

**Міністерство освіти і науки України
Національна академія наук України
Національний технічний університет
"Дніпровська політехніка"
Вроцлавський технічний університет
Ройтлінгенський технічний університет
Регіональний контактний пункт HORIZON 2020
"Безпечна, чиста та ефективна енергетика"**

МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ 2019

МЕТА КОНФЕРЕНЦІЇ

Обговорення проблем енергозбереження та енергоефективності, а також актуальних питань, що виникають при розробці та експлуатації електрообладнання, економічних та екологічних аспектів електроенергетики, нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії

28 – 29 листопада 2019 року

Дніпро

НТУ "ДП"

Міжнародна науково-практична конференція енергозбереження та енергоефективність – 2019. Збірник тез. Дніпро. НТУ "ДП". 28-29 листопада 2019 р. – 76 с.

Матеріали друкуються в редакційній обробці авторів.

Відповідальний за випуск в.о. завідувача кафедри електротехніки к.т.н., доцент
Ципленков Д.В.

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Голова оргкомітету - Півняк Геннадій Григорович
академік НАН України, професор, ректор НТУ "ДП"

Заступник голови:

Бешта Олександр Степанович
д.т.н., професор, проректор з наукової роботи.

Відповідальний секретар:

Ципленков Дмитро Володимирович
к.т.н., доцент кафедри відновлюваних джерел енергії

ЧЛЕНИ ОРГАНІЗАЦІЙНОГО КОМІТЕТУ

Алексєєв Михайло Олександрович, д.т.н., професор, НТУ "ДП"

Випанасенко Станіслав Іванович – д.т.н., професор

Дичковський Роман Омелянович – д.т.н., професор

Іванов Олексій Борисович – к.т.н., професор

Казачковський Микола Миколаєвич – к.т.н., професор

Корнієнко Валерій Іванович – д.т.н., професор

Нойберген Николаус – д-р інженер, професор, РТУ, Німеччина

Плаксін Сергій Вікторович – д.фіз-мат.н., професор

Ребизант Вальдемар – д.т.н., професор, ВТУ, Польща

Слесарєв Володимир Вікторович – д.т.н., професор

Ткачев Віктор Васильович – д.т.н., професор

Удовик Ірина Михалівна – к.т.н., доцент

ТЕМАТИКА КОНФЕРЕНЦІЇ

- 1. Енергозбереження та енергоменеджмент**
- 2. Експлуатація електрообладнання**
- 3. Технології безпечного використання електроенергії**
- 4. Сучасні технології виробництва, розподілення та використання електроенергії**
- 5. Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії**
- 6. Моделювання в енергетиці**
- 7. Автоматизація виробничих процесів**
- 8. Економічні та екологічні аспекти електроенергетики**
- 9. Горизонт 2020 – програми європейської співпраці**

Лазаренко В.А. ст. гр. МЕРС-17 1/9; Леонов Д.В. ст. гр. МЕРС-16 3/9
Науковий керівник: Хоменко В.І., к.т.н., викладач електротехнічних дисциплін
Придніпровський державний металургійний коледж, м. Кам'янське, Україна

АВТОНОМНЕ ЗАРЯДНЕ ДЖЕРЕЛО ЖИВЛЕННЯ НА БАЗІ СОНЯЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Вступ. У сучасному житті люди стали залежні від працездатності мобільних пристроїв. Стільниковий телефон практично стирає відмінність між особистим і робочим часом. Розвиток техніки не стоїть на місці, кожен день з'являються нові пристрої або вдосконалюються старі, забезпечується високошвидкісний доступ в інтернет, що дозволяє практично миттєво обмінюватися фото і відео.

Зростає потреба в компактних, переносних, багатофункціональних пристроях, таких як планшетні комп'ютери або смартфони, для того щоб здійснювати пошук необхідної інформації або усувати недоробки, допущені в процесі професійної діяльності. Але, на жаль, будь-який сучасний пристрій вимагає частой підзарядки, що буває часом не доступно. Тому нам потрібен додаткове джерело енергії [1].

У додаткового джерела енергії багато назв таких як, автономне зарядний пристрій, павер-банк, переносне джерело енергії, портативний зарядний пристрій і так далі, але під усіма цими назвами мається на увазі деякий пристрій, який живиться від мережі змінного струму 220 В або сонячних батарей, і зберігає заряд для подальшого використання. У даній роботі ми будемо називати його портативним зарядним пристроєм (ПЗП).

Портативні зарядні пристрої швидко вдосконалюються, стрімко дешевшають, незважаючи на те, що були винайдені зовсім недавно, стали затребувані і незамінні.

Дані дослідження присвячені розробці автономного портативного джерела живлення для заряджання мобільних телефонів з використанням досить простих але надійних складових елементів [2].

Мета роботи. Розробка схемо-технічних рішень автономного портативного джерела живлення (PowerBank) з сучасними та надійними елементами захисту.

Матеріал і результати дослідження. Розробка будь-якого пристрою починається з розробки структурної схеми. Відповідно до технічного завдання необхідно, щоб акумулятор міг заряджатися від порту USB, мережевого адаптера, і від сонячної батареї.

При здійсненні зарядки стільникових телефонів власно зарядний пристрій, що формує струм заряду акумулятора, знаходиться всередині пристрою. З огляду на, що обраний нами зовнішній акумулятор, в залежності від ступеня заряду може формувати напругу від 2,5 до 4,2 В, на виході нашого пристрою необхідно поставити стабілізатор напруги.

Так як нам потрібно забезпечити живлення від мережі 220 В, то ми введемо окремий блок живлення від мережі. Найзручніше було б підключити до напруги 5 В. У нас обладнано роз'ємом USB, від якого ми беремо напруга 5 В. Зараз на ринку пропонується досить велика кількість мережевих адаптерів з роз'ємом міні і мікро USB. Для збільшення кількості циклів заряду / розряду акумулятора зменшимо струм його заряду, що збільшить час заряду портативного пристрою. Надалі це не буде турбувати так як зовнішній зарядний пристрій можна заряджати цілодобово. Але на роботу стільникового телефону це не вплине так як є акумулятор.

Основною вимогою до адаптера сонячної батареї є забирати максимальну потужність для заряду літій - іонного акумулятора, але при цьому не перевищувати його максимальний струм заряду. Це може забезпечити імпульсний стабілізатор струму. Струм від сонячної батареї буде змінюватися, але це несуттєво для літій іонного акумулятора. Остаточний варіант структурної схеми автономного портативного зарядного пристрою з допустимими напругами і струмами в контрольних точках наведено на рис.1

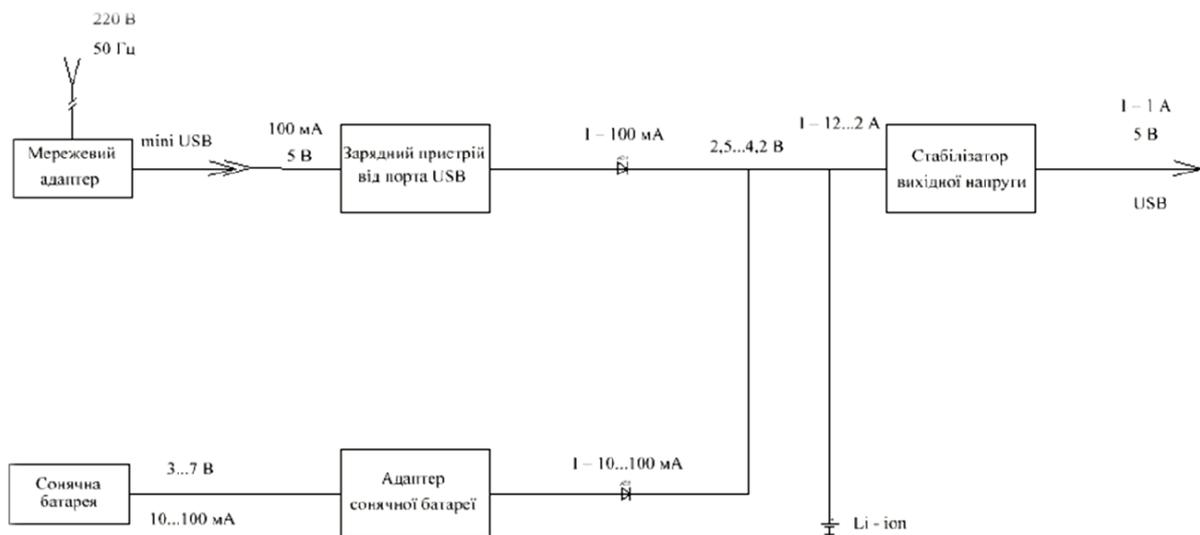


Рисунок 1 - Структурна схема автономного портативного зарядного пристрою

Розроблений пристрій відповідає поставленому завданню, конкурентоспроможним за функціональними можливостями і ціною. В ході проектування був проведений аналіз існуючих зарядних пристроїв, який показав необхідність створення портативного зарядного пристрою з високими показниками надійності і оптимальною собівартістю таблиця 1 [2].

Таблиця 1

Економічне обґрунтування вибору запропонованого пристрою живлення

№	Назва пристрою	C, мА/г	I вих, А	U вих, В	Матеріал корпусу	Ціна пристрою, грн.
1	Розроблений пристрій	3000	2	5	Пластик	250
2	Xiaomi Mi PowerBand	20000	2	5	Пластик	700
3	Five-Anti Solar PowerBand	5600	1,5	5	Силікон	500
4	Huawei PowerBand	10000	2	5	Пластик	700

Висновки. На підставі проведеного аналізу зарядних пристроїв розроблено автономний портативний зарядний пристрій, який допоможе користуватися телефоном довгий час незалежно від наявності мережі змінної напруги. Дана технологія не вимагає тривалої підготовки до роботи і зручна в експлуатації. У конструкції виробу передбачено можливість подальшого удосконалення і збільшення потужності, використано сучасні, недорогі і загальнодоступні компоненти, він має нескладну конструкцію і високу ремонтпридатність.

Перелік посилань

1. Васи́лега П.О. Електропостачання: Навчальний посібник. – Суми: ВТД “Університетська книга”, 2012. – 415 с.
2. <https://mta.ua/stat/choose-power-bank>

Кузнецов В. В., к.т.н., доцент; Строна О. А., ст. гр. АП-901-13м

Національна металургійна академія України

Кузнецова А. В., ст. гр. ПС-17-1; Трипутень М. Н., ст. гр. ПС-18-2

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

ЩОДО НЕОБХІДНОСТІ МОДЕРНІЗАЦІЇ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ КРАНОВИХ МЕХАНІЗМІВ

Здійснення виробничих процесів на металургійних підприємствах передбачає регулярну доставку сировини і матеріалів на підприємство, із цеху в цех по ходу технологічного процесу, вивезення готової продукції з підприємства. На промислових підприємствах нашої країни найбільш розповсюдженим і універсальним підйомно-транспортним пристроєм є мостовий кран. Він використовується для переміщення великої маси сировини, матеріалів, напівфабрикатів, готової продукції та інших матеріальних цінностей. Мостові крани одержали широке поширення в металургійній промисловості, як один із засобів механізації виробничих операцій. Основні механізми в електричних мостових кранах мають реверсивний електропривод, який розрахований для роботи в повторно-короткочасному режимі роботи при великій частоті ввімкнень. При цьому виникають значні перевантаження під час розгону та гальмуванні. Особливості умов використання електроприводу у вантажопідйомних машинах стали основою для створення спеціальних серій електричних двигунів і апаратів кранового виконання. В теперішній час в електроприводах використовуються системи реостатного керування приводом із застосуванням магнітних контролерів, які є застарілими схильні до частих відмов, що і впливає на хід технологічного процесу. Використання частотно-регульованого асинхронного електропривода в системах керування кранів дозволяє: знизити енергоспоживання крана, що дуже актуально при зростаючих тарифах на енергоносії; зменшити майже вдвічі пускові струми і, як наслідок, ударні навантаження за рахунок можливості здійснити плавний пуск-зупинку двигуна, що призводить до збільшення строків експлуатації механічних вузлів (редукторів, валів, муфт і т.д.), а також самої металоконструкції; підвищити коефіцієнт потужності електродвигуна; підвищити комфортні показники при русі крана й довговічність механічного устаткування завдяки плавності перехідних процесів; захистити двигун від перевантажень за струмом та перегріву; знизити експлуатаційні витрати на капітальний ремонт устаткування за рахунок зниження динамічних навантажень в елементах кінематичного кола.

Складність моделювання частотно – регульованих електроприводів полягає в тому, що процеси у складових частинах приводу взаємопов'язані. Зміна навантаження викликає зміну режиму як двигуна, так і перетворювача частоти, що приводить до суттєвих відхилень показників приводу. Тому, для достовірного визначення показників необхідна узагальнена модель приводу, яка враховує процеси в його складових.

Однак, практика розробки узагальнених моделей ускладнена тим, що для опису процесів в складових привода, як правило використовуються різні формати їх опису та, відповідно, різне програмне забезпечення.

Наприклад: загальний алгоритм керування приводом може бути описаний алгоритмом, представленим у вигляді послідовності виконання математичних виразів [1]. Для моделювання цих процесів існують стандартні середовища універсальних мов програмування BASIC, PASCAL, C++ та ін., які дають інструмент для власного опису проєктованих пристроїв.

Асинхронний двигун може бути представлений у вигляді математичної моделі з прийнятими допущеннями [2]. Авторами для аналізу перехідних режимів використано модель, електричні змінні якої представлені в нерухомій трифазній системі координат статора. Ця модель складається з трьох рівнянь напруги статора, трьох рівнянь напруги ротора, трьох рівнянь поточкозчеплення статора, трьох рівнянь поточкозчеплення ротора, рівняння електромагнітного моменту і рівняння руху.

Існує програмне забезпечення для проведення розрахунків, таких як MATHCAD, MATLAB, MAPLE, які спрощують процес математичної обробки інформації.

В сучасних регульованих приводах знаходять найбільш широке вживання перетворювачі з явно вираженою ланкою постійного струму. У перетворювачах цього класу використовується подвійне перетворення електричної енергії: вхідна синусоїдальна напруга з постійною амплітудою і частотою випрямляється у випрямлячі, фільтрується фільтром, згладжується, а потім знов перетворюється інвертором в змінну напругу змінної частоти і амплітуди. Подвійне перетворення енергії приводить до зниження ККД і до деякого погіршення маса - габаритних показників по відношенню до перетворювачів з безпосереднім зв'язком. Для відображення процесів протікаючи у структурних схемах (блоках), частіше використовують програмне забезпечення яке містить в собі програму PSPICE. Як правило, момент навантаження є випадковою величиною. Точне його визначення можливо лише при статичній обробці результатів вимірів на реальному об'єкті. Проте, усю різноманітність навантажень систематизують за характером зміни моменту від швидкості або від кута повороту робочого механізму і представляють у вигляді типових залежностей [3].

В роботі [4] моделюють електромеханічну систему, що складається з трьох електроприводів на основі асинхронних двигунів з векторним управлінням. Авторами розроблена Simulink-модель для дослідження динамічних процесів в електромеханічній системі, яка складається з електроприводів на базі частотно-керованих асинхронних двигунів та навантаження. Комп'ютерне моделювання виконано в пакеті Matlab/Simulink/SimPowerSystem. Слід зазначити, що у більшості наукових робіт і навчальних посібниках, присвячених питанням комп'ютерного моделювання електромеханічних систем, момент навантаження електродвигуна приймається постійним і подається у будь-яких моделях або у момент початку процесу моделювання або через деякий час, коли закінчується перехідний процес після запуску двигуна. Тому отримані результати моделювання при такому підході не відбивають повною мірою поведінку реальних електромеханічних систем, оскільки від характеру і виду навантажень залежать динамічні властивості електроприводу, його режими роботи, а також енергетичні показники.

У роботі [5] зроблена спроба змоделювати поведінку електромеханічних систем залежно від виду навантажень. Авторами розроблена універсальна модель завдання навантажувального моменту та формування динамічного моменту електроприводу, яка може бути використана для будь якого типу двигунів. Дослідження режимів роботи електромеханічної системи в залежності від навантаження проводиться на базі відомої класичної структури електроприводу в пакеті Matlab-Simulink.

В роботі [6] запропоновано варіант макромоделі об'єкту регулювання та математичний опис його структури. Об'єктом регулювання є безконтактний моментний електродвигун, з'єднаний з датчиком кутового положення та навантаженням. Математична модель враховує наступні види тертя : *сухе тертя* (тертя ковзання), що виникає в підшипниках конструкції; *в'язке тертя*, пов'язане з виникненням противо-ЕРС при обертанні ротора з постійними магнітами відносно статора з керуючими обмотками; *тертя спокою*, яке визначається параметрами самого електродвигуна. Апробація моделі, в першому наближенні показала задовільні результати.

Ефективність найбільш поширених частотно-керованих асинхронних електроприводів визначається рівнем втрат в АД, які здійснюють електромеханічне перетворення енергії. Велику кількість часу регульовані асинхронні електроприводи працюють в нестационарних режимах. Для аналізу електромагнітних, механічних, енергетичних показників як електроприводів взагалі так і АД використовуються математичні моделі, які ґрунтуються на рівняннях Парка-Горева [7-9]. Недоліком таких математичних моделей, так вважають автори [10] є нехтування втратами в сталі магнітопроводу, ці втрати можуть складати від 20-40% загальних втрат в двигуні. В результаті це може привести до помилок в розрахунку енергетичних і теплових показників АД.

Автори [10] пропонують математичну модель АД, ґрунтовану на рівняннях Парка-Горева з урахуванням втрат в магнітопроводі статора. Перехідні процеси побудовані в

середовищі MathCAD. Врахування втрат в сталі істотно уточнює результати розрахунків енергетичних показників АД в перехідних режимах. До недоліків запропонованої моделі автори відносять нехтування втратами в сталі ротора. Це може привести до помилок при аналізі енергетичних показників асинхронних машин, які працюють з великим ковзанням.

Автори роботи [11] розробили модель асинхронного електродвигуна, яка дозволяє аналізувати процеси вибігання АД при КЗ в електричній мережі, а також процеси пуску і самозапуску АД після відключення пошкодженої ділянки мережі і відновлення напруги живлення. Модель асинхронного електродвигуна в змінних «входи-виходи» створена в середовищі моделювання Simulink v.4 математичні пакети Matlab v.7. Графіків аналізу автори не приводять. Ефективність моделі не показують.

Кожна з розглянутих статей відображує окремий науковий напрям. Не всі розглядають електромеханічні системи разом з перетворювачами (системами керування), а тому залишаються не врахованими багато важливих параметрів які істотно впливають на характеристики та параметри регульованого приводу. Для моделювання електромеханічних систем регульованих електроприводів автори статей використовують пакети Matlab з його додатком Simulink та пакет MathCAD.

Але існують проблеми, з якими зустрічається дослідник електроприводу:

1. Різні процеси в системі мають різний масштаб часу. Наприклад, перехідні процеси в електромеханічній частині системи протікають впродовж одиниць - десятків секунд, а електромагнітні перехідні процеси при перемиканні силових транзисторів тривають мікросекунди. Як бачимо, різниця в тривалості процесів тут складає дев'ять порядків. Нині немає прикладних пакетів, які дозволили б досліджувати систему з одночасним обліком тих та інших процесів. Проте і ті і інші роблять істотний вплив на характеристики системи і мають бути враховані. Вирішення цієї проблеми сьогодні базується на розділенні (декомпозиції) системи в просторі і в часі, з обґрунтованим вибором на кожному кроці певної моделі, а інколи і окремого програмного забезпечення.

2. Поява нових електронних компонентів призводить до того, що модулі і вузли, побудовані на цих компонентах, вимагають проведення ретельного комп'ютерного аналізу усіх режимів роботи, щоб забезпечити надійність - головний критерій роботи виробу. Експериментальний підбір більшості параметрів є дуже складним і трудомістким процесом. У свою чергу точність комп'ютерного моделювання визначається якістю математичних моделей компонентів, що входять до складу системи. Таким чином вимоги високої точності накладають істотні обмеження на використання універсальних моделей. Сучасні пакети математичного моделювання і автоматизованого проектування включають бібліотеки моделей компонентів електронної техніки, проте в них використані усереднені параметри приладів і, як правило, не вказаний допустимий розкид, що знижує ефективність моделювання.

У зв'язку з цим виникає необхідність створення узагальненої моделі приводу на базі асинхронного двигуна, яка б дозволила коректувати максимальну кількість параметрів. Для цього необхідно моделі складових частин електроприводу виконати в одному форматі, що дозволить їх об'єднати у єдину модель електропривода, яка враховує взаємозалежність процесів у його складових частинах. Розробка такої моделі дозволить проектувальнику об'єктивно оцінювати показники електроприводу та вирішувати задачі оптимізації параметрів його складових частин.

