n -розрядний набір станів контактних елементів; 3) кожному двійковому числу n -розрядному числу ставимо у відповідність одиницю або нуль (записуємо їх праворуч від n -розрядних двійкових чисел) в залежності від того, повинна структура бути провідною або розімкнутою; 4) отриману таблицю розглядаємо як таблицю відповідності (істинності), за якою знаходимо СДНФ булевої функції (або СКНФ); 5) мінімізуємо булеву функцію; 6) за мінімальною формою будуємо задану схему.

Наприклад, знайдемо мінімальну контактну структуру, яка працює згідно умовам: кнопки A, B, C, D керують лампочкою: лампочка горить, якщо одночасно натиснути кнопки B і C , або одночасно натиснуті кнопки A, C, D , а кнопка B не натиснута, або одночасно натиснуті кнопки C і D , а кнопки A та B не натиснуті. У задачі сформульовано три умови, при яких лампочка горить. Для зручності кожній з них поставимо у відповідність окрему функцію. Відповідно до першої умови лампочка горить, якщо натиснуті кнопки B і C . Отже, функція f приймає одиничне значення на всіх наборах, на яких $B=C=1$. Всього існує чотири таких набори: 0110, 0111, 1110, 1111. Відповідно до цього у таблиці 1 на перетині рядків 6,7,14,15 і колонки f записуємо одиниці, а всі інші місця – нулями.

Таблиця 1

Варіанти 4-розрядного набору станів контактних елементів та функції

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
A	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
B	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1
C	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
D	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
f_1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1
f_2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
f_3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

У результаті отримуємо СДНФ: $f=(6,7,14,15)$. У другому випадку усі кнопки: лампочка загоряється всякий раз при $A=C=D=1, B=0$, тобто контактна структура замкнута тільки на одному наборі 1011. В колонці f_2 , на перетині з рядком 11 записуємо одиницю, у всіх інших рядках ставимо нулі. СДНФ функції має вигляд $f_2=(11)$. У третьому випадку також згадуються всі 4 кнопки: лампочка горить при наборі 0011 СДНФ функції має вигляд $f_3=(3)$. Згідно умові задачі всі три функції необхідно об'єднати в одну. У результаті такого об'єднання СДНФ функції отримаємо: $f=f_1+f_2+f_3=(3,6,7,11,14,15)$. Після мінімізації функція приймає вигляд $f=C(B+D)$, Даний варіант функції дає оптимальний розв'язок задачі.

При застосуванні розглянутого алгоритму здійснюється формування таких необхідних для інженерів - енергетиків загальних компетенцій як здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу, здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях; важливих фахових компетенцій: «здатність до моделювання режимів роботи електроенергетичного, електротехнічного та електромеханічного обладнання»; «можливість визначити і забезпечувати оптимальні режими роботи виробничого устаткування»[2].

Висновок. Отже використання міжпредметних зв'язків та прикладних завдань в навчальному процесі дозволить створити цілісне й системне уявлення студентів про структуру і зміст курсу математики та її значення для майбутньої професійної діяльності; цілеспрямовано формувати початкові професійні знання, навички та вміння під час вивчення цих предметів

Список використаних джерел

1. Михайленко І. В., Нестеренко В. О. Методичні засади розробки інтегрованих елективних курсів для студентів технічних ВНЗ. *Фізико-математична освіта*. 2016. Вип. 4 (10). С. 79-82.
2. Освітньо-професійна програма "Електроенергетика, електротехніка і електромеханіка". URL: <http://www.tsatu.edu.ua/wp-content/uploads/enerhetychnyj-fakultet-opp-141.pdf> (дата звернення: 13.04.2021).