Аналізуючи результати роботи, можемо зробити такі висновки:

- на процеси в перетворювачах частоти і електромеханічній системі асинхронного двигуна робить вплив електромеханічне навантаження, тому при проектуванні електроприводу необхідно враховувати величину і характер зміни механічного навантаження на валу електроприводу, які визначаються параметрами виконавчого органу;

- до завдань моделювання електромеханічних систем можемо віднести визначення статичних характеристик, динамічних характеристик (розгін, гальмування, зміна швидкості при скачках моменту опору), енергетичних характеристик та показників якості електроенергії на вході.

Список літератури

1. Комаров Н.С., Стаценко А.В. Разгон асинхронного двигателя электропривода с частотно-токовым управлением / Н.С. Комаров, А.В. Стаценко // Техн. электродинамика. – 2007. – № 4. – 50-56с.
2. Стаценко А.В., Комаров Н.С., Мазуренко Л.И. Модель асинхронного двигателя для анализа динамики электропривода с частотно-токовым управлением на основе следящих импульсных регуляторов тока / А.В. Стаценко, Н.С. Комаров, Л.И. Мазуренко // Праці інституту електродинаміки НАН України. Зб. наук. праць. – 2005. – № 1(10). – 69-79с.
3. Герман-Галкин С.Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в МАТЪАБ 6.0: Учебное пособие. – СПб.: КОРОНА принт, 2001. – 320с.
4. Золотарев В.М., Щерба А.А., Подольцев А.Д. Моделирование динамических процессов в электромеханической системе для регулирования движения сверхвысоковольтного кабеля в наклонной экструзионной линии / В.М. Золотарев, А.А. Щерба, А.Д. Подольцев // Техн. электродинамика. – 2010. – № 3. – 44-51с.
5. Чермалых В.М., Чермалых А.В., Данилин А.В., Майданский И.Я. Моделювання режимів роботи електромеханічних систем з урахуванням виду навантаження / В.М. Чермалых, А.В. Чермалых, А.В. Данилин, И.Я. Майданский // Вісник КДПУ імені Михайла Остроградського. Випуск 2009, № 4(57). Частина 1, – 107-111с.
6. Сергей Капралов, Владимир Матвеев, Виктор Майоров, Денис Павлов, Максим Таранец. Математическая модель объекта регулирования на базе моментного электропривода. Проектирование и моделирование. // Современная электроника. № 5. – 2009. – 42-47с.
7. Иванов-Смоленский А.В. Электрические машины. – М.: Энергия, – 1980. – 733с.
8. Копылов И.П. Математическое моделирование электрических машин. – М.: Высш. шк., – 1987. – 248с.
9. Копылов И.П. Электромеханические преобразователи энергии. – М.: Энергия, – 1973. – 400с.
10. Петрушин В.С., Якімець А.М., Бабійчук О.Б. Математична модель асинхронного двигуна у нестационарних режимах роботи / В.С. Петрушин, А.М. Якімець, О.Б. Бабійчук В.С. Петрушин, А.М. Якімець, О.Б. Бабійчук // Вісник одеського національного політехнічного університету. – 2006. – 223-225с.
11. Чиков Ю.В., Байбурин Э.Р., Алексеев В.Ю. Динамическая модель асинхронной машины с учетом внешних повреждений / Ю.В. Чиков, Э.Р. Байбурин, В.Ю. Алексеев // Уфимский государственный нефтяной технический университет. – 2010. – 158с.

Кузнецов В. В., к.т.н., доцент; *Швачко А. А.*, ст. гр. АП-901-13м

Национальная металлургическая академия Украины

Кузнецова А. В., ст.ка гр.. ПС-17-1; *Трипутень М. Н.*, ст. гр. ПС-18-2

Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара

О НЕОБХОДИМОСТИ МОДЕРНИЗАЦИИ КОЛЕСОТОКАРНЫХ СТАНКОВ

Как известно, железнодорожные колеса, являющиеся деталями ходовой части подвижного состава, представляющие собой важнейшие элементы конструкции любого железнодорожного транспортного средства — вагонов (грузовых и пассажирских) и тягового подвижного состава, проходят обработку на специальных металлообрабатывающих станках [1]. Эффективность технологических процессов металлообработки определяется успешностью получения деталей с заданными формой, размерами и качеством поверхности на имеющихся у предприятий станках при минимально возможных затратах времени, средств и энергии [2]. От вышеуказанной эффективности зависит конкурентоспособность продукции машиностроительной промышленности в целом.

Процесс механической обработки (МО) поверхности зависит от многих факторов, в частности на нее существенно влияют возмущения, которые действуют во время обработки. К основным из них относятся: изменения величины снимаемого припуска, твердости обрабатываемой заготовки и состояния инструмента. Под действием возмущений изменяются и значения показателей эффективности МО. Одним из возможных путей повышения эффективности МО является управление скоростями рабочих движений станков при обработке колесной заготовки. Разработке систем управления МО, которые повышают эффективность обработки на специальных колесотокарных станках как с числовым программным управлением (ЧПУ), так и без него, способствовали работы ряда научных коллективов в Украине и за рубежом. Однако, отсутствуют методы управления и принципы построения систем управления рабочими движениями станков различных групп, обеспечивающих комплексное решение проблемы повышения эффективности МО с позиций учета производительности, себестоимости и энергетических затрат при обработке.

Таким образом, с одной стороны, машиностроительная промышленность требует повышения эффективности МО, а с другой - это сдерживается отсутствием соответствующих методов управления и принципов построения систем управления рабочими движениями станков. Поэтому это является актуальной научно-прикладной проблемой, решение которой будет способствовать повышению производительности, уменьшению себестоимости и затрат энергии при выполнении МО на металлообрабатывающих колесотокарных станках и повышению конкурентоспособности продукции машиностроительной промышленности [2].

В настоящее время при производстве железнодорожных колес на технологических линиях металлургического производства используют специальные колесотокарные станки карусельного типа, оснащенные электрокопировальными устройствами или устройствами числового управления. Первичная черновая обработка со значительными глубинами резания и нестационарным припуском вызывает перегрузки узлов станка, а так же износ и разрушения деталей главного привода и приводов подач что в свою очередь приводит к погрешностям формообразования профиля колеса и повторной переточки [3,4]. Нежелательные колебательные процессы в упругой системе привода главного движения становятся причиной не только разрушения его деталей, но и практически всегда снижают стойкость режущего инструмента. Зафиксированы систематические разрушения подшипников и посадочных мест валов привода, ослабление затяжек болтовых креплений фланцевых соединений [4].

С помощью расчетного метода и экспериментальных исследований [4] установлено, что существует динамическая перегрузка привода станка в режиме реостатного пуска электродвигателя постоянного тока. При этом реактивный упругий момент периодического

изменения в 2,7 раза превышает номинальный момент стационарного режима обработки. Для предотвращения этого негативного явления необходимо снизить перегрузки привода во время пуска [4].

Решение вышеуказанных проблем предложено авторами [5], а именно модернизация колесотокарных станков с помощью интеграции частотно-регулируемого электропривода (ЧРП), что позволяет удовлетворить самые жесткие и противоречивые требования, предъявляемые технологией обработки разных материалов. Использование ЧРП позволяет облегчить управление станком за счет возможности плавного изменения числа оборотов шпинделя без его останова, расширить диапазон числа оборотов. Совместное применение коробки передач и частотно-регулируемого привода позволяет оптимально устанавливать число оборотов шпинделя и получить максимальный крутящий момент при малых оборотах [5]. Главная цель применения преобразователя частоты - увеличение диапазона регулирования скорости вращения шпинделя до значений 1:100 и более и расширение за счет этого возможностей станка по обработке деталей из различных материалов.

Внедрение ЧРП обеспечит:

- 1) повышение качества обработки деталей и снижение количества поломок режущего инструмента за счет точного поддержания скорости вращения шпинделя;
- 2) уменьшение количества поломок оборудования за счет снижения ударных нагрузок на электропривод и механическую передачу при пуске и останове [5].

Список литературы

1. Коржан Н. С., Карпов А. В., Филиппенко Н. Г. Механическая обработка радиусов кривизны железнодорожных колёс // Молодой ученый. — 2016. — №12. — С. 300-303. — URL <https://moluch.ru/archive/116/31719>
2. Водічев В. А. Автоматизовані системи управління робочими рухами верстатів для підвищення ефективності технологічних процесів металообробки. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук. Одеса – 2005.
3. Полупан И. И. Повышение эффективности процесса восстановления профиля колесных пар сборными резцами. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Донбасская Государственная машиностроительная академия. Краматорск 2016.
4. Р. П. Погребняк Нестационарні режими роботи головного привода карусельного верстата для обробки суцільнокатаних залізничних коліс. Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту, 2018, № 3 (75) с.128-137.
5. Черников В.А., Прибылова Н.В. Применение преобразователя частоты для модернизации электропривода токарного станка. Электронный ресурс. Режим доступа: <http://www.electrolibrary.info/metal/87-primenenie-preobrazovatelya-chastoty-dlya-modernizacii-elektroprivoda-tokarnogo-stanka.html>

Кузнецов В. В., к.т.н., доцент

Национальная металлургическая академия Украины

Кузнецова А. В., ст.ка гр. ПС-17-1; Трипутень М. Н., ст. гр. ПС-18-2

Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара

ОСНОВНЫЕ ПРИЧИНЫ ОТКЛОНЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ОТ НОРМИРУЕМЫХ

Как известно [1], любая электромагнитная среда формируется как результат определенного технологического процесса. В электроэнергетическом процессе системы электроснабжения - это распределение, передача и потребление электрической энергии. Каждому этапу данного процесса свойственны определенные изменения, вызванные отклонениями от заданного режима, принципом действия электрооборудования и т.д. Показатели качества электрической энергии (ПКЭ) являются теми уровнями электромагнитной совместимости электрической сети, при которых гарантируется нормальное функционирование любых электротехнических средств, подключенных к сети, если эти ПКЭ не превышают допустимых значений.

Качество электроэнергии в общем понятии электромагнитной совместимости потребителей в системах электроснабжения является важнейшей проблемой современной электроэнергетики. От ее решения во многом зависит повышение эффективности использования электрической энергии. Разработка основных направлений повышения энергоэффективности системы электроснабжения связана с определением причин вызвавших снижение качества электрической энергии. Качество электроэнергии является существенным фактором, влияющим на эффективность режимов энергосистемы и потребителей.

Проблема обеспечения качества электрической энергии в электрических сетях является актуальной. Это вызвано тем, что в последнее время широко внедряются новые прогрессивные технологические процессы и системы и, как следствие, непрерывный ростом числа нелинейных и несимметричных потребителей электроэнергии.

Сформулируем основные причины рассматриваемых искажений. Так, одной из часто встречающихся причин несинусоидальности, особенно в сетях малой мощности, является насыщение сердечников силовых трансформаторов цеховых подстанций. Этот случай характерен для небольших предприятий, а также технологических объектов сельского хозяйства. Насыщение магнитопровода указанных трансформаторов может быть обусловлено работой нагревательных элементов, сварочного оборудования и других мощных потребителей. Типовая кривая питающего напряжения при этом имеет «усеченный» вид, а в его спектральном составе ярко выделяется третья гармоника (рис. 1 а,б).

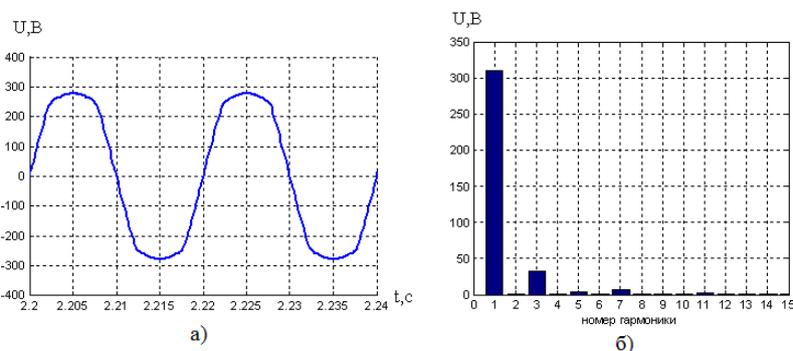


Рис. 1 Типовая форма кривой напряжения в случае насыщения сердечников силовых трансформаторов (а) и его спектральный состав (б)

Следующей распространенной причиной искажения синусоидальности является наличие в сети мощных полупроводниковых преобразователей. В моменты коммутации таких

устройств потребляемые ими токи имеют пиковые значения, в результате на входах остальных потребителей наблюдаются «провалы» напряжения (рис. 2 а). Приведенная форма кривой характерна для цеховых сетей крупных промышленных предприятий, таких как металлургические, нефтеперерабатывающие и горно-обогатительные комбинаты, где установлены мощные регулируемые электроприводы с выпрямителями или преобразователями частоты.

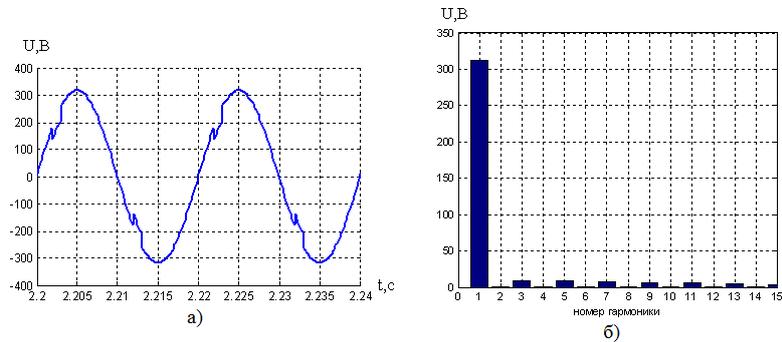


Рис. 2 Форма кривой напряжения при наличии коммутационных помех (а) и его спектральный состав (б)

При наличии в цеховой сети мощных потребителей, питаемых от указанных преобразователей с фазоимпульсным регулированием (гальванические ванны, дуговые печи), нарушается также симметрия синусоиды напряжения, а в спектре выделяется и вторая гармоника (рис.3 а,б). Последняя же, как известно, обуславливает протекание токов обратной последовательности, образуя, таким образом, тормозной электромагнитный момент на валу двигателя. Повышаются также вибрации в его механической части, ускоряется износ и снижается надежность оборудования.

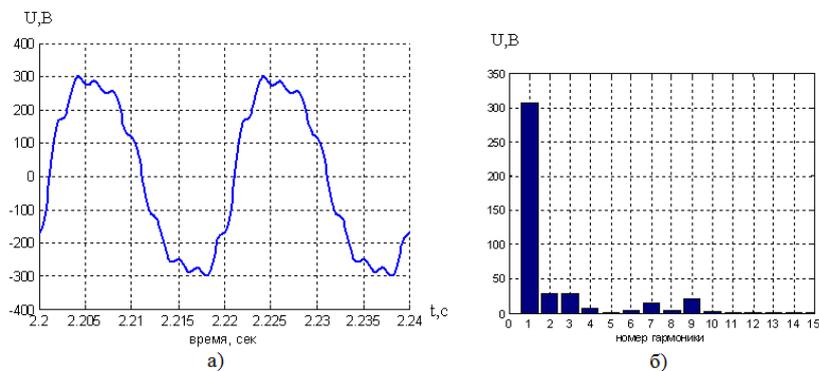


Рис. 3 Форма кривой напряжения с наличием второй гармоники (а) и его спектральный состав (б)

Список литературы

1. K. Vitaliy, T. Nikolay and K. Yevheniia, "Evaluating the Effect of Electric Power Quality upon the Efficiency of Electric Power Consumption," *2019 IEEE 2nd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON)*, Lviv, Ukraine, 2019, pp. 556-561. doi: 10.1109/UKRCON.2019.8879841

Кузнецов В. В., к.т.н., доцент

Национальная металлургическая академия Украины

Кузнецова А. В., ст.ка гр.. ПС-17-1; Трипутень М. Н., ст. гр. ПС-18-2

Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЦЕХОВЫХ СЕТЯХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Качество электроэнергии в общем понятии электромагнитной совместимости потребителей в системах электроснабжения является важнейшей проблемой современной электроэнергетики. От ее решения во многом зависит повышение эффективности использования электрической энергии. Разработка основных направлений повышения энергоэффективности системы электроснабжения связана с определением причин вызвавших снижение качества электрической энергии. Качество электроэнергии является существенным фактором, влияющим на эффективность режимов энергосистемы и потребителей [1].

Полученные в условиях конкретных промышленных предприятий осциллограммы напряжений [1] подтверждают наличие в их цеховых сетях некачественной электроэнергии. Так, на рис. 1а приведена кривая линейного напряжения цеха крекинга нефтеперерабатывающего завода (НПЗ) «Укртатнафта», в спектре которого рис. 1б содержится большое количество высших гармоник. Здесь для удобства отображения амплитуда первой (основной) гармоники показана не полностью.

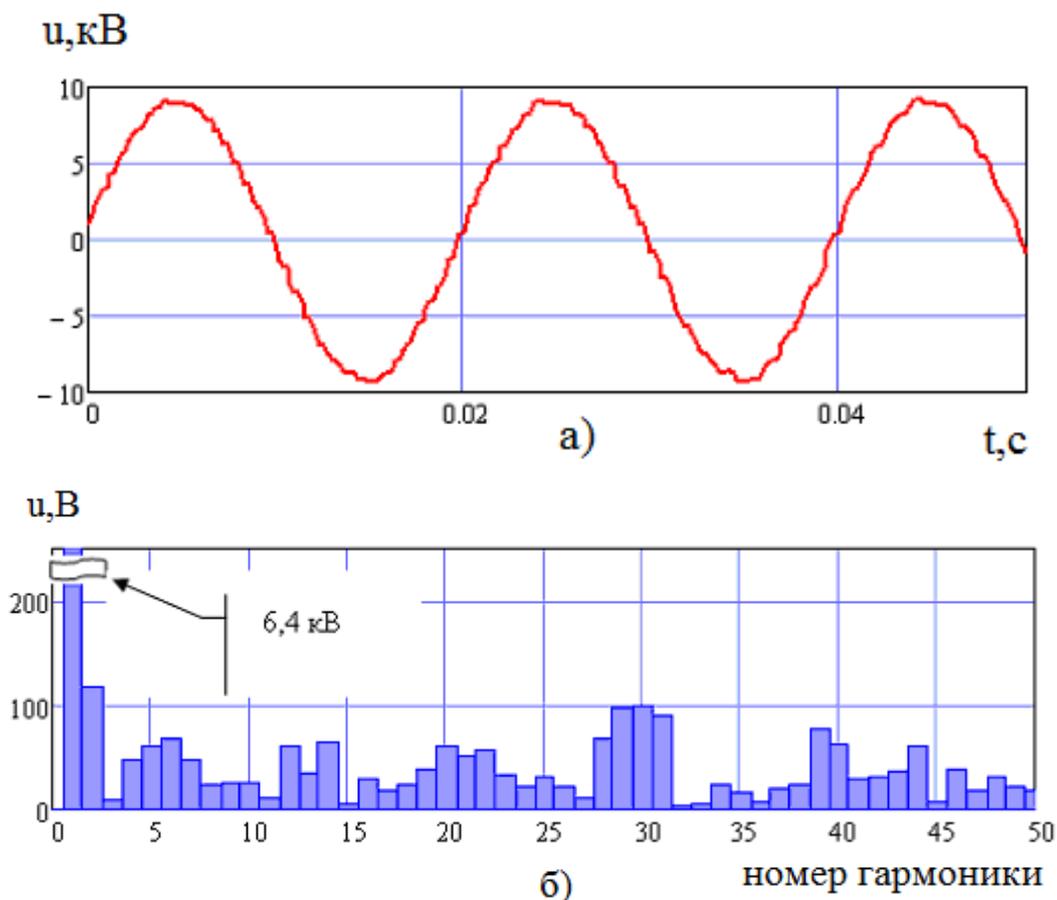


Рис. 1 Осциллограмма линейного напряжения подстанции крекингового цеха нефтеперерабатывающего завода «Укртатнафта» (а) и его спектральный состав (б)

Значения нормируемого показателя качества напряжения (коэффициента гармонических составляющих сетевого напряжения $k_{U(n)}$) по фазам в рассматриваемом случае приведены в табл. 1. Жирным шрифтом выделены превышения допустимых величин. Здесь не соответствуют требованиям качества по коэффициенту гармонических составляющих гармоники №№ 6, 8, 10, 12, 14, 16.

Таблица 1

Значения нормируемого показателя качества электроэнергии в цеху крекинга НПЗ

№ гармоники	Нормально допустимое значение коэффициента $k_{U(n)}$ для сети 6 кВ, %	Предельно допустимое значение коэффициента $k_{U(n)}$ для сети 6 кВ, %	Реальные значения		
			Фаза «АВ» $k_{U(n)}, \%$	Фаза «ВС» $k_{U(n)}, \%$	Фаза «СА» $k_{U(n)}, \%$
4	0,7	1,05	0,87	0,32	0,55
6	0,3	0,45	0,91	0,91	0,55
8	0,3	0,45	0,49	0,19	0,60
10	0,3	0,45	0,28	0,66	0,23
12	0,2	0,35	0,60	0,55	0,52
14	0,2	0,35	0,60	0,31	0,50
16	0,2	0,35	0,48	0,07	0,35

Рассчитанное же в соответствии с [2] для рассматриваемого случая значение коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения в целом K_U для всех трех фаз не превысило 3,6%, что удовлетворяет требованиям качества электроэнергии (нормально допустимое значение 5%).

Таким образом, количественная оценка показателей качества электроэнергии в цеховых сетях рассмотренных промышленных предприятий позволяет сделать выводы о том, что качество электрической энергии в аналогичных сетях многих промышленных предприятий Украины не отвечает установленным требованиям. В них присутствуют искажения, обусловленные работой полупроводниковых преобразователей, насыщением магнитопроводов трансформаторов и т.д.

Обращает на себя внимание и то, что при соответствии ГОСТу коэффициента искажения синусоидальности кривой напряжения, по отдельным гармоникам наблюдается существенное превышение значений коэффициентов гармонических составляющих сетевого напряжения. А это свидетельствует о предпочтительности использования последних при анализе эффективности электрооборудования, работающего в сетях с некачественной электроэнергией.

Список литературы

1. K. Vitaliy, T. Nikolay and K. Yevheniia, "Evaluating the Effect of Electric Power Quality upon the Efficiency of Electric Power Consumption," *2019 IEEE 2nd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON)*, Lviv, Ukraine, 2019, pp. 556-561. doi: 10.1109/UKRCON.2019.8879841
2. ГОСТ 13109-97. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. ИПК. – М: Издательство стандартов. –1998. – 15 с.

Кузнецов В. В., к.т.н., доцент

Национальная металлургическая академия Украины

Трипутень Н.М., к.т.н., доцент, Карамушка М. Н. гр.151-18м-1

Национальный технический университет "Днепропетровская политехника"

Кузнецова А. В., ст.ка гр. ПС-17-1; Трипутень М. Н., ст. гр. ПС-18-2

Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара

О НОРМИРОВАНИИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

При организации электроснабжения и электропотребления существует одна общая и довольно серьезная задача – улучшение и оптимизация показателей качества электрической энергии с целью повышения эффективности ее использования и обеспечения надежности работы электрооборудования. Доля затрат на электроэнергию является доминирующей составляющей суммарных денежных средств, необходимых для эксплуатации электрооборудования. По разным оценкам, она составляет 75-80% [1,2]. Поэтому даже незначительное увеличение потерь, связанных с ухудшением показателей качества электроэнергии (ПКЭ) приводит к существенному увеличению годовых затрат на содержание электроприводов.

Международной нормативной базой для оценки электромагнитной совместимости электроустановок является известный Европейский стандарт EN 50160: «Характеристики напряжения электричества, поставляемого системами распределения общего назначения» (1994 г.), а также стандарт Международной электротехнической комиссии МЭК (International Electrotechnical Commission, IEC) 1000-2-4: «Электромагнитная совместимость. Уровни ЭМС на промышленных объектах для низкочастотных помех проводимости».

Показатели качества электроэнергии (ПКЭ) в системах электроснабжения промышленных предприятий определяются режимом работы электроустановок, вносящих искажения, и потому постоянно меняются. Поэтому в ГОСТ 13109-97 «Электрическая энергия. Требования к качеству электрической энергии в электрических сетях общего назначения» предусмотрена комплексная методика оценки качества электроэнергии, основанная на оценке энергетических характеристик искажений. Нормируемые ПКЭ представляют собой интегральные показатели, отражающие степень отрицательного влияния искажения электроэнергии на технико-экономические характеристики электрооборудования.

Итак, ГОСТ 13109-97 нормирует следующие показатели качества электроэнергии: отклонения напряжения δU_y ; размах изменения напряжения δU_t (или амплитуда колебаний напряжения (КН)); интенсивность (доза) фликера P_t ; коэффициент искажения синусоидальности кривой линейного (фазного) напряжения K_U ; коэффициент n -й гармонической составляющей напряжения $K_{U(n)}$; коэффициент несимметрии напряжений по обратной K_{2U} и нулевой K_{0U} последовательностям; длительность провала напряжения Δt_n ; импульс напряжения $U_{имп}$; коэффициент временного перенапряжения $K_{пер}$; отклонение частоты Δf [3]. Рассмотрим методы расчета только основных показателей качества электроэнергии, связанных с наиболее распространенными искажениями сети.

Размах изменения δU_t определяется выражением:

$$U_t = \sqrt{\frac{\int_{f_2}^{f_4} G_U(f) df + \int_{f_1}^{f_3} G_U(f) df}{\int_0^{\infty} G_U(f_0) df}} = \frac{\sqrt{\int_{f_2}^{f_4} G_U(f) df + \int_{f_1}^{f_3} G_U(f) df}}{U_{ном}}, \quad (1)$$

где $G_U(f)$ - функция энергетического спектра напряжения; f_1, f_2 – допустимые отклонения частоты; f_3, f_4 – нижняя и верхняя границы частот, в которых оценивается напряжение. Здесь $f_2 \leq f \leq f_4$ и $f_3 \leq f \leq f_1$.

Несимметрия напряжений трехфазной сети характеризуется коэффициентом их обратной последовательности K_{2U} , %, определяемым отношением действующего значения напряжения обратной последовательности основной частоты трехфазной системы напряжений U_2 к номинальному значению фазного напряжения $U_{\text{ном.мф}}$:

$$K_{2U} = \frac{U_2}{U_{\text{ном.мф}}} \cdot 100. \quad (2)$$

Кроме того, нормируется значение коэффициента нулевой последовательности K_{0U} , %, который определяется отношением напряжения нулевой последовательности основной частоты U_0 к номинальному значению фазного напряжения $U_{\text{ном.ф}}$:

$$K_{0U} = \frac{U_0}{U_{\text{ном.ф.}}} \cdot 100. \quad (3)$$

Несинусоидальность напряжения характеризуется значением коэффициента искажения его кривой K_U , %, которое определяется отношением действующего значения высших гармоник U_n к номинальному напряжению:

$$K_U = \frac{1}{U_{\text{ном}}} \sqrt{\sum_{n=2}^N U_n^2} \cdot 100, \quad (4)$$

где U_n - действующее значение напряжения n-й гармоники; N=22 – номер последней из учитываемых гармоник.

Таким образом, качество электрической энергии определяется совокупностью ее показателей, при которых электроприемники могут нормально работать и выполнять заложенные в них функции. При отклонениях их значений от допустимых, нормальная работа электромеханических преобразователей затруднена или возможна только при значительном уменьшении нагрузки.

Список литературы

1. K. Vitaliy, T. Nikolay and K. Yevheniia, "Evaluating the Effect of Electric Power Quality upon the Efficiency of Electric Power Consumption," *2019 IEEE 2nd Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON)*, Lviv, Ukraine, 2019, pp. 556-561. doi: 10.1109/UKRCON.2019.8879841
2. K. Yevheniia, K. Vitaliy, T. Mykola, K. Alisa, T. Maksym and B. Mykola, "Development and Verification of Dynamic Electromagnetic Model of Asynchronous Motor Operating in Terms of Poor-Quality Electric Power," *2019 IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES)*, Kremenchuk, Ukraine, 2019, pp. 350-353. doi: 10.1109/MEES.2019.8896598
3. ГОСТ 13109-97. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. ИПК. – М: Издательство стандартов. –1998. – 15 с.

Бойко С.М. к.т.н., здобувач кафедри автоматизованих електромеханічних систем в промисловості та транспорті

Криворізький національний університет, м. Кривий ріг, Україна

ДО ПИТАННЯ ВПРОВАДЖЕННЯ ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СТАНЦІЙ В МЕЖАХ ТЕРИТОРІЇ ВАТ «ПОЛТАВСЬКИЙ ГЗК»

Вітчизняні залізорудні підприємства є найбільш підготовленими для втілення в практику функціонування їхніх систем електропостачання міні- та мікроелектростанцій на базі відновлюваних джерел енергії (ВДЕ). Тобто, саме ці об'єкти, по всіх своїх параметрах можуть і повинні стати полігоном для розміщення комплексів ВДЕ, які по суті повинні стати складовими структур систем електропостачання залізорудних підприємств України [1].

Важливим фактором, що визначає рух повітря біля земної поверхні, є локальні бар'єри та локальні градієнти температури поверхні здатні утворювати місцеві вітри. Експлуатація тихохідних багатолопатеєвих вітроустановок з підвищеним обертаючим моментом є ефективною практично на всій території України.

Стосовно впливу на формування клімату України внутрішніх водойм то він також має низку особливостей. До внутрішніх вод України, належать річки, озера, водосховища, ставки, болота і підземні води. Улітку температура води у річках вища, ніж температура повітря, в середньому на 1–3 °С за місяць. Максимальна температура повітря вдень вища, ніж води, але вночі вода значно тепліша внаслідок великої теплоємності та дії механізму турбулентної теплопровідності [2].

Вплив водосховищ, ставків і боліт на режим метеорологічних величин різний. Вплив невеликих природних і штучних водойм помітний у вужчій смузі. Але найбільше водосховища впливають на вітер: його швидкість над акваторією та узбережжям підвищується на кілька десятків відсотків. Водна поверхня також сприяє збільшенню стійкості стратифікації атмосфери. Деяке зростання швидкостей вітру спостерігається повсюдно на прибережному схилі, що спричинене насамперед близькістю водосховища [3].

Таким чином, враховуючи факт розташування на узбережжі Дніпродзержинського водосховища одного з потужних залізорудних підприємств України ВАТ «Полтавський ГЗК», що має у своєму складі, за технологією, гідротехнічні споруди (відстійники), було запропоновано розташування вітроенергетичних станцій (ВЕС) в межах берегової зони водойм. Встановлення ВЕС біля водойм в перше чергу сприятиме покращенню їх енергетичних показників та збільшенню надійності систем електропостачання насосних станцій ВАТ «Полтавський ГЗК».

Висновки. Аналіз особливостей впровадження вітроенергетичних станцій поблизу Дніпродзержинського водосховища в межах території ВАТ «Полтавський ГЗК» показав позитивний вплив водойм, в залежності від їх об'єму та віддаленості, на енергетичні показники вітроенергетичних станцій.

Перелік посилань:

1. World Energy Outlook –2018, OECD/IEA, Paris.
2. Клімат України / За ред. В.М. Лівійського, В.А.Дячука, В.М. Бабіченко. — К.: Видво Раєвського, 2003. — С. 133.
3. Водний фонд України: Штучні водойми — водосховища і ставки: Довідник / [В.В. Гребінь, В.К. Хільчевський, В.А. Сташук, О.В. Чунарьов, О.Є. Ярошевич] / За ред. В.К. Хільчевського, В.В. Гребеня. — К. : «Інтерпрес ЛТД», 2014. — 164 с.

ЗАЛЕЖНОСТІ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ДРОБЛЕННЯ МАТЕРІАЛІВ ВІД МАСИ ТА ШВИДКОСТІ МОЛОТКІВ РОТОРНОЇ ДРОБАРКИ

Кількість енергії, що витрачається в світі на дроблення матеріалів в цілому становить приблизно 5%. Багато досліджень присвячена оптимізації процесу дроблення – головним в якому є отримання мінімального розміру поверхні твердої речовини при мінімальних витратах енергії та визначення цього [1].

Молоткові дробарки відносяться до дробарок ударної дії. В цілому – матеріал що дробиться, руйнується під дією напруги яка діє на нього через молотки з електричного приводу через. В молоткових та роторних, подібних до молоткових, дробарках матеріал руйнується ударом за рахунок кінетичної енергії рухомих тіл. Величина кінетичної енергії молотка регулюється зміною його маси й швидкості. Теорія Герца – сила дроблення залежить від маси молотка і маси дробимого матеріалу.

Вага та розміри молотків мають безпосереднє вплив на продуктивність та потужність що використовується, а відповідно – й на потужність електричного двигуна.

Розглянувши одну з розповсюджених формул потужності для молоткових дробарок [2]:

$$N=(0,125 - 0,15)D^2Ln.$$

Де D – діаметр ротору дробарки, L – довжина ротору дробарки, n – кількість обертів ротору.

Із формули видно, що ключові моменти мають розміри робочого органу – ротора дробарки, а також – швидкість його обертання.

Для перевірки цих відомостей та для отримання порівняльних характеристик й висновків використовується лабораторний стенд, який імітує роботу молоткової дробарки, з можливістю: міняти молотки, змінювати швидкість обертання ротору та знімати показники що до витраченої електричної енергії [3].

Якщо порівняти легкі молотки, що обертаються з великою швидкістю, а так само важкі молотки, що обертаються з малою швидкістю, то можна простежити наступну залежність: при використанні легких молотків навіть з великою швидкістю обертання, у дробарки буде: маленька продуктивність та велике енергоспоживання [4].

Перелік посилань

1. Кобрін Ю. Г. Дослідження дробимих матеріалів ударним навантаженням / Ю. Г. Кобрін. // Металургійна та гірничорудна промисловість. – 2018. – №7. – С. 61–66.
2. Клушанцев Б. В. Дробилки. Конструкция расчёт особенности эксплуатации / Б. В. Клушанцев, А. И. Косарёв, Ю. А. Муйземнек. – Москва: Машиностроение, 1990. – 320 с.
3. Брусова О. М. Влияние физико-механических свойств горной породы на конструктивные элементы молотка в дробилках ударного действия / О. М. Брусова. // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2015. – №1(107). – С. 38–41.
4. Патент України на корисну модель UA 121444 U, B02C 13/04, B02C 25/00, G01H 17/00. Стенд для дослудження процесу роботи молоткової дробарки / І.І. Шевченко, Ю.Г. Кобрін, А.Р. Мемарнішвілі. – № u201704898; заявл. 22.05.2017; опубл. 11.12.2017, Бюл. №23, 2017р.

Дрешпак Н.С., к.т.н., доцент кафедри електротехніки,
Випанасенко С.І., д.т.н., професор кафедри електроенергетики
Національний технічний університет "Дніпровська політехніка", м. Дніпро, Україна

ПРО ОСОБЛИВОСТІ КОНТРОЛЮ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ПРОМИСЛОВИМ ПІДПРИЄМСТВОМ

Для контролю за ефективністю споживання електричної енергії на виконання технологічних операцій, пов'язаних з випуском продукції, необхідно співставляти показники фактичних питомих (на одиницю продукції) витрат енергії з нормованими значеннями цих витрат. На основі співставлення здійснюється корегування процесу управління випуском продукції, якщо обсяги використання електричної енергії перевищують нормовані значення. Якщо ситуація протилежна, то обраний шлях управління вважається прийнятним, а колектив виконавців процесу виробництва продукції заслуговує на преміювання. Фактичні значення питомого споживання електроенергії можуть бути визначені з високим ступенем точності. Це забезпечується існуючими пристроями обліку електроенергії, що мають високий клас точності, а також можливістю точної фіксації кількості випущеної продукції. Що стосується нормування питомих витрат енергії, то тут ситуація дещо інша. Питання полягає у тому, наскільки існуючі підходи до отримання цих норм здатні забезпечити точність, прийнятну для висновку про ефективне або неефективне використання електричної енергії.

Нормовані значення споживання електричної енергії отримують шляхом прогнозування їх прийнятних значень з урахуванням зміни параметрів технологічного процесу виробництва продукції (в першу чергу їх кількості), а також з урахуванням планових значень зниження рівня витрат енергії. Зрозуміло, що прогнозовані значення мають оціночний характер, тому обґрунтованість прийнятих до виконання норм споживання є низькою. Розглянемо існуючі способи нормування питомих показників споживання електричної енергії. В практиці для цього використовують два способи: розрахунковий і експериментальний. Розрахунковий метод передбачає визначення витрат енергії в окремих агрегатах технологічного процесу. При цьому здійснюють розрахунок прогресивних показників використання електроенергії (з урахуванням можливостей її економії). Якщо проаналізувати аналітичні залежності, які використовують для розрахунку витрат енергії в агрегатах, то слід звернути увагу на те, що використання простих по формі залежностей не дозволяє отримати точні результати. Похибка розрахункових даних накопичується при збільшенні кількості агрегатів. Визначення прогресивних показників електроспоживання потребує урахування більшої кількості параметрів, які безпосередньо впливають на процес. Повинні бути визначені межі їх варіації. Це суттєво ускладнює процедуру розрахунку. Як правило, існуючі методики розрахунку витрат електроенергії акцентують увагу на досягнутій похибці розрахунку. І такий підхід зрозумілий, бо похибка може бути значною, що для деяких випадках виключає можливість отримання достовірних результатів.

Експериментальний метод визначення питомих норм енерговикористання передбачає виконання певної кількості вимірювань. Він прийнятний у тому випадку, коли параметри технологічного процесу є стабільними. Існує невизначеність в урахування прогресивних режимів енергоспоживання, так як для їх фіксації необхідна практична реалізація цих режимів, що в процесі виконання експерименту не завжди можливо.

Із викладеного можна зробити висновок: існуючі методики отримання питомих норм використання електроенергії є трудоемкими, не забезпечують достатньої точності розрахунку, не визначають похибку. Це ускладнює процедуру контролю енергоспоживання, ставить під сумнів висновки стосовно «раціонального» або «нераціонального» використання електроенергії. Існує необхідність розробки нових підходів до такого контролю. Їх забезпечення повинно підвищити якість управління процесом енергоспоживання промислового підприємства.

Перелік посилань

1. Dreshpak, N.S. Algorithm for forecasting energy efficiency of steel production[текст]/ N.S.Dreshpak, S.I.Vyranasenko, I.G.Olshchivskiy//Гірничая електромеханіка та автоматика . Науково-технічний збірник, 2016, стор.208-212.
2. Дрешпак, Н.С. Оцінка точності контролю рівня енерговитрат вугільних шахт[текст]/ Н.С. Дрешпак// Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми енергоефективності та автоматизації в промисловості та сільському господарстві». – Кіровоград.:КНТУ, 2015. – С.172.

ОБМЕЖЕННЯ СТРУМУ СИЛОВОГО АКТИВНОГО ФІЛЬТРА В УМОВАХ ПЕРЕВАНТАЖЕННЯ ТА КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. В промисловості широко застосовують пристрої керування потоком енергії електромеханічних та електротехнічних пристроїв (перетворювачі частоти, тиристорні перетворювачі, інвертори, випрямлячі) які за самим принципом дії силової частини значно впливають на якість електричної енергії. Компенсація, виникаючої при роботі таких перетворювачів, реактивної потужності та фільтрація вищих гармонік струму, генерованих зазначеними вище пристроями, є наразі актуальною задачею. Використання фільтрів гармонік та компенсуючих конденсаторних батарей у випадку керованих перетворювачів не дозволяє досягти бажаного результату забезпечення якості електричної енергії [1].

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТ ДОСЛІДЖЕНЬ.

Інновацією в питанні компенсації реактивної потужності та фільтрації вищих гармонік струму є застосування активних компенсуючих пристроїв – силових активних фільтрів (САФ) [2, 3]. Зазначені пристрої мають можливість, завдяки закладеному алгоритму, виконувати компенсацію реактивної потужності і фільтрацію вищих гармонік струму. Струм САФ формується на основі алгоритмів активної фільтрації, що базуються на одній з теорій потужності: теорії повної потужності Фрізе [4], pq -теорії миттєвої потужності [5], pqr -теорії миттєвої потужності [6] та інших. Це визначається режимом нейтралі вузла мережі, до якого приєднують САФ, що, в свою чергу, впливає на структуру його силової частини. Струм САФ формується на підставі струму навантаження та напруги мережі відповідно до існуючих методів визначення компонент потужності або струму [4-6].

У вузлах системи електроспоживання виникають режими зумовлені перевантаженнями технологічних механізмів. Вони виникають як в силу аспектів технологічних процесів, так і у разі нештатних чи аварійних ситуації. Критичним випадком перевантаження вузла електричної мережі є виникнення короткого замикання на поточній, або суміжній ділянці. Зважаючи на алгоритм роботи, за умов виникнення аварійних ситуацій чи перевантаження система керування САФ буде намагатися формувати струм, який, ймовірно, перевищуватиме розрахунковий струм силової частини. Безумовно, на етапі проектування промислового зразка в силову частину САФ будуть введені елементи захисту, але ця задача може бути розв'язана й іншим шляхом.

Параметри елементів силової частини САФ (частота комутації, робочий (номінальний) струм і робоча (номінальна) напруга, напруга накопичуючого конденсатора в колі знакопостійної напруги) вибирають виходячи з розрахункового режиму [7, 8].

Таким чином, постає задача обмеження заданого струму САФ в частині алгоритму активної фільтрації за наступних умов:

- при перевантаженні (діюче значення струму навантаження перевищує гранично-припустимий рівень, на який розрахована силова частина САФ);
- при короткомці замиканні кола навантаження САФ на поточній чи суміжній ділянках системи електропостачання на період достатній для спрацювання протиаварійної автоматики.