УДК 378.147:53

РОЗВИТОК ЕКОЛОГІЧНОГО МИСЛЕННЯ У ФАХІВЦІВ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПРОФІЛЮ ПІД ЧАС ВИВЧЕННЯ ЗАГАЛЬНОГО КУРСУ ФІЗИКИ

Дяденчук А. Ф., к.т.н.

alena.dyadenchuk@tsatu.edu.ua

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного,
м. Мелітополь

Актуальність та постановка проблеми. Екологізація освіти на всіх її ланках та цілеспрямоване формування екологічних компетентностей є запорукою реалізації цілей сталого розвитку. Відповідно до Рішення N13/6-19 від 20.12.2001 «Про концепцію екологічної освіти в Україні» одним із основних стратегічних напрямків розвитку екологічної освіти є «формування поколінь з новою екологічною культурою, новим екологічним світоглядом на принципах гуманізму, екологізації мислення, ... з метою збереження і відновлення природи України та її біологічного різноманіття» [1]. У Національній стратегії розвитку освіти в Україні на період до 2021 року зазначено, що екологізація освіти має стати у сфері освіти одним із стратегічних напрямів державної політики [2].

Важливим аспектом екологізації освіти є зміна самого мислення учасників освітнього процесу. Яскраво виражається тенденція до екологізації науки в інтеграції технічних наук, які все частіше звертаються до проблематики і цінностей про людину і суспільство, та гуманітарних наук, які все більше використовують здобутки технічних наук. Впровадження нових технологій у всі сфери діяльності людини призводить до перевантаження оточуючого середовища продуктами життєдіяльності людини, призводячи до екологічних проблем [3]. Таким чином, формування екологічного мислення стає одним з пріоритетних напрямків сучасної освітньої системи, яка вирішується в контексті гуманізації та гуманітаризації природничо-наукових дисциплін.

Відповідно до вищевикладеного, метою дослідження є впровадження в процес підготовки фахівців енергетичного профілю комплексного підходу, що сприятиме засвоєнню знань, а також формуванню системного екологічного мислення в загальному курсі фізики.

Основні матеріали дослідження. Процес формування екологічного мислення при вивченні загального курсу фізики повинен містити мотиваційний компонент і бути направлений на формування потреби здобувачів вищої освіти в оволодінні фізико-екологічними знаннями, вміннями і навичками, усвідомлення ними життєвої необхідності освоєння екокультурних знань, готовності до їх застосування в майбутній професії і практичній діяльності.

Розглянутий у процесі навчання матеріал має розкривати як технічну сторону досліджуваної теми (фізичні фактори), так і містити екологічну складову (параметри взаємодії суспільства і природи, оцінка впливу досягнень науки і техніки на організм людини і навколишнє середовище тощо).

Формування екологічного мислення в загальному курсі фізики є комплексним завданням, при вирішенні якого питання екології слід розглядати комплексно і систематично, узагальнивши на міжпредметній основі. Щоб фізико-екологічні знання не носили фрагментарного характеру і відповідали вимогам, пропонований підхід повинен складатися з комплексу основних напрямів.

Рефлексивний компонент екологічної культури передбачає зацікавленість в постійному засвоєнні і присвоєнні екологічних знань, що співвідносяться з власними

способами діяльності, так під час аудиторних занять з майбутніми енергетиками вже на початкових етапах навчання у закладі вищої освіти доцільно проводити бесіди на теми: «Методи та принципи освоєння і використання чистих джерел енергії», «Методи використання вторинних матеріальних і паливно-енергетичних ресурсів», «Шляхи зменшення втрат енергії та кількості викидів забруднювачів» тощо.

Ознайомити здобувачів вищої освіти з кількісними характеристиками екологічних ситуацій, оцінкою наслідків впливу людини на середовище можна за допомогою складання і розв'язання задач екологічного змісту.

Одним із дієвих напрямів формування екологічного мислення в позааудиторний час є орієнтація тематики досліджень на вирішення екологічних проблем [4]. Крім того, в ході виконання подібних проєктів студенти вчаться самостійно отримувати та осмислювати нову для них інформацію.