САФ забезпечує формування заданого струму i_{apf}^* , який в ході роботи пристрою порівнюється з актуальним струмом САФ (струм отриманий з датчиків) та здійснюється регулювання вихідного параметру за відхиленням. За принципом релейного регулювання похибка струму, а точніше її знак, є знакою для формування імпульсів керування транзисторами верхнього чи нижнього плеча перетворювача [8].

Виконання обмеження у разі застосування відповідної ланки обмеження, призведе до зміни форми струму, що, у свою чергу, спричинить відповідні порушення процедури формування струму і принципу компенсації. Раціональним рішенням автори бачать запропоновану ідею масштабування струму до величини, що не перебільшуватиме припустиме діюче значення струму напівпровідникових вентилів силової частини I_{max} .

На основі викладеного, пропонується наступна методика обмеження струму САФ:

1. Задають значення максимального струму I_{max} , яке зумовлене властивостями вентилів перетворювача САФ.
2. Визначають діюче значення заданого струму САФ i_{apf}^* за період основної гармоніки ($T=0,02$ с):

$$I_{RMS} = \|i_{apf}^*\| = \sqrt{\frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} (i_{apf}^*)^2 dt}. \quad (1)$$

3. Визначають співвідношення визначеного діючого значення струму до заданого максимального:

$$k = \frac{I_{max}}{I_{RMS}}. \quad (2)$$

4. У разі, якщо діюче значення струму САФ нижче за максимальне, виконувати обмеження не потрібно (параметр масштабування дорівнює одиниці). У разі, якщо діюче значення струму САФ перевищує максимальне, необхідно виконувати обмеження на величину перевищення, а коефіцієнт масштабування визначають з виразу:

$$K = \begin{cases} 1, & \text{for } k \geq 1 \\ k, & \text{for } k < 1 \end{cases}. \quad (3)$$

Остання з умов може бути виконана з використанням блоку обмеження.

5. Поточне задане значення струму САФ масштабують:

$$i_{apf}^* = K i_{apf}^*. \quad (4)$$

Для реалізації розробленої методики пропонується блок-схема підсистеми обмеження струму силового активного фільтру, що наведена на рис. 1.

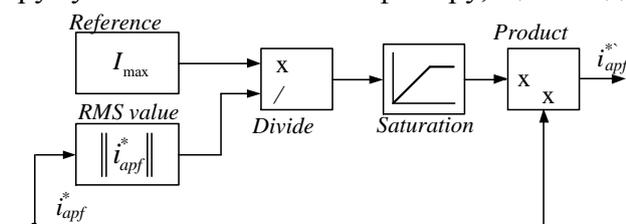


Рисунок 1 – Блок-схема підсистеми обмеження струму САФ

Запропонована блок-схема реалізовується в підсистемі формування заданого струму САФ. Реалізація запропонованої методики дозволить обмежити до гранично допустимого рівня струм САФ в умовах перевантаження або короткого замикання, шляхом масштабування величини заданого струму САФ до рівня припустимого.

Застосування методики обмеження струму САФ, до гранично допустимого рівня, можливо синтезувати до різних алгоритмів активної фільтрації, що базуються на теоріях потужності.

ВИСНОВКИ. Запропоновано методику обмеження до гранично допустимого рівня струму САФ та блок-схему підсистеми обмеження струму САФ, що дозволяє реалізовувати основний алгоритм роботи САФ в режимах його перевантаження або короткого замикання.

Література

1. Жежеленко И.В., Саенко Ю.Л. Показатели качества электроэнергии и их контроль на промышленных предприятиях. – 3-ие изд. перераб. и доп. – Москва: Энергоатомиздат, 2000. – 252 с.
2. Давидов О.Ю., Бялобржеський О.В. Аналіз засобів компенсації реактивної потужності // Вісник КрНУ ім. М. Остроградського. – 2010. – № 3. – С. 132–136.
3. Алексеев Б.А. Активные фильтры высших гармоник // Электро. – 2007. – № 3. – С. 28–32.
4. Жемеров Г.Г., Ильина О.В. Теория мощности Фризе и современные теории мощности // Электротехника і електромеханіка. – 2007. – № 6. – С. 63-65.
5. Akagi H., Watanabe H., Aredes M. Instantaneous power theory and applications to power conditioning. – Hoboken, New Jersey, USA: IEEE Press, 2007. – 379 p.
6. Власенко Р.В., Бялобржеський О.В. Застосування силового активного фільтру при компенсації компонент струму несиметричного нелінійного навантаження в чотирипровідній мережі // Вісник Приазовського державного технічного університету: зб. наук. праць. Серія: «Технічні науки». – 2015. – № 31. – С. 156-165.
7. Zakis J., Rankis I. Comparison of flexible systems of reactive power compensation. 5th International symposium „Topical problems in the field of electrical and power engineering”, doctoral school of energy and geotechnology kuressaare, Estonia, January 14-19, 2008, pp. 99-102.
8. Бялобржеський О.В., Власенко Р.В. Зв'язок електроенергетичних параметрів режиму однофазного активного фільтру з параметрами його накопичувачів // Науковий вісник НГУ. – 2015. – № 148. – С. 79-84.

Хілов В.С. професор, д-р техн. наук, Кобилянський С.В., аспірант,
Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНА СИСТЕМА ПУСКУ ЕЛЕКТРОДВИГУНА ЗМІННОГО СТРУМУ

Постановка проблеми і її зв'язок з прикладними завданнями. Особливості електромагнітної сумісності приводних систем механізмів циклічної дії і систем електропостачання, що містять протяжні кабельні лінії обумовлюють застосування головних приводів механізмів циклічної дії за системою генератор - двигун. [1]. Інші приводні системи у механізмах циклічної дії широкого застосування не отримали, що пояснюється їхньої електромагнітною несумісністю.

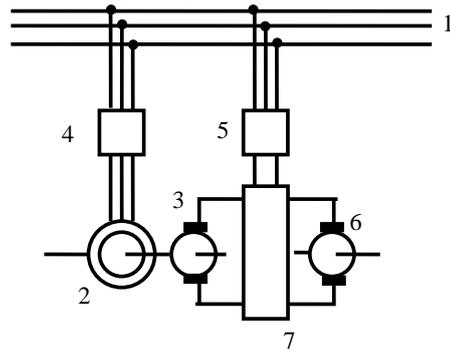
Для перетворення нерегульованої електромагнітної енергії змінного струму в регульовану енергію постійного струму в енергоємних електромеханічних системах генератор-двигун використовуються багатомашинні перетворюючі агрегати, в яких на одному валу знаходяться ротор мережевий машини змінного струму та якорі генераторів постійного струму. Пуск багатомашинного агрегату проводиться прямим вмиканням мережевий машини змінного струму. Це призводить до значних пускових струмів і неприпустимого зниження напруги в мережі живлення, що є причиною зменшення часу напрацювання на відмову і передчасного виходу машини змінного струму з експлуатації, тому технічними умовами обмежується кількість прямих пусків мережевого двигуна. Неможливість оперативного відключення і пуску генераторної групи веде до підвищеного енергоспоживання на холостому ході агрегату.

Аналіз досліджень і публікацій. Найбільш близьким до запропонованого рішення за технічною сутністю і досягнутому результату є спосіб пуску генераторної групи механізму циклічної дії, коли багатомашинний агрегат пускається із застосуванням тиристорного випрямляча у якірному колі генератора постійного струму з подальшим підключенням мережевого двигуна на напругу живлення. У цьому способі для зменшення пускових струмів застосовується пристрій плавного пуску генераторної групи системи генератор-двигун в якому у період пускових операцій, до вмикання машини змінного струму на напругу мережі живлення, підключається тиристорний випрямляч у якірне коло генератора постійного струму. Розгін генераторної групи, при відключеній мережевий машині змінного струму від системи електропостачання, проводиться енергією, що надходить від мережі змінного струму через випрямляч на якірне коло генератора постійного струму. Після закінчення розгону відключається від мережі електропостачання випрямляч і підключається до мережі машина змінного струму. Істотним недоліком такого пускового пристрою є застосування тиристорного випрямляча, який в пускових режимах при великих провалах напруги мережі не синхронізується з мережею, що призводить до аварійної зупинки всього агрегату. Іншим недоліком є невідповідність максимальної вихідної напруги тиристорного випрямляча номінальній напрузі якірного кола, що вирішує проблему безударного пуску лише частково, так як мережевий двигун може розігнатися тільки до половинної синхронної швидкості з подальшим прямим пуском.

Постановка задачі. В основу дослідження поставлено розв'язання задачі безударного пуску електромеханічної генераторної групи та електромагнітною сумісністю перетворювача з кабельною мережею і якірним колом генераторної групи.

Основний матеріал результатів дослідження. Поставлена задача вирішується тим, що в багатомашинний агрегат, що містить на одному валу машину змінного струму та генератори постійного струму в якірне коло генератора, в період пуску, вмикається індуктивно-ємнісний перетворювач з трифазним випрямлячем. Індуктивно-місткості перетворювач дозволяє синхронізувати рівні напруги на виході некерованого випрямляча з номінальною напругою якірного кола, а з іншого боку такий перетворювач повністю зберігає працездатність при зниженні напруги у мережі.

Спосіб плавного пуску генераторної групи реалізується пристроєм, функціональна схема якого приведена на рисунку, де позначено: 1 - система електропостачання; 2 - мережева машина змінного струму; 3 - якор збудженого генератора постійного струму; 4 - двопозиційне перемикаючий пристрій; 5 - індуктивно-ємнісний перетворювач з трифазним випрямлячем; 6 - якор збудженого двигуна постійного струму; 7 - трипозиційне перемикаючий пристрій в колах постійного струму індуктивно-ємнісного перетворювача, двигуна постійного струму і генератора постійного струму.



У початковому стані двопозиційний комутатор 4 знаходиться в першому положенні і мережеві обмотки машини змінного струму 2 від'єднанні від системи електропостачання 1. Другий комутуючий пристрій 5 перебуває в першому положенні, шини постійного струму індуктивно-ємнісного перетворювача з трифазним випрямлячем 5 під'єднані до шин постійного струму генератора постійного струму 3, а шини двигуна постійного струму 6 від'єднанні від шин генератора 3 і індуктивно-ємнісного перетворювача 5. Електромагнітна енергія надходить від системи електропостачання 1 через індуктивно-ємнісний перетворювач з трифазним випрямлячем на шини генератора постійного струму 6, який працює як двигун і розганяє машину змінного струму 2 до заданої частоти обертання. При досягненні заданої частоти обертання машиною змінного струму 2 двопозиційний комутатор 5 відключає шини постійного струму індуктивно-ємнісного перетворювача з трифазним випрямлячем 5 від шин генератора 3 і підключає шини генератора постійного струму 3 до шин постійного струму двигуна 6.

Індуктивно-ємнісний перетворювач з трифазним випрямлячем має високі енергетичні характеристики, які призводять до підвищення коефіцієнту потужності, зменшення коефіцієнту викривлення і суттєвого зменшення реактивної потужності, та потужності викривлення у періоди пуску генераторної групи.

Впровадження запропонованого способу плавного пуску генераторної групи дозволяє усунути ударні струми в момент підключення машин змінного струму до мережі електропостачання, підвищити безаварійний ресурс машини змінного струму, вдосконалити енергетичні показники в періоді розгону генераторної групи та усунути вплив на систему електропостачання та під'єднаних до неї навантажень.

Список літератури

1. Автоматизированный электропривод – современная основа автоматизации технологических процессов [Текст] / М.П. Белов, В.А. Новиков, Л.Н. Рассудов, А.А. Сушников. // Электротехника. – 2003. – №5. – С. 12–16.
2. Волков И.В., Исаков В.Н. Электроприводы со стабилизированным током в силовых цепях [Текст] / И.В.Волков, В.Н.Исаков. – М.: Радио и связь – 1991. – 216с.
3. Ильинский Н.Ф. Электроприводы постоянного тока с управляемым моментом [Текст] / Н.Ф.Ильинский. –М.: Энергоиздат – 1981. – 144 с.
4. Khilov, V.S. A solution to the problem of frequency compatibility between drive system and dynamic parameters of drilling rings [Text] / Energy Efficiency Impotent of Geotechnical Systems. – 2013. – p. 93-103.
5. Ропало В.М., Хілов В.С. Спосіб пуску двигуна змінного струму генераторної групи. – Патент 73248 України – Опубл. 10.09.2012. Бюл. №17, 2012.

Ломов М.І., ст. 266-м групи

Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна, Дніпро, Україна.

СИМЕТРУВАННЯ НАВАНТАЖЕННЯ ТЯГОВОЇ ПІДСТАНЦІЇ ЗМІННОГО СТРУМУ

Одним з основних пріоритетів стратегічного плану розвитку залізничного транспорту на період до 2020 року є зниження питомої витрати електроенергії на тягу поїздів. Значним потенціалом для вирішення поставленого завдання володіють залізниці, електрифіковані за системою електропостачання змінного струму промислової частоти. Як відомо, найбільш істотними недоліками такої системи є несиметричне завантаження фаз живлячої мережі та високе споживання реактивної потужності. Перспективним напрямком щодо зменшення енерговитрат системі тягового електропостачання є підвищення якості споживаної електроенергії, що безпосередньо пов'язано з проблемою енергозбереження на залізничному транспорті.

Зазвичай, на залізницях України, для вирішення проблеми несиметричного завантаження фаз живлячої мережі і високого споживання реактивної потужності застосовують схему «гвинта» при підключенні тягових підстанцій до системи зовнішнього електропостачання та встановлюють компенсуючі (фільтро-компенсуючі) пристрої. Застосування того чи іншого підходу, навіть при їх комплексному поєднанні, не дає бажаного результату, оскільки ні схема «гвинта» ні застосування ФКП не позбавлені значних недоліків.

Застосування ФКП хоча і дозволяє поліпшити значення коефіцієнта потужності електричної тяги, підвищити напругу на струмоприймачі, зменшити несиметрію струмів, здійснити фільтрацію 3-ї і 5-ї гармонік (найбільш виражених в тяговому струмі). Однак їх ефективність значно знижується в умовах різкозмінних навантажень, характерних для тягового електропостачання. Крім того, мало контролюються перехідні процеси, що виникають при включенні і відключенні ФКП. У регульованих ФКП батареї конденсаторів підключаються до шин підстанції через тиристорні ключі. При цьому струм через ФКП може регулюватися як ступінчато, шляхом зміни числа паралельно включених конденсаторів, так і плавно, шляхом зміни кута відкриття тиристорів. Однак і такий фільтро-компенсуючий пристрій не позбавлений недоліків. Для плавного ступінчастого регулювання необхідна велика кількість тиристорних ключів і конденсаторів, а при безступінчастому регулюванні ФКП сам стає джерелом вищих гармонік. Крім цього, регульований фільтро-компенсуючий пристрій не здатний в повній мірі усунути несиметрію струмів тягової підстанції, особливо при використанні сучасного ЕРС з чотириквандрантними перетворювачами.

Для вирішення проблеми несиметричного відбору потужності тяговими підстанціями від енергосистеми запропоновані наступні варіанти: підключення слабозавантажених фази тягового трансформатора до різних фазам живильної лінії електропередачі, застосування спеціальних симетрувальних трансформаторів (Скотта, Леблана, Штейнмеца) або симетрувальних приставок, спеціальна система тягового електропостачання 94 кВ. Необхідно відзначити, що спеціальні симетрувальні трансформатори забезпечують повне симетрування тільки при рівності струмів плечей живлення, але вже при невеликій різниці між навантаженнями правого і лівого плечей ефект від таких трансформаторів стає досить малим. Система 94 кВ, розроблена проф. Мамошиним Р.Р., може застосовуватися в основному при будівництві нових ділянок, переробка існуючих економічно не вигідна. При чергуванні підключення слабозавантаженої фази тягового трансформатора до фаз живильної лінії, симетрування навантаження можливо тільки у районній підстанції, втрати в лініях електропередач і тягових трансформаторах залишаються незмінними. Крім того, при двосторонньому живленні тягових підстанцій для симетрування навантаження необхідно до ліній живлення підключати шість підстанцій з чергуванням фаз їх підключення, що далеко не завжди можливо здійснити.

Таким чином, виходячи з наведеного аналізу можна зробити висновок, що існуючі способи підвищення якості електроенергії, споживаної тяговими підстанціями змінного струму з мережі зовнішнього електропостачання, не задовольняють сучасним вимогам. Такі способи призначені для вирішення конкретного завдання і не можуть забезпечити ефективного зниження електромагнітного впливу тягових підстанцій змінного струму на мережу зовнішнього електропостачання одночасно відразу за кількома показниками якості електроенергії. Існуючі пристрої підвищення енергоефективності тягових підстанцій змінного струму володіють наступними основними недоліками: ступінчасте регулювання реактивної потужності, є джерелами вищих гармонік, мають високі питомі масогабаритні показники. Тому потрібна розробка нових пристроїв для можливості комплексного підвищення показників якості електроенергії, споживаної тяговими підстанціями змінного струму.

В якості таких пристроїв можуть застосовуватися силові перетворювачі, побудовані на повністю керованих напівпровідникових приладах. Розвиток елементної бази силової електроніки і методів високочастотної модуляції привели до створення класу пристроїв, що поліпшують якість електроенергії. Такі пристрої створюються на базі повністю керованих напівпровідникових приладів і можуть працювати в чотирьох квадрантах взаємного розташування векторів струму і напруги. Залежно від необхідних функцій такі перетворювачі отримали різні назви: активні фільтри, статичні компенсатори реактивної потужності, мережеві інвертори, кондиціонери мережі. Застосування повністю керованих напівпровідникових приладів дозволяє створювати необхідні компенсуючі струми з малим вмістом вищих гармонійних складових за рахунок використання методів широтно-імпульсної модуляції. На сьогоднішній день недостатнім є питання про застосування вищеназваних типів перетворювачів в якості пристроїв, що знижують несиметрію споживаних струмів. Дану функцію найдоцільніше розглянути стосовно до статичного компенсатора, доповнивши вже існуючу схему компенсацією реактивної потужності.

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА ДЕРЕВНОГО ВУГІЛЛЯ З УТИЛІЗАЦІЄЮ ВІДХОДІВ ЛІСНОГО ТА СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

Актуальність застосування деревного вугілля в металургії і енергетиці України до недавнього часу не була достатньо обґрунтована. Розвитку напрямків широкомасштабного використання деревного вугілля цими галузями промисловості перешкоджав ряд причин.

По-перше, запаси коксівного вугілля, а також обсяги його імпорту, не можна порівняти з можливими обсягами виробництва деревного вугілля. Однак сьогодні нарощування виробництва коксу практично повністю реалізується за рахунок збільшення імпорتنих поставок. У 2016-2017 роках частка імпорту дещо знизилася. Причиною цього стало викликане кризою падіння попиту, а не збільшення пропозиції української вугільної продукції.

По-друге, отримання якісного деревного вугілля з використанням застарілих технологій та обладнання неможливо. При сьогоднішніх цінах на коксівне вугілля, деревне вугілля цілком може конкурувати за своєю собівартістю з коксом і коксовою дрібницею. Розширення ринку виробництва деревного вугілля можливо за рахунок використання не тільки цільної деревини, але і її дрібних відходів, таких як тирса, стружка, тріска. Деревне вугілля може бути отримане шляхом переробки відходів сільськогосподарської промисловості: стебла кукурудзи і соняшнику; лузга соняшника; лушпиння гречки та ін.

По-третє, зростання числа кустарних нелегальних підприємств і відсутність великих підприємств з виробництва деревного вугілля, здатних забезпечити необхідні поставки палива для металургів та енергетиків. Це призводить до несанкціонованої вирубки лісу, збільшення шкідливих викидів. При кустарному виробництві, як правило, використовується обладнання з низьким ККД. Варто відзначити, що деревне вугілля при легальному його виробництві не завжди конкурентоспроможне через високу вартість вихідної сировини. Отримане деревне вугілля використовують для побутових потреб (камінні, барбекю, мангали та ін.).

У той самий час з дрібнодисперсних відходів сільськогосподарської промисловості можна отримувати високоякісне вугілля з вмістом вуглецю не менше 85%. При цьому собівартість одержуваного вугілля значно нижче за рахунок використання відходів. Вирішується також питання утилізації даних відходів. Сфера застосування такого вугілля достатньо багатогранна: використовується при виробництві кристалічного кремнію в якості відновника; при виробництві сірковуглецю і активованого вугілля; застосовується у побутовій та комунальній сферах для очищення питної води та стоків; використовується як органічне добриво, здатне зберігати в ґрунті воду й поживні речовини, що різко підвищує родючість ґрунту і продуктивність сільського господарства; як сировина для отримання вуглецевих наноматеріалів; а також в якості палива в енергетичних установках.

Для вирішення питання про перспективність великих поставок деревного вугілля металургам і енергетикам України потрібен принципово новий підхід до його виробництва та реалізації. Тут першочерговим завданням є розробка енергоефективної та екологічно безпечної технології виробництва деревного вугілля. Технологія повинна бути універсальною і орієнтованою на переробку різних видів деревини і сільськогосподарських відходів. Одержуване деревне вугілля повинне відповідати стандартам якості. Вирішенню цього завдання і присвячена дана робота.

У Національній металургійній академії України на кафедрі промислової теплоенергетики розроблено технологію отримання деревного вугілля, яка пройшла напівпромислово апробацію.

Деревне вугілля отримують шляхом окислювального піролізу дрібнодисперсної біомаси в щільному шарі, як окислювач використовують повітря. Вторинним продуктом процесу є

піролізний газ, який можна використовувати для отримання теплової енергії, в якості газоподібного палива, а також переробляти в рідке паливо. Основними перевагами окислювального піролізу є: проведення процесу піролізу без зовнішнього джерела тепла; використання біомаси зі значною вологістю до 50%, без попередньої обробки.

В якості вихідної сировини використовуються тверді види дрібнодисперсної біомаси: відходи деревини (тріска, кора та інш.); сільськогосподарські відходи (лузга соняшника, лушпиння гречки, рисова лузга, солома, стебла кукурудзи і соняшнику, та інш.).

На основі проведених експериментальних досліджень, в даній роботі розроблено технологічну схему процесу виробництва деревного вугілля, що наведено на рис. 1.

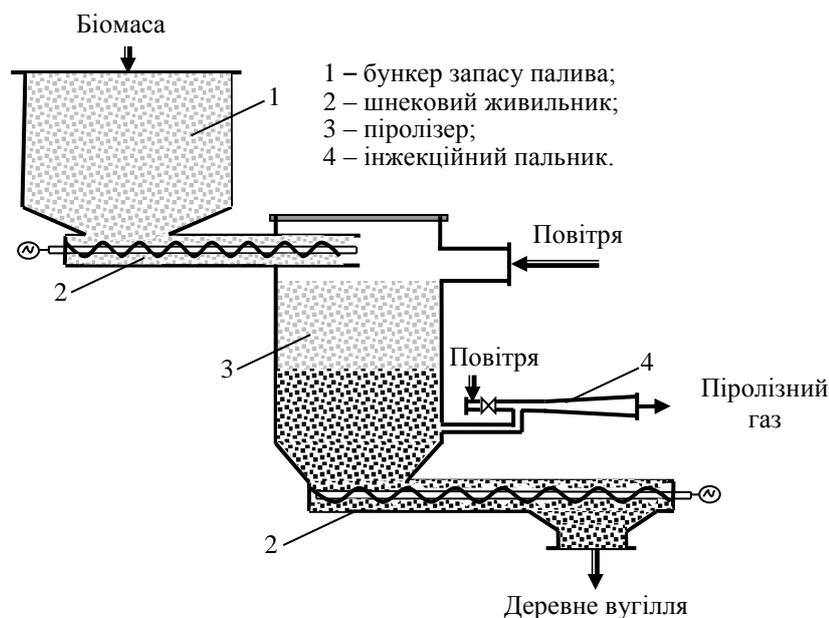


Рис. 1. Технологічна схема процесу виробництва деревного вугілля

Висновки:

Таким чином проблема утилізації відходів лісного та сільського господарства з метою очищення лісопосадок та місць зберігання відходів є гострою для України в цілому. Консолідація дій підприємств та екологів сприятиме максимальному ефекту від впроваджених заходів. Відповідно до політики розвитку країни переробка відходів є важливішим фактором для досягнення мети поліпшення екологічного стану. Значна частина відходів є дрібнодисперсними: лузга соняшника, лушпиння гречки, лісовий хворост та інш. Переробкою таких відходів підприємці майже не цікавляться. Причиною низького попиту є відсутність технології переробки сировини. Водночас на ринку країни є значний попит на біовугілля яке використовується, як для енергетичних, так і для побутових потреб.

Остренко Д.О., аспірант, Колларов О.Ю., канд. техн. наук, доцент
 ДВНЗ *Донецький національний технічний університет, Покровськ, Україна*

ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ ПРОБЛЕМ ВИКОРИСТАННЯ ВОДНЄВО-КИСНЕВИХ ПАЛИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ В АВТОТРАНСПОРТІ

Паливні елементи являють собою спосіб електрохімічного перетворення енергії водневого палива в електричну, де єдиним побічним продуктом процесу перетворення є вода. Водневі паливні елементи здійснюють перетворення хімічної енергії палива в електрику, минаючи малоефективні, що йдуть з великими втратами, процеси горіння і перетворення теплової енергії в механічну.

Водень-повітряний паливний елемент з протон-обмінною мембраною (PEMFC) є однією з найбільш перспективних технологій паливних елементів.

Водневе паливо, яке використовуються зараз в паливних елементах, зазвичай виходить з парового риформінгу метану (тобто перетворення вуглеводнів за допомогою пари і тепла в метані) хоча цей підхід може бути і більш "зеленим", наприклад, електроліз води з використанням сонячної енергії. І тут варто зазначити, що в такому випадку пристрої, що використовують водень інтегруються в загальну «розумну» мережу, що має загальновідому назву «Smart Grid».

Незалежно від відмінності у трактуванні цього поняття, яке використовуються різними науковими установами, загальним для даної концепції є системна модернізація галузі, що включає всі її складові: генерацію, передачу, розподіл, збут і диспетчеризацію[1]. Структурну схему концепції зображено на рисунку 1.

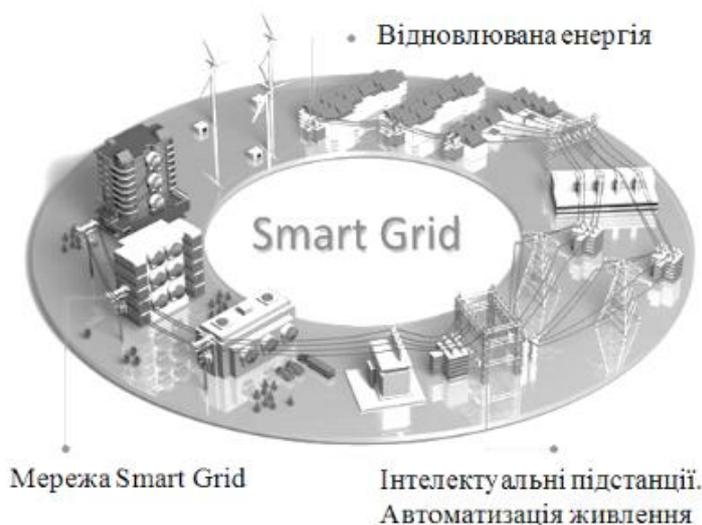


Рисунок 1 – Структурна схема концепції «Smart Grid»

Сучасна система управління розподілом електричної енергії допомагає забезпечити баланс, необхідний для надійної експлуатації різних джерел електрики, в умовах безперервної зміни рівня споживання та топології мережі розподілу електроенергії.

Повертаючись до розгляду паливного елемента, що зображено на рисунку 2, варто також розглянути фізичні та хімічні процеси, які відбуваються в самому елементі.

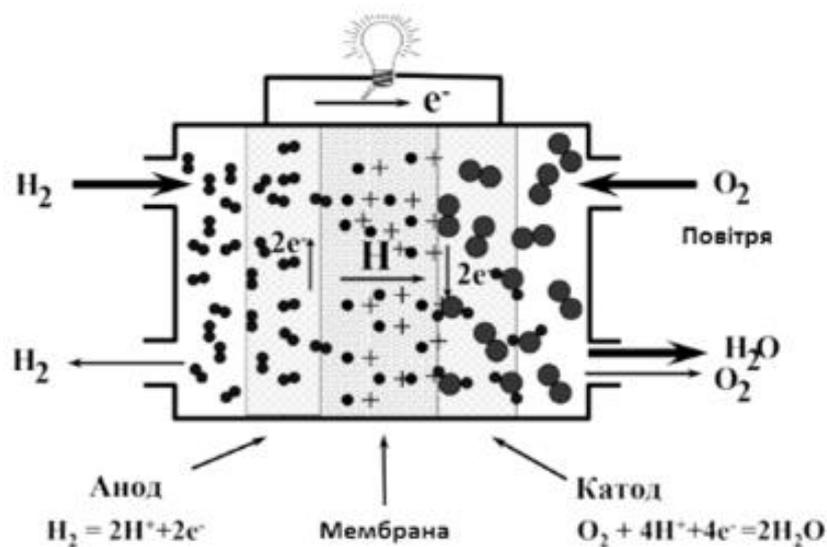
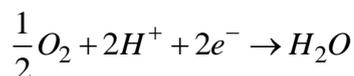


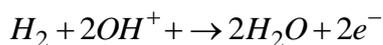
Рисунок 2 – Структурна схема пристрою на водні

Ці процеси умовно можна поділити на три групи, за їх розташування в пристрої, та скласти відповідні рівняння на цих елементах:

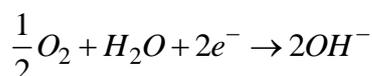
Реакція на катоді:



Реакція на аноді:



Результуюча реакція:



В сучасних паливних елементах з кислим електролітом, водень подається через порожнистий анод, надходячи через дрібні пори в матеріалі електрода, і потрапляє в електроліт. У процесі відбувається розкладання молекул водню на атоми, які перетворюються в іони з позитивним зарядом, віддаючи по одному електрону. Кисень подається на катод і також надходить в електроліт, вступаючи в реакцію з воднем за участю каталізатора. При з'єднанні кисню з воднем і електронами зовнішньої ланцюга утворюється вода.

Якщо дивитися на пристрій, що досліджується, вже в системі керування електричною енергією, то пропонується використовувати систему, що зображено на рисунку 3.

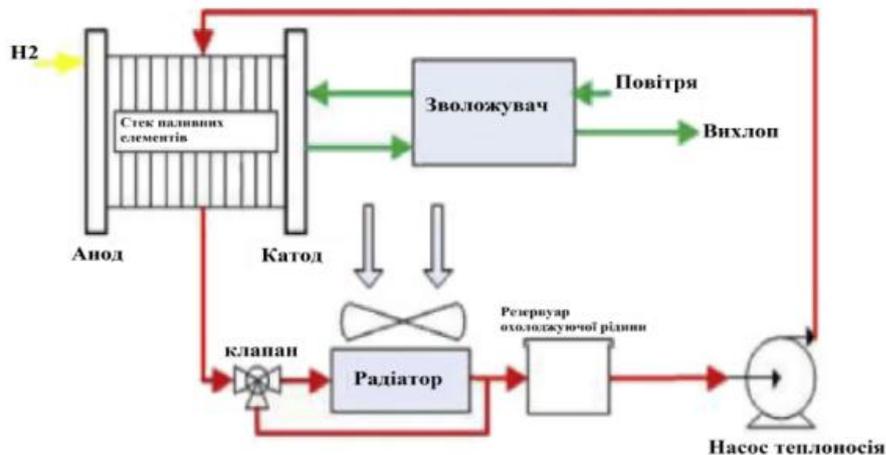


Рисунок 3 – Структурна схема керування паливного

Зрозуміло, що в системі, яка включає в склад воднево паливні елементи, повинні бути вирішені дві головні проблеми:

1) Проблема надмірного нагрівання елемента, що може бути спричинено різким підняттям значення напруги [2];

2) Проблема «змерзання» елемента, через те що на вхід потрапляє рідкий водень, а його температурне значення знаходиться в межах 14,01-20,28K(або -259,14-252,84 °C).

Вирішення цих проблем проілюстровано на рисунку 4.

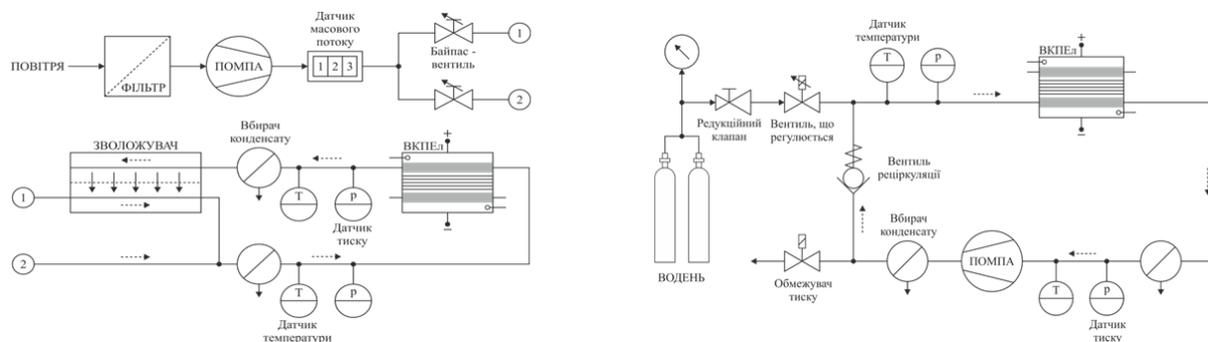


Рисунок 4 – Структурна схема – охолодження та нагрівання паливного елемента

Висновки. В даній роботі було зроблено огляд шляхів практичного вирішення проблем, що виникають при застосуванні паливних елементів в автотранспорті. Де є небезпечним відхилення температурного значення від заздалегідь заданого проміжку допустимих параметрів. Роботу було перевірено в програмному пакеті Matlab. В подальшому планується промоделювати процес на практичному стенді.

Література

1) Байрачний Б. І. Технічна електрохімія : Підручник для вищих навч. закл. за напрямками підготов.: "Техн. електрохімія", "Хім. технологія та інженерія". Ч. 2. Хімічні джерела струму / Б. І. Байрачний; Нац. техн. ун-т "Харк. політехн. ін-т". - Х.: Прапор, 2003. - 174 с. - Бібліогр.: с. 159-160.

2) Кузьмінський Є.В. Паливні елементи. І. Сучасний стан розроблення/ Є. В. Кузьмінський, К. О. Щурська, І. А. Самаруха // Відновлюв. енергетика. - 2013. - № 1. - С. 90-96.

3) Brodnikovska I. Characterization of SOFC electrolytes using impedance spectroscopy analysis (overview) = Дослідження електролітів ТОПЕ методами імпедансної спектроскопії (огляд) / I. Brodnikovska // Електроника и связь. - 2015. - 20, № 1. - С. 9-17.

Стьопкін В.В., доцент кафедри ЕТ та ЕП, к.т.н.,
 Цапко В.В., ст. гр.АПО1-14М, Баль М.І., ст. гр.АПО1-14М
Національна металургійна академія України, Дніпро, Україна

МОДЕЛЮВАННЯ ПЕРЕХІДНИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ ЧАСТОТНОМУ СКАЛЯРНОМУ КЕРУВАННІ ШВИДКІСТЮ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА

Метою роботи є створення математичної моделі для проведення досліджень перехідних процесів при частотному скалярному керуванні швидкістю асинхронного двигуна із додатним зворотним зв'язком за струмом та від'ємним зворотним зв'язком за швидкістю. Розрахунок перехідних процесів виконаний шляхом математичного моделювання у пакеті SimPowerSystem (Matlab) із використанням рекомендацій джерел [1-3]. Використані параметри асинхронного двигуна 4А160S8 потужністю 7,5кВт. Моделювання виконано у відносних одиницях.

Структурні схеми системи керування зі скалярною ІR-компенсацією та з від'ємним зворотним зв'язком за швидкістю наведені на рис. 1а,б.

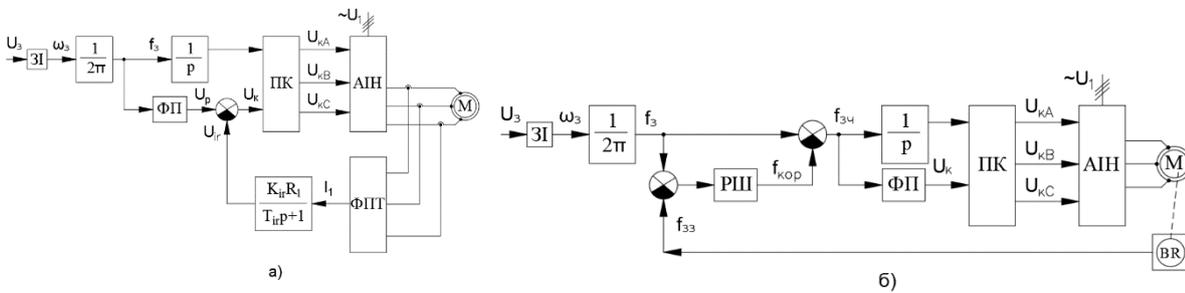


Рис.1. Структурні схеми системи керування зі скалярною ІR-компенсацією (а) та від'ємним зворотним зв'язком за швидкістю (б)

На рис.1,а задавач інтенсивності ЗІ формує криву розгону двигуна. Сигналу завдання U_3 відповідає завдання на частоту f_3 . Функціональний перетворювач ФП формує залежність між частотою та напругою перетворювача, встановлюючи один із законів керування E_1/f_1 . При скалярній ІR-компенсації сигнал керування U_k є сумою сигналу регулювання U_p та сигналу додатного зворотного зв'язку за струмом U_{ir} :

$$U_k = U_p + U_{ir} = U_p + K_{ir} \cdot R_1 \cdot I_1,$$

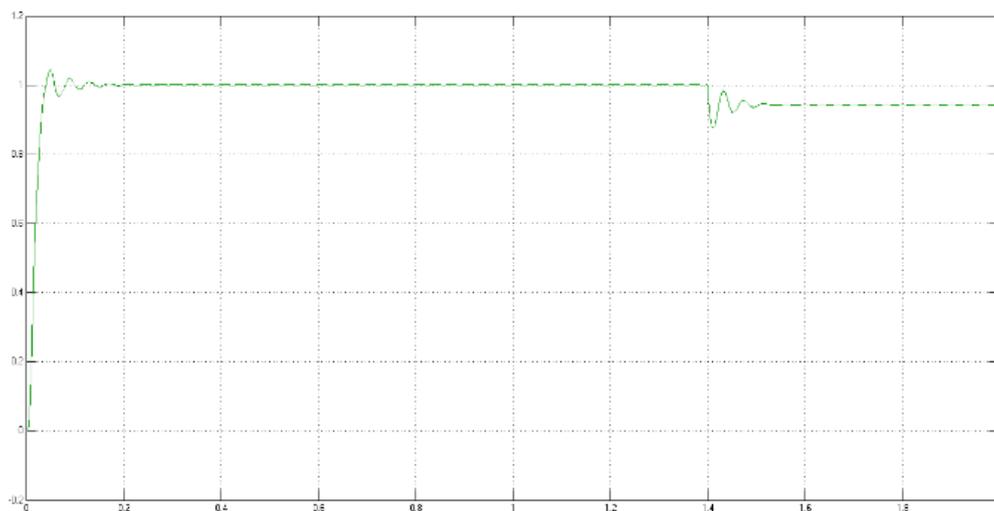
де K_{ir} – коефіцієнт додатного зворотного зв'язку за струмом; R_1 – активний опір обмоток статора; I_1 – сигнал, пропорційний діючим значенням струмів i_A, i_B, i_C обмоток статора двигуна.

Інтенсивність ІR-компенсації залежить від параметрів аперіодичної ланки, встановленої у колі додатного зворотного зв'язку за струмом:

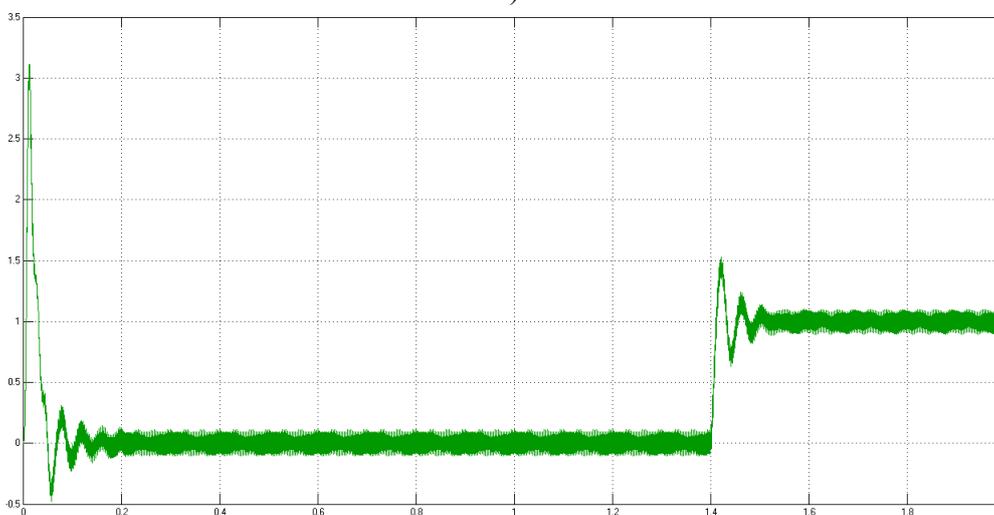
$$W_{ir}(p) = \frac{K_{ir} \cdot R_1}{T_{ir}p + 1},$$

де T_{ir} – постійна часу затримки контуру струму, с.