Висновок. Як свідчить практика, реалізація екологізації освіти буде впроваджуватися поступово, оскільки потребує конструктивної взаємодії освітніх, наукових і природоохоронних установ, передбачає усвідомлення еколого-економічних і моральних імперативів, які диктуються перспективами розвитку цивілізації. Для формування екологічної відповідальності в здобувачів вищої освіти вихідними є принципи систематичності, безперервності і міждисциплінарності екологічної освіти і технічних наук.

Список використаних джерел

1. Про концепцію екологічної освіти в Україні: Рішення колегії МОН України від 20.12.2001 № 13/6-19. URL <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v6-19290-01#Text> (дата звернення: 13.04.2021).
2. Про національну стратегію розвитку освіти в Україні на період до 2021 року Указ президента України від 25 червня 2013 р. № 344. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/344/2013#n10> (дата звернення: 13.04.2021).
3. Пшенична Н. С., Дяденчук А. Ф. Формування екологічної грамотності здобувачів освіти шляхом інтеграції знань із фізики та хімії. *Роль і місце психології і педагогіки у формуванні сучасної особистості*: зб. тез міжнар. наук.-практ. конф. (м. Харків, 10-11 січня 2020 р.). Харків, 2020. С. 24-28.
4. Шквиря В. В., Дяденчук А. Ф. Формування екологічного мислення студентів під час виконання науково-дослідних проєктів. *Наукові записки молодих учених*. 2020. S. 1, п. 6. URL: <https://phm.cuspu.edu.ua/ojs/index.php/SNYS/article/view/1773> (дата звернення: 13.04.2021).

УДК 378.147

ОСОБЛИВОСТІ ДИСТАНЦІЙНОГО НАВЧАННЯ В УМОВАХ КОМПЕТЕНТІСНОГО ПІДХОДУ

Нестерчук Д. М., к.т.н.

dina.nesterchuk@tsatu.edu.ua

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного,
м. Мелітополь*

Актуальність та постановка проблеми. Особливості розвитку дистанційної освіти характеризуються її актуальністю під час світової пандемії, тому її популярність зростає, особливо в аспекті забезпечення неперервної освіти протягом життя людини. Головними є можливості, що надає дистанційна форма навчання, а саме, можливість отримувати освіту без відриву від виробництва, економія ресурсів та часу, можливість навчатися у зручному форматі та вдосконалювати професійну майстерність або набувати нових знань і навичок [1]. Прогнозоване зростання ролі дистанційного навчання вимагає відповідного методичного забезпечення процесу навчання, вивчення особливостей її організації, обґрунтування можливості формування певних якостей того, хто навчає, й того, хто навчається, в процесі дистанційної освіти.

Основні матеріали дослідження. Взаємодія учасників освітнього процесу у закладі вищої освіти (ЗВО) є важливішим чинником успішного функціонування університетської спільноти. Дистанційне навчання є процесом взаємодії між викладачами й здобувачами вищої освіти, які ізольовані у просторі. Сучасна дистанційна освіта – це розгалужена система передачі знань на відстані за допомогою різних засобів і технологій, яка сприяє отриманню здобувачами вищої освіти необхідної інформації для використання у практичній діяльності [2] з урахуванням компетентісного підходу. Компетентісний підхід є ключовим методологічним інструментом реалізації цілей Болонського процесу та є студентоцентрованим за змістом. Особливостями використання дистанційного навчання в процесі підготовки фахівців в ЗВО в умовах компетентісного підходу є: організація самостійної роботи студентів та її контроль без значних затрат часу викладача; методичний супровід вивчення певної дисципліни, доступ до якого у студента є в будь-який час та з будь-якого пристрою, який має можливість виходу в мережу Інтернет; забезпечення розв'язання достатньої кількості тренувальних та тестових вправ щодо формування фахової компетентності без витрат аудиторних годин; забезпечення міждисциплінарної інтеграції в процесі фахової підготовки [1]. При цьому необхідно враховувати умови організації взаємодії між викладачем і здобувачами вищої освіти, подання інформації, проведення консультацій, здійснення підсумкового контролю, вікову групу студентів й вимоги компетентісного підходу, а також дисциплінованість щодо своєчасного надання відповідей поточного та рубіжного контролів. Аналіз літературних джерел [1, 2, 4] дозволив визначити головні переваги дистанційної форми навчання: доступність всім верствам населення; відсутність необхідності відвідувати лекції і практичні (лабораторні); демократичний зв'язок «викладач – здобувач вищої освіти»; комплексне програмне забезпечення; провідні освітні технології; індивідуальний процес навчання; гнучкі консультації.