На рис.1,б в системі регулювання живлення асинхронного двигуна здійснюється від інвертора напруги АІН. Впливом керування є частота f . Завдання на напругу формує ФП із



а)



б)

Рис.3. Графіки перехідних процесів за швидкістю (а) та моментом двигуна (б)

Отримана математична модель скалярної системи керування асинхронним двигуном при наявності зворотного зв'язку за струмом та швидкістю. Змодельовані графіки перехідних процесів за швидкістю та моментом у відносних одиницях, визначена статична помилка регулювання швидкості (5%).

Перелік посилань

1. Simscape Power Systems Examples [Електронний ресурс] // MathWorks. — Режим доступу: www.mathworks.com/help/physmod/sps/examples.html.
2. Герман-Галкин, С. Г. Matlab & Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК. — СПб.: КОРОНА-Век, 2008. — 368 с.
3. Черных, И. В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystems и Simulink. — М.: ДМК Пресс; СПб.: Питер, 2008. — 288 с.

ЗАКОНОМІРНОСТІ ПОДРІБНЕННЯ МАТЕРІАЛІВ

Подрібненням називається процес руйнування (деформування) твердих тіл під дією зовнішніх сил (наприклад, механічних, теплових і ін.). Процес подрібнення – це процес створення не тільки нових поверхонь твердого тіла. Подрібнення це складний фізико-хімічний процес збільшення потенційної енергії речовини, поверхневої енергії, енергії внутрішньої будови і, як наслідок, підвищення хімічної активності.

Велика частина досліджень присвячена оптимізації процесу подрібнення – процесу, головним в якому є отримання максимальної поверхні твердої речовини при мінімальних витратах енергії. Процес руйнування матеріалів при навантаженні розглядається на основі кінетичної теорії міцності, згідно з якою міцність твердих тіл залежить від температури і часу дії сили.

Руйнування (деформування) тіл, наприклад гірських порід, під дією зовнішніх механічних сил відбувається переважно по ослабленим перетинам, тріщинуватим і іншим дефектним місцям після переходу за межу міцності (пружності). Подрібнення умовно поділяється на дроблення, коли виходить продукт розміром більше 5 мм, і помел – продукт розміром менше 5 мм. Залежно від виду деформації тіл (характеру прикладення зовнішніх сил) застосовуються такі способи подрібнення: роздавлювання, розколювання, злам, удар і стирання.

Перераховані способи подрібнення є спільними як для дроблення, так і для помелу і в більшості випадків присутні в поєднанні, наприклад, роздавлювання і стирання, удару і стирання і т. д.

Подрібнення характеризується ступенем подрібнення (дроблення) і, яка визначається відношенням середніх розмірів матеріалу до і після подрібнення:

$$i = D_{сер} / d_{сер}.$$

Величина ступеня подрібнення досягає 1000 і визначається фізико-механічними властивостями і розміром матеріалу і конструкцією машини. Розрізняють дроблення велике ($d_{сер} = 100...350$ мм), середнє ($d_{сер} = 40...100$ мм) і дрібне ($d_{сер} = 5...40$ мм). Для дроблення матеріалу використовуються дробарки.

Ступінь дроблення в сучасних дробарках не перевищує 30.

Помел матеріалу буває грубий ($d_{сер} > 0,1$ мм), тонкий ($d_{сер} = 0,1...0,05$ мм) і надтонкий ($d_{сер} < 0,05$ мм) і здійснюється в млинах різних конструкцій.

Для подрібнення тіла до необхідного розміру необхідно затратити певну кількість енергії, що залежить від його розміру, міцності, форми, вологості, умов подрібнення і інших параметрів. Існує кілька теорій оцінки витрат енергії на подрібнення матеріалів.

Вперше гіпотеза про те, що робота, яка витрачається на подрібнення матеріалу, пропорційна новоствореній поверхні була запропонована Рітінгером в 1867 році. Звідки випливає, що така робота переходить в вільну поверхневу енергію в еквівалентних кількостях:

$$A = k_p S,$$

де A – питома робота подрібнення; k_p – коефіцієнт, який визначає роботу, затрачену на виробництво одиниці поверхні.

Проте, гіпотеза Рітінгера застосовна тільки при дрібному дробленні і помелі матеріалів з огляду на невелику похибку в оцінці витрат енергії на подрібнення. Практичне значення гіпотези невелике, так як важко визначити коефіцієнт пропорційності.

Відповідно до закону Кирпичева - Кіка, отриманого з теорії пружності, для руйнування ідеально крихкого тіла обсягу V потрібно зробити роботу, рівну:

$$A = \frac{P_0}{2E} V = k_k V,$$

де P_0 – границя міцності; E – модуль Юнга; k_k – коефіцієнт пропорційності.

Ця теорія справедлива для великого і середнього дроблення, де енергія витрачається в основному на деформацію матеріалу.

У 1940 р П. Ребиндер запропонував розрахункову формулу, в якій об'єднана робота, що витрачається на деформацію і утворення нових поверхонь:

$$A = k_p S + k_k V.$$

Дана формула Ребиндера також не отримала практичного застосування через відсутність рекомендацій щодо вибору значень коефіцієнтів пропорційності.

Існують і інші теорії процесів руйнування, такі як теорія Ф. Бонда, по якій робота, витрачена на подрібнення, пропорційна збільшенню параметра, що є середньо геометричним між обсягом і поверхнею. Досить численні спроби розвитку теорії подрібнення з повнішим урахуванням реальної структури і фізичних властивостей твердих тіл, впливу середовища, в якій йде подрібнення на сучасному етапі.

ОПТИМІЗАЦІЯ ВИКИДУ ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТЕС ВІДПОВІДНО ДО ЕНЕРГЕТИЧНОЇ СТРАТЕГІЇ УКРАЇНИ

Плани повної реконструкції всієї енергетичної галузі та безпосередньо спалювальних установок базується на Енергетичній стратегії України на період до 2035 року [1]. Один з найважливіших аспектів, який має бути врахований при переплануванні енергетичної галузі – екологічний. Для покращення стану екології України та приведення її показників до європейських стандартів був створений Національний план скорочення викидів від великих спалювальних установок [2]. Згідно з цим документом, ключовим кроком на першому етапі (до 2020 року) є дотримання екологічних норм.

Для того, аби на стільки знизити показники викидів в довкілля, можуть бути застосовані міри в двох напрямках:

- 1) перехід на більш якісне вугілля або його первинна переробка таким чином, щоб понижувався рівень шкідливих викидів;
- 2) модернізація обладнання та робота зі споживчими потребами.

Метою даної роботи є побудова такого річного плану споживання вугілля, який зберігаючи ринкову вартість 1го кВт електроенергії, що виробляється, та сукупного плану її виробництва, дозволив би обмежити викиди шкідливих речовин в навколишнє середовище заданим рівнем або мінімізувати їх.

Придніпровська ТЕС отримує для спалювання і виробництва електроенергії вугілля газової групи чотирьох марок: довгополуменеve (ДГ), газове жирне піснувате (ГЖП), газове (Г1), газове (Г2). Відносно кожної з марок відомі значення: вартість закупівлі (грн/т), витрата вугілля в тонах на виробництва однієї МВт*год електроенергії та викиди шкідливих речовин в навколишнє середовище при спалюванні одної тони даного палива. Також відомі мінімальні та максимальні припустимі обсяги споживання кожного з видів вугілля згідно з діючими контрактами, планове значення обсягів виробництва електроенергії на 2020 рік, річні внутрішні витрати електростанції на нього ж та встановлений державою тариф.

Враховуючи обмеження на викид шкідливих речовин в довкілля, математична модель задачі набуває вигляду:

$$F_1 = \sum_{i=1}^4 a_i x_i \rightarrow \min; \quad F_2 = \sum_{i=1}^4 b_i x_i \rightarrow \min; \quad F_3 = \sum_{i=1}^4 c_i x_i \rightarrow \min \quad (1)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} x_i^{\min} \leq x_i \leq x_i^{\max} \quad \forall i \in [1; 4] \\ \sum_{i=1}^4 q_i x_i + K_c \leq T \cdot A \\ \sum_{i=1}^4 d_i x_i \geq A \end{array} \right. \quad (2)$$

де F_1 – сумарний викид діоксиду сірки по всіх марках вугілля, яке спалюється протягом року; F_2 – сумарний викид оксидів азоту за тих же умов; F_3 – сумарний викид пилу за рік; a_i – відсотковий вміст сірки в процесі горіння для кожної марки вугілля; b_i – відсотковий вміст оксидів азоту в процесі горіння для кожної марки вугілля; c_i – відсотковий вміст пилу в процесі

горіння для кожної марки вугілля; x_1, x_2, x_3, x_4 – планове річне споживання вугілля відповідно марок марки ДГ, ГЖП, Г1 та Г2; q_i – вартість тони вугілля відповідної марки; d_i – витрата вугілля кожної марки на МВт*год.

Перш ніж вирішувати дану багатокритеріальну задачу, необхідно нормалізувати її критерії та сформулювати так званий узагальнений критерій, у якому враховано відносну важливість кожного з критеріїв за допомогою вагових коефіцієнтів [3]. Для цього кожній з цільових функцій з урахуванням всіх обмежень та без урахування решти цільових функцій, знаходимо їх точні верхні та нижні межі та масштабуємо на відрізок $[0; 1]$. Водночас експертом була надана оцінка шкідливості забруднюючих речовин, згідно з якою найнебезпечнішим для людини є дрібнодисперсний пил, менш шкідливий діоксид сірки, ще менш шкідливі оксиди азоту. З урахуванням експертної думки пріоритети критеріїв мінімізації викидів прийняті такими: $\alpha_1 = 0,3$, $\alpha_2 = 0,2$, $\alpha_3 = 0,5$.

Розв'язуючи задачу за допомогою методу найменших квадратів, отримуємо оптимальний план використання палива. Отримане рішення, хоча і задовольняє обмеженням на обсяги вироблення електроенергії та вартість КВт*год електроенергії, а також не порушує умов існуючих контрактів на постачання вугільної продукції, не задовольняє умовам, що встановлені Національним планом скорочення викидів для шкідливих речовин по Придніпровській ТЕС на 2020 рік. Якщо обсяг викидів двооксиду сірки не перевищують рекомендовані межі, так само як і очікувані викиди пилу, то викиди оксидів азоту перевищують припустиму межу.

В зв'язку з викладеним вище, була додатково вирішена задача побудови такого плану споживання вугілля за сортами, який би мінімізував тариф на електроенергію та задовольняв всім вимогам обмежень на викиди шкідливих речовин. Математична постановка задачі:

$$T' = \frac{\sum_{i=1}^4 q_i x_i + K_c}{A} \rightarrow \min \quad (3)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} x_i^{\min} \leq x_i \leq x_i^{\max} \quad \forall i \in [1; 4] \\ \sum_{i=1}^4 a_i x_i \leq \Delta_1; \quad \sum_{i=1}^4 b_i x_i \leq \Delta_2; \quad \sum_{i=1}^4 c_i x_i \leq \Delta_3 \\ \sum_{i=1}^4 d_i x_i \geq A \end{array} \right. \quad (4)$$

де Δ_1 – обмеження на викид діоксиду сірки по всіх марках вугілля, яке спалюється протягом року; Δ_2 – обмеження на викид оксидів азоту; Δ_3 – обмеження на викид пилу. Решта позначень – аналогічні формулам (1) – (2). Коефіцієнти при змінних у цільовій функції відповідають вартості кожного з типів вугілля, константа – постійним витратам станції на рік, а знаменник – плановому показнику виробництва електроенергії.

Розв'язуючи задачу (3) з обмеженнями (4) за допомогою симплекс-метода, отримуємо оптимальний план використання палива. Критерій T' – мінімальний тариф на вироблену електроенергію – при цьому приймає значення, що на 22,05% більше, ніж запланований НКРЕ. Тобто задля забезпечення екологічних вимог Придніпровській ТЕС доведеться збільшити тариф, за яким відпускається електроенергія, на 22,05%.

Перелік посилань:

1. Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність»/ Кабінет Міністрів України // розп. від 18.08.2017 р. № 605-р Київ. – 2017. – 73с.

2. Національний план скорочення викидів від великих спалювальних установок/ Кабінетом Міністрів України від 8го листопада 2017 року № 796-р. – Київ, 2017. – 12 с.

3. Ус С.А. Моделі й методи прийняття рішень: навч. Посіб. / С.А. Ус, Л.С. Коряшкіна // Дніпро: НТУ «ДП». – 2018. – 300 с.

ЗАСТОСУВАННЯ ЕВРИСТИЧНОГО АЛГОРИТМУ ДО ПРОЕКТУВАННЯ ПРОМИСЛОВИХ МЕРЕЖ

Вступ. У будь-якому сучасному підприємстві вирішення задачі стратегічного управління виробничим процесом неможлива без побудови та активного використання в виробничому процесі інформаційно-обчислювальних мереж. Підприємство включає в себе кілька рівнів і відповідних їм інформаційних технологій. При цьому однією з важливих задач є побудова оптимальної топології мережі відповідно до потреб.

Постановка задачі. Нехай заданий набір вузлів, між якими необхідно організувати передачу інформації у мережі. Припустимо також, що існують такі вузли, які можуть брати участь в передачі інформації лише опосередковано, тобто для них немає жодних вимог щодо передачі даних. При цьому заданий набір типів можливих з'єднань і їх вартість для кожної пари вузлів. Між двома вузлами трафік передається внаслідок побудови відповідних маршрутів. Також існують обмеження: пропускна здатність з'єднання обмежена і визначається його типом. Необхідно знайти такий спосіб з'єднання вузлів у мережу (а саме, побудувати оптимальну логічну і фізичну структуру), при якому виконуються задані умови передачі даних, а вартість такої мережі мінімальна. [1][3]

Математична модель. Сформульована задача відноситься до класу цілочисельних комбінаторних задач і є NP-повною. Для математичної моделі, наведеної у [1], що відповідає задачі, простір рішень містить у собі $\sum_{p=1}^P \sum_{k=1}^m (C_2^2 + \sum_{s=1}^{N-2} A_{N-2}^s)$ можливих рішень, де P, p – відповідно множина пар та номер пари вузлів, між якими необхідно передавати дані із заданою мінімальною швидкістю; k, m – відповідно число маршрутів і номер маршруту для передачі даних між вузлами p ; s – кількість проміжних вузлів, через які будується маршрут з'єднання вузлів p ; N – число можливих точок розташування вузлів. Задля зменшення часу роботи алгоритму вирішення задачі (особливо при великій кількості можливих вузлів) була введена умова, а саме: $\forall p \in P, m = 1$. Таким чином, враховуючи дану умову, простір рішень містить у собі $\sum_{p=1}^P (C_2^2 + \sum_{s=1}^{N-2} A_{N-2}^s)$ можливих рішень. Кінцева математична модель набуває вигляду:

$$F = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N c(i, j, u_{ij}) + \sum_{j=1}^N \eta_j r_j \rightarrow \min$$
, при обмеженні $\sum_{p=1}^P x_{pij} d_p \leq B(u_{ij})$, та при умові: якщо $\sum_{p=1}^P \sum_{i=1}^N x_{pij} > 0$, то $r_j = 1$, інакше $r_j = 0$, де F – сумарна вартість побудови мережі; i, j – номери місцезнаходжень можливих вузлів; $c(i, j, u_{ij})$ – вартість реалізації з'єднання типу u між вузлами i, j ; u_{ij} – тип з'єднання (якщо між вузлами i, j не потрібно передавати інформацію, то 0, інакше 1... l); l – число можливих типів з'єднання; η_j – вартість розташування вузла в точці j ; r_j – дорівнює 1, якщо в точці можливого розташування вузлу за номером j дійсно розташований вузол; x_{pij} – дорівнює 1, якщо маршрут, що з'єднує пару p проходить через пару вузлів i, j , інакше 0; d_p – кількість інформації, передачу якої в одиницю часу необхідно забезпечити між парою вузлів p ; $B(u_{ij})$ – максимальна пропускна здатність з'єднання типу u .

Вирішення задачі. Для вирішення задачі застосовано модифікований генетичний алгоритм. Генетичні алгоритми - це алгоритми пошуку, засновані на механіці природного відбору та генетики. Вони поєднують механізм виживання найбільш придатних серед штучних

істот із структурованим, але рандомізованим обміном інформацією, щоб сформувати алгоритм пошуку з деяким інноваційним чуттям людського пошуку. Хоча генетичні алгоритми є рандомізовані - це не прості випадкові ходіння. Вони ефективно використовують історичну інформацію для міркування щодо нових точок пошуку з очікуваною покращеною продуктивністю [4]. Однією з найважливіших модифікацій є мультихромосомний спосіб кодування, де кожна хромосома є послідовністю вузлів, що створюють маршрут з'єднання. Для тестування алгоритму були взяті дані 42-х розташувань можливих вузлів, для яких необхідно побудувати структуру мережі, що повинна об'єднати вузли $\{\{22, 4\}, \{22, 7\}, \{22, 19\}, \{22, 31\}, \{22, 36\}\}$. В якості вартостей з'єднання вузлів один з одним було взято відстані між вузлами. Також припустимо, що між вузлами потрібно передавати 1 одиницю інформації в одиницю часу. Одна з оптимальних структур наведена на рис. 1.

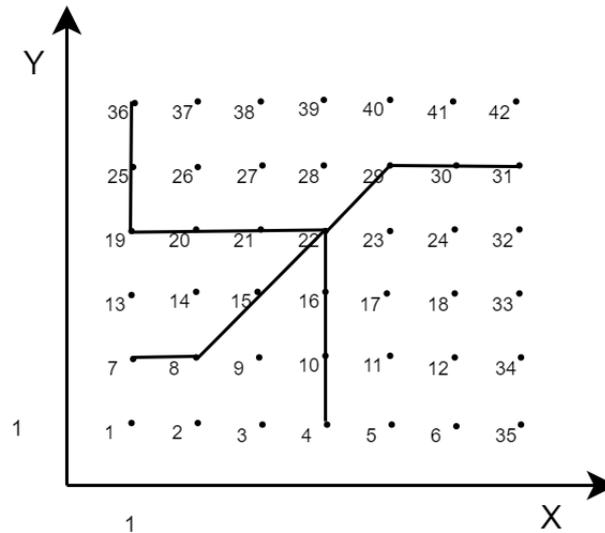


Рис. 1. Оптимальна структура мережі

Висновки. Отже, модифікований генетичний алгоритм продемонстрував ефективність щодо вирішення даної задачі, особливо в порівнянні із класичними переборними алгоритмами. Також було виявлено, що даний алгоритм чутливий до обраних підходів мутації, селекції та кросинговеру, що дає підґрунтя для подальших модифікацій. Для задач з великою розмірністю вхідних даних необхідне більш детальне дослідження оптимальних параметрів для пошуку рішень.

Перелік посилань

1. А. С. Татаренко, «Метод решения задачи оптимизации структуры распределенной вычислительной сети вуза на основе модифицированного генетического алгоритма», «Открытое образование» 1/2011.
2. Goldberg D.E. Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning. - Addison-Wesley Publishing Company, 1989 p.
3. Piore M., Medhi D. Routing, Flow, and Capacity Design in Communication and computer networks. – Elsevier, 2004. ISBN 0-12-557189-5.

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ СИНХРОННОГО ДВИГУНА З ПОСТІЙНИМИ МАГНІТАМИ В ГІБРИДНИХ ТЯГОВИХ ЕЛЕКТРОПРИВОДАХ

За останні десять років у розвитку електричних транспортних засобів здійснен великий крок вперед. Застосування електричного приводу замість приводу на базі двигуна внутрішнього згоряння має цілий ряд переваг, що відносяться до якості управління і успішного вирішення екологічних проблем [1].

З позиції функціонування тягових електромеханічних систем існують дві основні вимоги: отримання високих значень моменту двигуна для підвищення показників прискорення транспортного засобу, а також мінімізація втрат у системі для отримання максимальної енергоефективності. Вирішення цих питань досягається використанням тактики максимізації відношення момент-струм та використання методів керування з максимізацією коефіцієнта корисної дії [1,2].

В електроприводах з підвищеними вимогами до якості управління та енергоефективності найкращим чином показали себе синхронні двигуни з постійними магнітами. Така їх популярність пояснюється високою щільністю потужності, можливістю роботи з постійною потужністю у широкому діапазоні швидкостей, високі динамічні показники при керуванні електромагнітним моментом [2,3].

Ефективна реалізація режимів рекуперативного гальмування, як з точки зору побудови структури системи управління, так і з точки зору формування керуючих сигналів, необхідна для підвищення показників автономності таких транспортних засобів.

Розглянуто теоретичне узагальнення й розв'язання актуальної науково-технічної задачі аналізу режимів гальмування синхронних двигунів з постійними магнітами. Отримано залежності, що дозволяють аналітично описати область допустимих значень кутової швидкості двигуна та навантаження при роботі з ослабленням поля.

Результати досліджень показали, що синхронний двигун з постійними магнітами має складний математичний опис процесів які у ньому відбуваються, тому розділення режимів рекуперативного і нерекуперативного гальмування не є настільки очевидним, як, наприклад у випадку машин постійного струму.

При переході в режим рекуперативного гальмування необхідно виконувати обмеження величин напруг та струмів двигуна. У випадку, коли необхідне значення гальмівного моменту неможливо досягнути без перевищення даних змінних стану, необхідно застосовувати допоміжні (у найпростішому випадку – механічні) засоби гальмування.

Отримане граничне значення гальмівного моменту завдання системи, при перевищенні якого синхронний двигун з постійними магнітами переходить в режим нерекуперативного гальмування.

Шляхом математичного моделювання доведена коректність зроблених аналітичних розрахунків.

Список літератури

1. Коршунов А. И. Стационарные режимы синхронного двигателя с постоянными магнитами // Силовая электроника. 2008. № 3. Режим доступа: <http://www.kit-e.ru>, свободный.
2. Васьковский Ю. Н. Моделирование режимов работы тягового синхронного двигателя с постоянными магнитами [Электронный ресурс] / Ю. Н. Васьковский, Ю. А. Гайденок, А. Е. Русятинский // Электротехника і електромеханіка. - 2013. - № 5. - С. 19-22. - Режим доступа: http://nbuv.gov.ua/UJRN/elem_2013_5_6
3. Шевченко А. Ф. Статическая устойчивость синхронных машин с постоянными магнитами // Электричество. 2007. № 8. Режим доступа : <http://www.vlib.ustu.ru>, свободный.

ОЦІНКА ПЕРСПЕКТИВИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ГОЛОВНИХ ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ УСТАНОВОК ЗАЛІЗОРУДНИХ ШАХТ

Світові тенденції підвищення енергоефективності, а також сучасні напрямки розвитку техніки і технології залізорудного виробництва доводять, що потрібне створення регульованого електроприводу вентиляторів головного провітрювання (ВГП), до яких висунуті загальноприйняті вимоги з безпеки і безперервного забезпечення підземних виробок необхідною кількістю свіжого повітря. Слід враховувати вимоги до створення регульованого електроприводу з максимальною продуктивністю ВГП[1].

У шахтах і рудниках для провітрювання використовують центробіжні вентилятори. Засобом регулювання для центробіжних вентиляторів найбільш широко використовується регулювання поворотом лопаток направляючого апарату. Регулюючий ефект здійснюється за рахунок двох факторів: зменшення перетину вхідного каналу і закручування потоку на вході в робоче колесо. Якщо ж продуктивність вентилятора регулювати зміною швидкості обертання, то характеристика мережі збігається, відповідно до формул пропорційності, з кривою рівних к. к. д. і к. к. д. вентилятора у всьому діапазоні регулювання залишиться постійним. Порівняння к. к. д. при двох способах регулювання продуктивності наведено на рис. 1.

В даний час для приводу великих вентиляторів застосовуються в основному синхронні двигуни загальнопромислового виконання. Розглянемо тепер на прикладі шахтних ВГП необхідність і умови регулювання їх продуктивності. Підкреслимо ще раз при цьому, що шахтні вентилятори є дуже великим споживачем електроенергії.

Більшість установок ВГП які встановлені на різних шахтах і копальнях працюють з неприпустимо низьким к. к. д. і тільки 10% вентиляторів працюють в оптимальному режимі. Таке нераціональне витрачання електроенергії має місце внаслідок того, що вентилятори не обладнані регульованим приводом, а тільки засобами пуску. Як було раніше сказано якби вентилятори регулювалися зміною швидкості обертання, то скорочення продуктивності не супроводжувалося б зменшенням к. к. д. статистичні порівняння показують, що к. к. д. вентиляторів при регульованому електроприводі повинен бути більше, ніж при нерегульованому, в середнім на 12% [2].

Характеризуючи в цілому особливості роботи вентиляторів і вимоги до їх електроприводу, можна сказати:

- вентилятори є, як правило, механізмом з тривалим режимом роботи з великим числом годин роботи в році; навантаження на валу приводного двигуна спокійна, перевантажень не виникає;
- швидкість обертання робочого колеса вентилятора не перевищує 600 об / хв;
- вентилятори є механізмами, що володіли великими маховими масами, що необхідно враховувати при розрахунку пускових характеристик електроприводів;
- доцільність застосування регульованого електроприводу у потужних ВГП

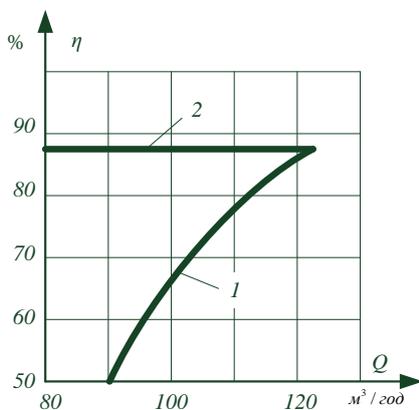


Рис.1 Зміна к.к.д. вентилятора при регулюванні продуктивності. 1 - направляючим апаратом; 2 – зміна швидкості обертання

- необхідні діапазон регулювання швидкості для вентиляторів не перевищує 1/2 (до $k_{p.c.} = 0,5$); більш глибоке регулювання недоцільно, враховуючи кубічну залежність потужності і швидкості.

Тому в даний час є велика доцільність створення регульованого електроприводу ВГП з висунутими до нього вище вимоги і домогтися максимального к. к. д. даної установки[2].

Процес підвищення ефективності функціонування комплексу ВГП є двоєдиною задачею: забезпечення нормативних обсягів повітря, що подається в підземні виробки і зменшення рівнів споживання ЕЕ електромеханічними комплексами ВГП. Вирішення такої «двоєдиності» не проста задача, оскільки необхідне збільшення обсягів повітря, яке подається в підземні виробки, призведе до збільшення електричних потужностей електромеханічних систем ВГП. При рішенні даних задач ми не будемо розглядати процес подачі повітря ВГП в підземні виробки копалень, зупинилось на другій з вищезгаданих задач.

Електромеханічні комплекси ВГП обладнані високовольтними електричними синхронними двигунами (СЕД) (табл. 1).

Таблиця 1.

Гірничорудні підприємства України	Тип ГВУ	Потужність кВт	Напруга В	Тип електродвигуна
«Родіна», КЗРК	ВРЦД-31,5	1250*2 шт	6000	СДВ 15-3-4-12
	ВРЦД-3,3	1600*2 шт	6000	СДВС 15-64-10У3
«Жовтнева», КЗРК	ВЦ-5с	1250*2 шт	6000	СДН 17-39-20
	ВЦ-5	1250*2 шт	6000	СДН 17-39-20

Більшість електромеханічні комплекси ВГП всіх без винятку залізрудних копалень України не обладнані системами керування частотою обертів СЕД, або навіть установками їх плавного пуску [3]. Такого стану достатньо для негативної оцінки енергоефективності функціонування ВГП. На даний час, існує ряд досліджень, котрі стосуються створення сучасних енергоефективних систем електроприводу та автоматизації комплексу ВГП. Між тим всі ці дослідження являють собою рішення однієї проблеми багатьма різними способами – підвищення енергоефективності функціонування електромеханічних комплексів, ВГП в цілому.

В зв'язку з цим є всі підстави констатувати, що є потенціал підвищення енергоефективності ВГП в напрямку створення комплексу, з мінімальною змінною вже встановленого обладнання, з додаванням високовольтного перетворювача частоти для регулювання швидкості робочого колеса вентилятора.

Перелік посилань:

1. Фащиленко В.Н. Регулируемый электропривод насосных и вентиляторных установок горных предприятий. - Учеб. пособие. — М.: Горная Книга, 2011. — 260 с.
2. Онищенко Г.Б., Юньков М.Г. Электропривод турбомеханизмов – Москва: «Энергия», 1972. – 240 с.
3. О. М. Sinchuk, I. I. Peresunko, D. A. Mikhailichenko. Improvement a Direct Frequency Converter to Start Powerful Synchronous Motor/Microsystems Electronics and Acoustics, 2018, № 5, p. 38-42.

Антонов А.В. доцент, к.т.н., Білий О.М. гр. ЕС1822, Варюхін О.О., гр. ЕС1822
Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, Дніпро, Україна

ПЕРЕДМОВИ РОЗРОБКИ МОДЕЛЕЙ ВЗАЄМОДІЇ КОНТАКТНИХ ПІДВІСОК ТА СТРУМОПРИЙМАЧІВ ЗАЛІЗНИЧНОГО ЕЛЕКТРОРУХОМОГО СКЛАДУ

Особливістю передачі електричної енергії від тягової підстанції до електрорухомому складу є те, що вся система електропостачання залізниць працює на ковзний контакт між контактною підвіскою та струмоприймачем. До якого, в свою чергу, висуваються високі вимоги за надійністю та економічністю струмознімання.

При введенні швидкісного електрорухомого складу в експлуатацію особливо важливим питанням постає вибір найбільш оптимальних систем, конструкцій та матеріалів, які будуть взаємодіяти між собою в процесі експлуатації.

Вирішити це питання на початковому етапі можливо, провівши моделювання взаємодії контактних підвісок та струмоприймачів. Цей захід дозволить обґрунтувати необхідність використання тих чи інших матеріалів, конструкцій та пристроїв для відповідних експлуатаційних умов.

Основною метою розробки моделей взаємодіючих систем «контактна підвіска – струмоприймач» в точці сильнострумового контакту є визначення напрямків удосконалення експлуатаційних показників та особливостей розглядуваних конструктивів контактних підвісок та струмоприймачів з метою забезпечення підвищення ефективності їх функціонування при різних експлуатаційних умовах та для забезпечення мінімізації витрат на обслуговування та заміну елементів чи систем в цілому.

При цьому, як на контактну підвіску так і на струмоприймач чинять вплив різноманітні фактори: параметри навколишнього середовища; швидкість руху, конструктивні особливості електрорухомого складу; конструктивні особливості контактних підвісок та струмоприймачів.

Вказане говорить про те, що при розгляді взаємодії цих двох систем, при їх моделюванні, необхідно враховувати не тільки вплив зовнішніх факторів, а й самих взаємодіючих систем одна на одну.

В якості апарату для розробки моделей контактних підвісок та струмоприймачів доцільним є використання спеціалізованого програмного забезпечення, яке дозволяє створювати складні багаторівневі механічні системи з нескінченною кількістю зв'язків.

Для розглядуваного питання створення механічної системи взаємодії контактної підвіски зі струмоприймачем якнайкраще підходить SimMechanics – окрема бібліотека пакета Simulink середовища MATLAB, яка призначена для моделювання механічної взаємодії твердих тіл. Пакет SimMechanics дозволяє вирішувати просторові завдання статички, кінематики та динаміки багатоланкових механічних об'єктів.

При використанні бібліотеки SimMechanics, інтегрованої в Simulink, можуть бути використані всі можливості системи MATLAB, зокрема, додавання до моделі механічної системи компонентів з інших бібліотек Simulink і розширень системи, в тому числі і Simscape Electrical.

Розробка подібних багаторівневих моделей взаємодії контактних підвісок зі струмоприймачами дозволить враховувати сукупність впливаючої сукупності факторів на процес струмознімання і описувати їх електромеханічну взаємодію.

Подібна модель дозволить полегшити вирішення питання вибору оптимальних елементів контактних мереж та струмоприймачів, матеріалів з яких вони виготовляються та досягти зменшення експлуатаційних та капітальних витрат на обслуговування, ремонт та заміну інфраструктури та електрорухомого складу залізниць.

Антонов А.В. доцент, к.т.н., Гребенников О.О., гр. ЕС1826
Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, Дніпро, Україна

УДОСКОНАЛЕННЯ ЗАЗЕМЛЕННЯ ОПОР КОНТАКТНОЇ МЕРЕЖІ ЕЛЕКТРИФІКОВАНИХ ЗАЛІЗНИЦЬ ЗМІННОГО СТРУМУ

В даний час на мережі залізниць відсутній єдиний підхід щодо переведення ділянок змінного струму на роботу з опорами, що не заземленими на тягову рейкову мережу. Це комплексне завдання, вирішення якого дозволить в найкоротші терміни вийти на новий рівень розвитку системи електрифікації та електропостачання.

Існуючі праця встановлюють технічні вимоги до пристрою тросу групового заземлення (ТГЗ) на залізницях різного роду струму при заземлених опорах на тягову рейкову мережу. Максимальна довжина проводу групового заземлення на змінному струмі при Т-подібній схемі підключення не повинна перевищувати 400 м (2×200) і при Г-подібній схемою – 200 м (1×200). Такі довжини ТГЗ були встановлені теоретично і перевірені експериментально з урахуванням безпеки експлуатації контактної мережі.

Питання переходу до нової системи без заземлення опор контактної мережі на тягову рейкову мережу в даний час є особливо актуальним у зв'язку з великим числом опор контактної мережі старше 40 років, та тенденції щодо їх заміни та реконструкцій ділянок контактної мережі, що передбачається найближчим часом.

Оцінивши сучасний контактної мережі електрифікованих залізниць, виявлено тенденцію до збільшення чисельності опор старше 40 років.

Треба відзначити, що сьогодні наявний підвищений електромагнітний вплив на металеві споруди поблизу електрифікованих залізниць.

Виявлено відсутність методики визначення раціональної довжини ТГЗ для системи без заземлення опор контактної мережі на тягову рейкову мережу. У зв'язку з цим встановлено необхідність її розробки.

В ході дослідження факторів, які впливають на опір залізобетонних опор контактної мережі розтіканню струму, було виділено наступні:

- вид ґрунту;
- склад бетону;
- атмосферні умови, в яких знаходиться опора;
- тип і розташування арматури;
- гідроізоляційне покриття опори.

При визначенні опору залізобетонних опор контактної мережі розтіканню струму враховували, можливо-більшу кількість факторів.

При визначенні раціональної довжини ТГЗ враховували наступні основні фактори:

- тип опори (від даного чинника залежить здатність опори витримувати механічні навантаження);
- робота релейного захисту (умови спрацьовування при аварійних режимах);
- електромагнітний вплив на суміжні лінії;
- електробезпека персоналу;
- умови протікання струму через опору контактної мережі.

В результаті проведених досліджень отримані результати та сформовані рекомендації щодо поліпшення експлуатаційних показників пристроїв електропостачання. Розроблено алгоритм вибору раціональної довжини тросу групового заземлення з урахуванням вимог щодо електромагнітної сумісності та електробезпеки обслуговуючого персоналу.

Антонов А.В. доцент, к.т.н., Аброськін Л.О., гр. ЕС1826
Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, Дніпро, Україна

НАПРЯМКИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ КОВЗНОГО СИЛЬНОСТРУМОВОГО КОНТАКТУ В УМОВАХ МІСЬКОГО ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ

Рівень ресурсозбереження на міському електротранспорті в значній мірі залежить від інтенсивності зношування окремих елементів транспортних засобів, систем електропостачання, управління рухом та колійного господарства.

Одним із елементів системи електропостачання міського електричного транспорту, який підлягає інтенсивному зношуванню є контактний провід. Знос контактного проводу прийнято поділяти на електроерозійний і механічний.

Умови роботи контактного проводу потребують, щоб його матеріал мав високу електричну провідність, міцність, зносостійкість, електроерозійну стійкість. Зазначеним комплексом властивостей не володіє жоден метал і сплав, тому при виборі матеріалу проводу доводиться приймати різні компромісні рішення.

Подібна ситуація характерна і для струмознімальних елементів, електричні властивості яких, безпосередньо пов'язані з механічними.

Аналіз статистичних даних роботи підприємств міського електротранспорту України свідчить, що показники, які характеризують ефективність використання основних фондів, відрізняються по окремим містам більш ніж утричі. Особливістю цих даних є те, що в структурі витрат майже 84% складають витрати на оплату праці, електроенергію, матеріали і запчастини. Тим більше, що фінансування подібних об'єктів здійснюється з бюджету міста.

У зв'язку із сказаним, питання підвищення ефективності експлуатації електротранспорту заслуговує першочергового вирішення, особливо при ринкових умовах господарювання.

Рішенням, яке дозволило б мінімізувати витрати на підбір найбільш доцільних з точки зору експлуатаційних витрат елементів пари тертя «контактний провід – струмознімальний елемент» може бути є розробка прогнозного математичного апарату, який використовуючи набори відомих вхідних і вихідних характеристик для прогнозування цільових значень, дозволяє визначати величину можливого зношування контактних проводів та струмознімальних елементів.

Однією з таких моделей є штучна нейронна мережа, що представляє собою сучасний, гнучкий і ефективний інструмент, призначений для інтелектуального аналізу залежностей в складних системах. Найбільш важливою перевагою нейронних мереж є здатність до самонавчання.

Враховуючи складність та неоднозначність процесів, що відбуваються в ковзному сильнострумовому контакті, необхідно враховувати вплив ряду усіх значущих впливаючих факторів. Побудову математичних моделей проводити з врахуванням можливості зміни величини визначених факторів на процес зношування елементів пари тертя «контактний провід – струмознімальна вставка» та на основі експериментальних досліджень.

В якості апарату для розробки прогнозних математичних моделей найбільш підходящим є програмний пакет для статистичного аналізу STATISTICA Automated Neural Networks. Який дозволяє побудувати багаторівневу самонавчальну нейронну мережу, яка дозволяє враховувати сукупність впливаючих факторів на величину зносу. Такий прогнозний апарат повинен, для адекватності функціонування, повинен бути доповнений системою підтримки прийняття рішень (DSS).

Кравець О.В., ст. гр. 265М, Данилов О.А., старший викладач
Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка Лазаряна, м.Дніпро, Україна

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ТЯГОВОЇ ПІДСТАНЦІЇ НА ЯКІСТЬ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

В сучасній електротехніці та енергетиці силові вентильні перетворювачі мають важливе значення, але не дивлячись на це, їх застосування, як відомо, викликає ряд негативних факторів: споживання реактивної енергії, спотворення первинних струму і напруги, оскільки вони є джерелами вищих гармонійних складових, які суттєво впливають на форму кривої напруги і струму, негативно позначаються на режимах роботи електроустановок та автоматики. Наявність потужних нелінійних навантажень негативно впливає на якість електричної енергії, як в лініях зовнішнього електропостачання, так і в тяговій мережі, що у свою чергу, призводить до додаткових втрат електричної енергії та зниження терміну служби електричних апаратів через перенавантаження магнітних ланцюгів, додаткового нагріву та прискореного старіння ізоляції [1]. Саме вентильні перетворювачі є основною причиною погіршення таких показників якості електричної енергії, як коефіцієнт спотворення синусоїдальності кривої напруги K_U та коефіцієнт n -ї гармонійної складової напруги $K_{U(n)}$ [2].

На тягових підстанціях електрифікованих залізниць постійного струму з первинною напругою 110 кВ і вище використовується, як правило, подвійна трансформація первинної напруги, підстанції в основному обладнані випрямними агрегатами, що працюють на 6-пульсових схемах випрямлення змінної напруги: мостова та дві зворотні зірки з реактором. В даний час на тягових підстанціях розпочато застосування 12-пульсових випрямлячів, які забезпечують поліпшення техніко-економічних показників роботи системи тягового електропостачання [3]. Однак при будь-якій схемі випрямлення, напруга, що отримується від перетворювальних агрегатів, є пульсуючою, тобто є сумою постійної і змінної складових, при цьому змінну складову можна уявити як суму нескінченного ряду синусоїдальних напруг з частотами, кратними частоті пульсацій. Вищі гармонійні складові є основною причиною виникнення перешкод у суміжних лініях зв'язку, рейкових ланцюгах залізничної сигналізації та блокування. Таким чином, електрифікація залізничного транспорту системою постійного струму тісно пов'язана з проблемою забезпечення електромагнітної сумісності пристроїв електропостачання з суміжними електротехнічними комунікаціями.

Від шин 10 кВ тягових підстанцій електрифікованих на постійному струму, отримують живлення також пристрої залізничної автоматики (АБ) та сигналізації (СЦБ), які є споживачами першої категорії та безпосередньо відповідають за безпеку руху. При значних відхиленнях напруги від номінального значення порушується регулювання рейкових кіл, знижується надійність та термін служби пристроїв. Світлофорні лампи найбільш чутливі до коливання напруги, яке впливає на термін їх служби і дальність видимості сигналу. Збільшення напруги від номінального на 10% скорочує термін служби лампи майже в 4 рази. При зниженні напруги на 10% зменшується світловий потік ламп розжарювання на 40%, що істотно впливає на безпеку руху поїздів.

Кафедрою «Інтелектуальні системи електропостачання» Дніпровського національного університету залізничного транспорту в останні роки було проведено ряд вимірювань якості електричної енергії на тягових підстанціях постійного струму. Дослідження проводились аналізатором якості електроенергії EDL-175 фірми SATEC, який дозволяє вимірювати гармонійні складові струму і напруги до 63 гармоніки включно. При проведенні експериментальних досліджень, виконувався аналіз основних показників якості електричної енергії на тяговій підстанції постійного струму. Записувалися параметри якості струмів і напруг на приєднаннях 10 кВ.