В Таврійському державному агротехнологічному університеті імені Дмитра Моторного при підготовці здобувачів вищої освіти за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» діє Освітній портал, який є практичною реалізацією впровадження однієї з сучасних систем дистанційного навчання – системи Moodle, яке є дієвою платформою для реалізації дистанційного навчання [4]. В середовищі Moodle здобувачі ступеню вищої освіти отримують: доступ до змісту електронних навчальних курсів навчальних дисциплін (конспекти лекцій,

завдання до практичних й лабораторних та завдання й рекомендації до самостійної роботи; додаткові матеріали (книги, довідники, посібники та методичні розробки), а також до засобів для спілкування і тестування; засоби для групової роботи; можливість перегляду результатів проходження дистанційного курсу студентом; можливість перегляду результатів проходження тесту; можливість спілкування з викладачем через особисті повідомлення, форум та чат; можливість завантаження файлів з виконаними завданнями; можливість використання нагадувань про події в навчальному курсі [2]. Власний багаторічний досвід при підготовці майбутніх фахівців у галузі електроенергетики показав, що взаємодія зі студентом при дистанційному навчанні є дуже важливим чинником, а спілкування з ним через Освітній портал дозволяє розвивати у студента універсальні комунікативні вміння, які будуть безумовно корисні для його подальшої професійної діяльності.

Вважаю за доцільне зазначити, що дистанційне навчання створює нові виклики для дотримання норм і правил академічної доброчесності, так як для студентства виникає можливість списування одне у одного, а для викладача – проблема справедливого та об'єктивного оцінювання виконаних завдань. Тому необхідно спонукати студентство чесно й самостійно виконувати завдання, а саме, викладач повинен проговорювати слова подяки студенту при самостійному виконанні завдань; викладач повинен проводити щотижневе контрольне тестування за темами дисципліни; викладач повинен надавати додаткові пояснення складного матеріалу як кожному студенту, так й для всієї групи. Процес дистанційного навчання можна охарактеризувати як: гнучке поєднання самостійної пізнавальної діяльності студентів з різними джерелами інформації, навчальними матеріалами, спеціально розробленими по даному курсу; оперативна і систематична взаємодія з провідним викладачем курсу; групову роботу за типом навчання в співробітництві з учасниками даного курсу; обмін думками, інформацією з учасниками курсів, а також з будь-якими іншими партнерами, в тому числі і закордонними за допомогою мережі Internet. Раніше домінуючий чинник - фаховий рівень, підтверджений дипломом, сьогодні виявляється недостатнім. На передній план висуваються вже не знання, вміння та навички, а професійна компетентність, як більш складна соціально-особистісна структура, що базується на цінностях, спрямованості, знаннях, досвіді, набутих особистістю як у процесі навчання, так і поза ним.

Висновок. Таким чином, дистанційне навчання, як одна з форм отримання освіти, може допомогти вирішити завдання, що стоять перед системою освіти з наданням широким верствам населення доступної і якісної освіти в сучасних соціально-економічних умовах.

Список використаних джерел

1. М'ястковська М., Кобилянська І. Перспективи розвитку дистанційної освіти в контексті компетентнісного підходу. *Педагогіка безпеки*. 2019. № 1. С. 72-77.
2. Нестерчук Д. М. Дистанційне навчання на основі системи Moodle для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». *Розвиток сучасної науки та освіти: реалії, проблеми якості, інновації*: матеріали Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конф. (м. Мелітополь, 27-29 травня 2020 р.). Мелітополь: ТДАТУ, 2020. С. 208-211.
3. Положення про програму навчання здобувачів вищої освіти - силабус / В. М. Кюрчев, О. П. Ломейко, А. О. Смелов, А. А. Костякова, О. В. Гранкіна, Д. М. Нестерчук, Г. Г. Тараненко. Мелітополь: ТДАТУ, 2019. 17 с.
4. Волконська О. Д., Добровольська Н. В. Дистанційне навчання на основі системи Moodle. *Матеріали міжвузівського вебінару* (м. Вінниця, 31 березня 2017 р.) Вінниця, 2017. С. 50-53.

Алфавітний покажчик авторів

Mykola Buryk	29	Лузан П.Г.	114
Mykola Ostroverkhov	29	Майбородіна Н.В.	9, 95
Kvitka S.	35	Макенов П.С.	23
Zharikova A.	35	Мансур Ануар	31
Адамова С.В.	106	Миронець С.Д.	38
Алексєєва Г.М.	122	Морозов М.В	13, 99 ,126
Біляєва А.С.	70, 87	Назарова О.П.	124
Бражнік В.К.	31	Наливайко В.А.	104
Бурлаков А.В.	21	Нежурін В.І.	33
Вдовін Б.В.	19, 62	Нестерчук Д.М.	54, 60, 132
Вовк О.Ю.	46	Нікульча М.В.	54
Волкова І.Д.	27, 89	Облещенко А.Д.	56, 80
Герасименко В.П.	9, 95	Окушко О.В.	104
Грищенков О.С.	25	Паталах Д.Г.	11,
Дьоміна Н.А.	99, 124	Подус О.Р.	11,
Дяденчук А.Ф.	13, 15, 130	Попова І.О.	17, 23, 43, 68, 112
Жарікова А.О.	73, 110	Постнікова М.В.	50,58,62,66,70,75,80,85,89
Жук А.В.	66	Радько І.П.	104
Іванов М.В.	68	Репешко В.С.	102
Іванова Д.В.	83	Риженко О.І.	102
Іщенко О.А.	128	Родін Б.О.	60,
Квітка С.О.	40, 48, 56,	Рожкова О.П.	99
Кідалов В.В.	15	Савойський О.Ю.	97
Коваль С.Д.	75	Сідельников Б.Ю.	78, 85
Ковальов О.В.	9, 38, 52, 64, 78, 95	Соловей Т.С.	33
Кравець В.І.	116	Сосницька Н.Л.	13, 116, 120
Кривильова О.А.	118	Стьопін Ю.О.	101
Кривцов Д.О.	54,	Стьопкін В.В.	31
Кувасв В.Ю.	33	Тиховод С.М.	11,
Курашкін С.Ф.	19, 27, 73, 83, 87	Тітова О.А.	114
Курчанов А.А.	112	Халанчук Л.В.	126
Кушлик Р.В.	102	Цвентух М.Ю.	60
Лисенко О.В.	106	Чебанов А.Б.	110
Лобода О.І.	108	Яковлєв В.Ф.	92

ІНФОРМАЦІЙНЕ ВИДАННЯ

МАТЕРІАЛИ

III Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції
пам'яті В. В. Овчарова
“Сучасний стан та перспективи розвитку
електротехнічних систем”

15 квітня - 29 квітня 2021 р.

Відповідальний за випуск: Квітка С.О., завідувач кафедри електротехніки і електромеханіки імені професора В.В. Овчарова Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного
Редактор: Квітка С.О., Нестерчук Д.М.
Дизайн і верстка: Щербина М.О.

Секретар організаційного комітету:

Нестерчук Діна Миколаївна, тел. 097-439-6458

Адреса оргкомітету конференції:

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, факультет енергетики і комп'ютерних технологій, кафедра електротехніки і електромеханіки імені професора В.В. Овчарова, ауд. 1.125
пр-т Богдана Хмельницького, 18,
м. Мелітополь, Запорізька область,
72310, Україна
e-mail: dina.nesterchuk@tsatu.edu.ua
Сайт конференції: <http://www.tsatu.edu.ua/etem/internet-konferencija/>