В результаті експериментальних досліджень вимірювання показали значні відхилення якості електроенергії. На досліджуваній підстанції використовується 12-ти пульсовий силовий агрегат. Аналіз показав залежність якості електричної енергії на шинах 10 кВ від роботи випрямляча, який також підключений на приєднання 10 кВ. Під час досліджень було встановлено залежність коефіцієнта спотворення синусоїдальності напруги K_U від величини струму, який протікає через випрямляч (рис.1).

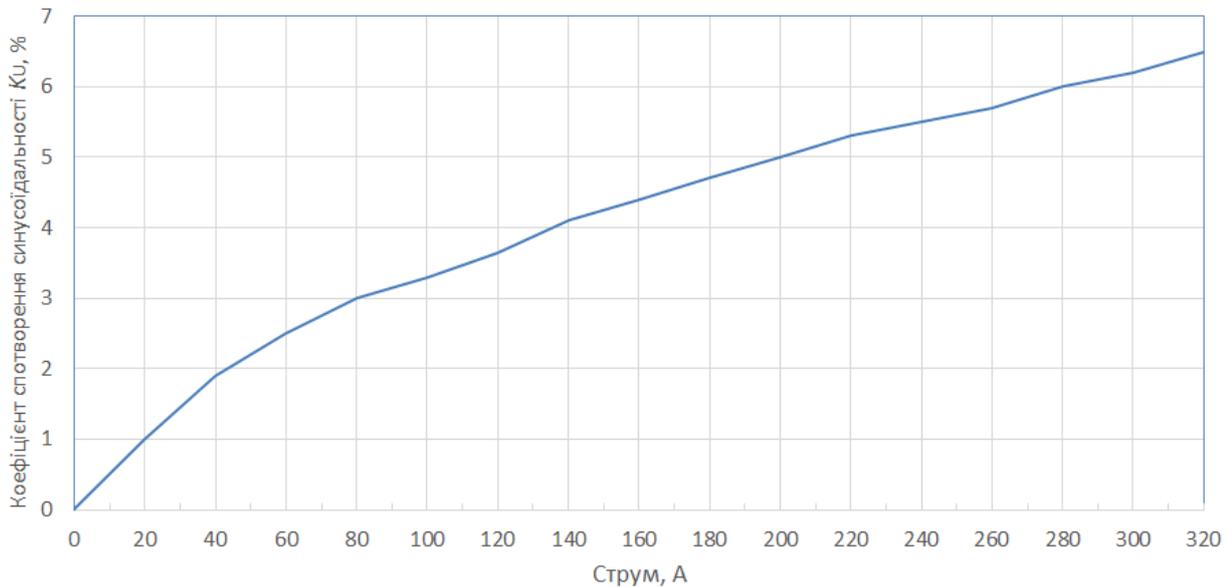


Рис.1 Залежність коефіцієнта спотворення синусоїдальності напруги K_U від струму навантаження.

ГОСТ 13109-97 регламентує показник коефіцієнта спотворення синусоїдальності напруги K_U для 10 кВ на рівні 5%.[4].

З аналізу залежності видно, що показник коефіцієнта спотворення синусоїдальності напруги K_U на шинах 10 кВ тягової підстанції перевищує нормально допустимі значення при навантаженні більше 200А.

Список літератури

1. Сыченко, В.Г. Электромагнитная совместимость тягового электроснабжения постоянного тока при скоростном движении / В.Г. Сиченко, А.П. Бялонь – Днепропетровск: Днепр. нац. ун-т ж.-д. трансп. им. В. Лазаряна, 2016.– 267 с.
2. Фомин А.В. Анализ влияния силовых полупроводниковых преобразователей на качество электрической энергии А.В. Фомин. Известия ТулГУ. Технические науки. 2010. Вып. 3: в 5 ч. Ч.4.
3. Сиченко, В.Г. Якість електричної енергії у тягових мережах електрифікованих залізниць / В.Г. Сиченко, Ю.Л. Саєнко, Д.О. Босий. – Дніпропетровськ: Стандарт-Сервіс, 2015.– 314 с.
4. Межгосударственный стандарт ГОСТ 13109-97 "Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения" Electric energy. Electromagnetic compatibility of technical equipment. Power quality limits in public electrical systems.

ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМУ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ В ШАХТНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ

Компенсація реактивної потужності в електричних мережах гірничих підприємств при наявності потужних нелінійних навантажень та вищих гармонік вимагає обґрунтування нових алгоритмів пошуку оптимального розподілу ємності компенсуючих пристроїв в мережах 0,4, 0,66 та 6...10 кВ. При цьому необхідно враховувати особливості зміни навантаження стаціонарних установок, нестационарних та нестабільних навантажень підземних споживачів. Сама ідея компенсації реактивної потужності включає в собі принципи зменшення втрат активної потужності в елементах електричних мереж при наближенні джерела реактивної потужності до точки її споживання [1-2]. Для отримання цільової функції оптимізації компенсації реактивної потужності використовуємо дві складові втрат активної потужності: втрати від перетоку реактивної потужності на частоті основної гармоніки та додаткові втрати при протіканні вищих гармонічних складових. При цьому мінімізується функція втрат активної потужності. Функція при цьому має вигляд [1-2]:

$$\Delta P = \sum_{i=1}^n (Q_i - Q_{ki})^2 \cdot R_i / U^2 + \sum_{i=1}^n \sum_{v=2}^m ((Q_{vi} - Q_{ki})^2 \cdot R_{vi} / U_v^2) \rightarrow \min, \quad (1)$$

де Q_i, Q_{vi} - реактивна потужність на основній частоті та на частоті вищих гармонік відповідно; Q_{ki} - сумарна потужність компенсуючих пристроїв на основній частоті та на частоті вищих гармонік; R_i, R_{vi} - опори елементів системи електропостачання на основній частоті та на частоті вищих гармонік відповідно; U_v - напруга v -ої гармоніки.

Стосовно вузла навантаження 6...10 кВ електрична мережа гірничого підприємства може бути представлена у радіальній формі (рис. 1). При цьому коло 1 характеризує приєднання конденсаторної батареї 6...10 кВ; коло 2 – електричні навантаження та компенсуючі пристрої 0,4 кВ поверхні та коло 3 – електричні навантаження та компенсуючі пристрої 0,66 кВ підземної частини схеми.

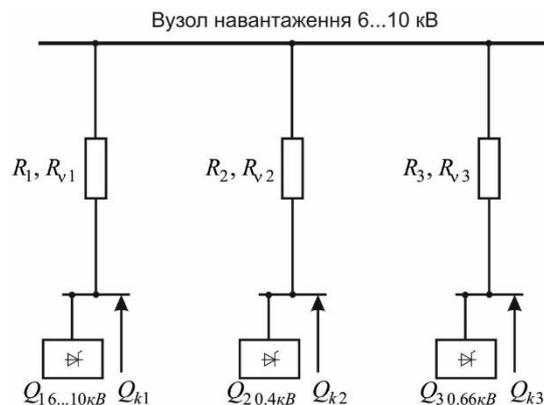


Рис. 1. Схема розподілу компенсуючих пристроїв в електричній мережі шахти

Відмінності отриманої цільової функції та її рішення полягають в одночасному врахуванні втрат потужності на основній гармоніці та на частотах вищих гармонік.

Перелік посилань

1. Железко Ю.С. Потери электроэнергии. Реактивная мощность. Качество электроэнергии. Руководство для практических расчетов / Железко Ю.С. – М.: ЭНАС, 2009. – 456 с.
2. Інтелектуальні електричні мережі: елементи та режими: за заг. ред. акад. НАН України О.В. Кириленка / Інститут електродинаміки НАН України. – К.: Ін-т електродинаміки НАН України, 2016. – 400 с.

ПИТАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОМОБІЛІВ З ЕЛЕКТРИЧНОЮ СИЛОВОЮ УСТАНОВКОЮ

Одним з найбільш сучасних напрямків розвитку автомобільної промисловості є розробка транспортних засобів на електричній тязі (з повністю електричною силовою установкою). Причому це стосується не тільки легковиків, а також комерційного, вантажного та транспорту для перевезення пасажирів, які вже випускають серійно практично всі провідні світові виробники [1].

На ринку України, так звані «сірі дилери» пропонують достатньо широкий вибір електромобілів і їх частка у загальній кількості автотранспорту, який експлуатується, зростає з кожним місяцем [2].

Головною особливістю таких транспортних засобів є наявність тягових акумуляторних батарей, які після певного пробігу необхідно заряджати. Оскільки конструкція існуючих АКБ не достатньо досконала і заряду вистачає на 200...300 км, то цей процес досить частий і до того ж довгий.

Зважаючи на те, що батареї заряджаються від існуючої електричної мережі, твердження про високу економічну ефективність електромобілів викликає великі сумніви.

Це обумовлюється відсутністю техніко-економічних розрахунків, які б враховували усі можливі втрати на шляху від процесу виробництва електричної енергії до «зарядної розетки», а шлях цей досить довгий.

Спочатку на електричній станції спалюють органічне паливо (вугілля, газ, мазут...) для виробництва тепла, потім нагрівають воду для виробництва пари, далі розкручують турбіну, яка в свою чергу обертає генератор, що безпосередньо виробляє електричну енергію. Потім відбуваються процеси її перетворення (наприклад, з напруги 13 кВ у 330 кВ), передачі по повітряній лінії до трансформаторної підстанції та наступного перетворення (наприклад, 330/150 кВ), подальшої передачі повітряною лінією та чергового перетворення на підстанції (наприклад, 150/6 кВ). Далі електрична енергія передається повітряною або кабельною лінією до трансформаторів 6/10 кВ, перетворюється, а потім кабелями чи проводами передається до «зарядної розетки».

Усі вищезначені процеси тягнуть за собою неминучі втрати різного порядку (при спалюванні, нагріванні, обертанні, багаторазових перетворюваннях і передачах), які залежать від потужності, перетинів провідників, довжини ліній [3].

Виходячи зі сказаного можливо зробити висновок, що економічна ефективність автомобілів з повністю електричною силовою установкою буде витримуватись тільки при використанні у якості «зарядної розетки» систем поновлювальних і нетрадиційних джерел (сонячних, вітрових, тощо).

Причому слід підкреслити, що мова йшла саме про енергетичну ефективність, оскільки на загальну економічну ефективність величезний вплив справляє екологічна складова (наприклад, виробництво та утилізація тягових акумуляторних батарей).

Перелік посилань

1. Законопроект №10405 від 06.08.2019 р.
2. <https://www.unian.ua/economics/transport/10409445>
3. Електричні мережі систем електропостачання: Навч. посібник / Г.Г. Півняк, Г.А. Кігель, Н.С. Волотковська, Л.П. Ворохов, О.Б. Іванов: За ред. акад. НАН України Г.Г. Півняка. Рекомендовано Міністерством освіти і науки України як навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. – Дніпропетровськ: НГУ, 2003.

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ КЕРУВАННЯ ЕНЕРГОПОТОКАМИ ПІДЗЕМНИХ ЗАЛІЗОРУДНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Формуванню науково-методичних основ та дослідженню процесів енергоспоживання присвячена значна кількість наукових доробок. Проте, в сучасних умовах виробничої діяльності залізорудних підприємств, недостатньо науково обгрунтовано механізм моделювання процесів керування енергопотоками підземних залізорудних підприємств. Зокрема, відсутня обгрунтована сучасна методологія складання програм підвищення енергоефективності видобутку залізорудної сировини, кінцевою метою якої має бути виявлення економічно доцільних енергоефективних заходів, орієнтованих на адресну, гранично можливу реалізацію наявного на підприємстві потенціалу енергозбереження.

Основу розробки принципів моделювання системи електроспоживання становлять загальнонаукові принципи дослідження, принципи системного аналізу, принципи теорії вимірювань і функції системи моніторинг, теорія виробничих систем. Доведено, що найбільш важливими вимогами до системи електроспоживання як до аналітичної інформаційної системи є: порівнянність, комплексність, системність, обгрунтованість, наочність.

Електроспоживання залізорудних гірничих підприємств залежить від значного числа впливових факторів. Вплив факторів на процес електроспоживання (ЕС) має складний і різноманітний характер, опис якого в рамках як детерміністичних, так і класичних статистичних методів не завжди є можливим в силу непередбачуваності умов, що визначають дію чинників. Велике число різноманітних факторів представляє певні труднощі в оцінці їх впливу на ЕС як в методологічному, так і техніко-економічному аспектах.

У зазначеному аспекті оцінка стану процесу ЕС при всьому різноманітті моделей аналізу спирається на становище, яке полягає в тому, що при обстеженні або експерименті, коли емпіричний матеріал містить велику кількість параметрів, багато яких з них об'єднані кореляційними зв'язками між собою. Це пояснюється тим, що спостерігаються «зовнішні» параметри лише побічно характеризують процес ЕС. Поряд з великим числом цих «зовнішніх» параметрів (факторів) існує невелике число «внутрішніх» («істотних») параметрів, які важко або неможливо виміряти, але вони визначають поведінку «зовнішніх» параметрів. Знаходження цих гіпотетичних істотних параметрів і є метою аналізу стану процесу ЕС.

У разі неоднорідного енергетичного режиму роботи електроприймачів (при полімодальному розподілі значень електричного навантаження) моделювання процесу ЕС доцільно виконувати з виділенням з усієї області зміни навантаження стійких рівнів, близько середніх значень яких з певним ступенем розсіювання змінюються окремі випадкові значення навантаження.

За характером розподілу і числу мод вибірки, що характеризує електричне навантаження, встановлюється число кластерів. Для ідентифікації випадкових значень навантажень як групової міри близькості приймається внутрішньо-групова сума квадратів відхилень між кожним образом і середньої по кластеру. Якість кластеризації забезпечується мінімізацією обраної міри близькості:

$$y = \sum_{i=1}^n P_i \sum_{x \in \epsilon} \|x - m_i\|^2 = \min, \quad (1)$$

де n – число кластерів; P_i – безліч образів, що входять в i -тий кластер; x – вектор вимірів електричного навантаження; m_i – вектор вибірових середніх для безлічі P_i .

Кластеризація електричних навантажень за наведеною схемою дозволяє отримати безлічі стійких рівнів навантаження – електроенергопотоків і часу їх дії t_n :

$$P = \{P_1, P_2, \dots, P_n\}; \quad (2)$$

$$t = \{t_1, t_2, \dots, t_n\}. \quad (3)$$

Визначення режимів ЕС у вигляді виразів (2, 3) змінює традиційне уявлення про характер розподілу електричних потоків у вигляді нормального, покладеного в основу розрахункових методів визначення рівнів електричних навантажень.

У зв'язку з нетрадиційним поданням режимів ЕС були проаналізовані загальні вирази для визначення величин, що використовуються в розрахунках електричних навантажень.

При цьому було визначено, що споживачами-регуляторами електроенергії для залізорудних шахт слід вважати: головні водовідливи, головні вентиляторні установки, скіпові підйоми та дробильно-сортувальні фабрики – споживаючі в сумі до 80 % від всієї споживаної електроенергії підземними споживачами. Для об'єднань шахт, додатково до вище відзначених відносяться електромеханічні системи централізованих компресорних станцій, але це не підземні споживачі і вони не враховувались.

Слід зазначити, що не існує можливості сформулювати узагальнюючий висновок щодо кількісного та якісного опису взаємозв'язку між показниками складових ЕС для вітчизняних залізорудних підприємств.

Таким чином, відсутність універсальності відбиває доцільність побудови регресійних моделей для кожного залізорудного підприємства окремо (табл. 1).

Таблиця 1 – Регресійні моделі залізорудних підприємств

№ з/п	Шахти	Модель	R^2
1	ш. Тернівська	$Y=2700843+0,483x_1+0,309x_2-528,973x_3-39,855x_4$	0,99
2	ш. Гвардійська	$Y=1955439+1,06x_1+0,138x_2-263,528x_3+4,215x_4$	0,9
3	ш. Родіна	$Y=6715359+0,019x_1+0,122x_2-386,103x_3-1387,2x_4$	0,94
4	ш. Жовтнева	$Y=10719-0,21x_1+2,35x_2+0,18x_3-2,32x_4$	0,97

В таблиці 6 зазначено: x_1 – добуток руди; x_2 – водоприток; x_3 – горизонт; x_4 – потужність; R^2 – оцінка адекватності рівняння регресії.

Аналіз отриманих моделей дозволяє зазначити наступне: для ш. Тернівської, ш. Жовтнева та ш. Гвардійської найбільший вплив на споживання електричної енергії здійснює глибина горизонту, де здійснюється виробництво, найменший вплив – параметр водопритоку; для ш. Родіна найбільший вплив на споживання електроенергії здійснює потужність пристроїв, що працюють на виробництві. Для всіх отриманих моделей коефіцієнт детермінації складає більше ніж 0,9, що свідчить про їх адекватність та можливість практичної імплементації.

Аналіз моделей регресії є підґрунтям для розробки і впровадження управлінських дій щодо ефективного управління рівнем споживання електроенергії та розподілу електроенергопотоків.

В ході досліджень доведено, що для реалізації раціональних управлінських рішень щодо споживання електроенергії необхідно застосовувати комплекс методів і моделей, які гармонізують інформаційно-аналітичне підґрунтя для визначення оптимальних складових споживання електроенергії.

ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ АВТОНОМНОЇ ГЕНЕРУЮЧОЇ УСТАНОВКИ ПРИ ПІДКЛЮЧЕННІ СПОЖИВАЧІВ СПІВСТАВНОЇ ПОТУЖНОСТІ

Вступ. На даний час у світовій енергетиці спостерігається зростання автономних генеруючих установок (АГУ), які є незмінним джерелом електричної енергії у малонаселених місцевостях, де прокладання ліній електропостачання є недоцільним, а також у місцевостях, доступ до яких ускладнений (гірські місцевості, острова і т.д.) [1].

Для підвищення стійкості АГУ та стабілізації вихідної напруги застосовують релейне або параметричне форсування напруги збудження та системи автоматичного регулювання збудження (АРЗ).

Однак, при підключенні споживачів співставної потужності, наприклад, асинхронних двигунів з коротко замкненим ротором АГУ втрачають стійкість із-за інерційності контуру збудження та значного динамічного падіння напруги, що призводить до відключення попередньо підключених споживачів.

Мета роботи: експериментальне дослідження системи керування збудженням АГУ для підвищення стійкості та стабілізації вихідної напруги синхронного генератора (СГ) шляхом компенсації інерційності обмотки збудження при значних збуреннях.

Основний зміст. Принципова схема системи збудження СГ АГУ наведена на рис.1.

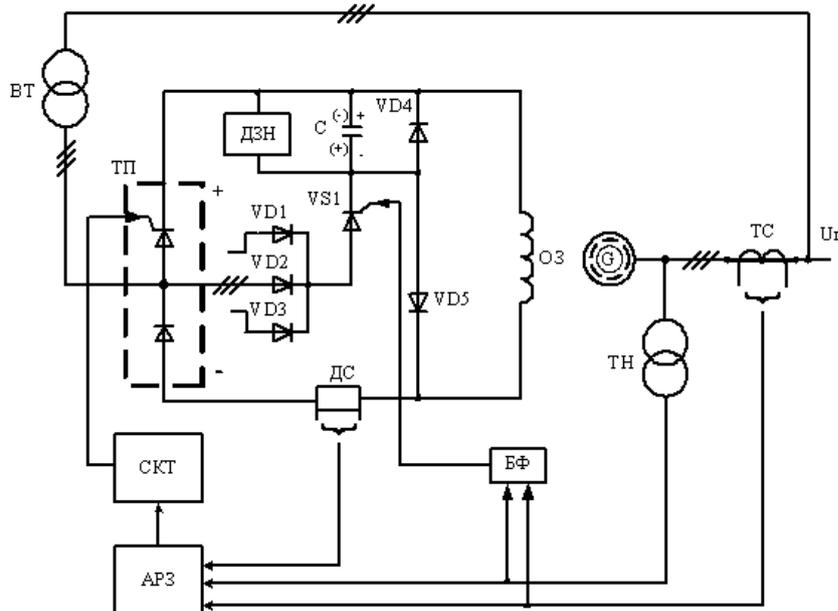


Рис 1. Принципова схема системи збудження СГ АГУ

Стабілізація вихідної напруги СГ при підключенні споживачів забезпечується системою АРЗ. У випадку при зниженні напруги до $0,85U_n$ або зростання струму вище $2I_n$ блок форсування (БФ) вмикає тиристор VS1, що призводить до розряду конденсатора на ТП і ОЗ та компенсації інерційності ОЗ. За час, рівний чверті коливального розряду конденсатора система АРЗ встановлює необхідний рівень напруги збудження, а діод VD4 вмикає конденсатор із контуру збудження. Експериментальні дослідження виконанні на СГ типу МСА 72/4А, потужністю 12 кВт, $U_{1n}=230$ В; $i_{ном}=36,7$ А; струм ротора 23 А при підключенні АД потужністю 11 кВт.

На рис.2 наведені осцилограми при підключенні АД до АГУ з некомпенсованим контуром збудження, а на рис.3 – осцилограми з компенсованим контуром збудження.

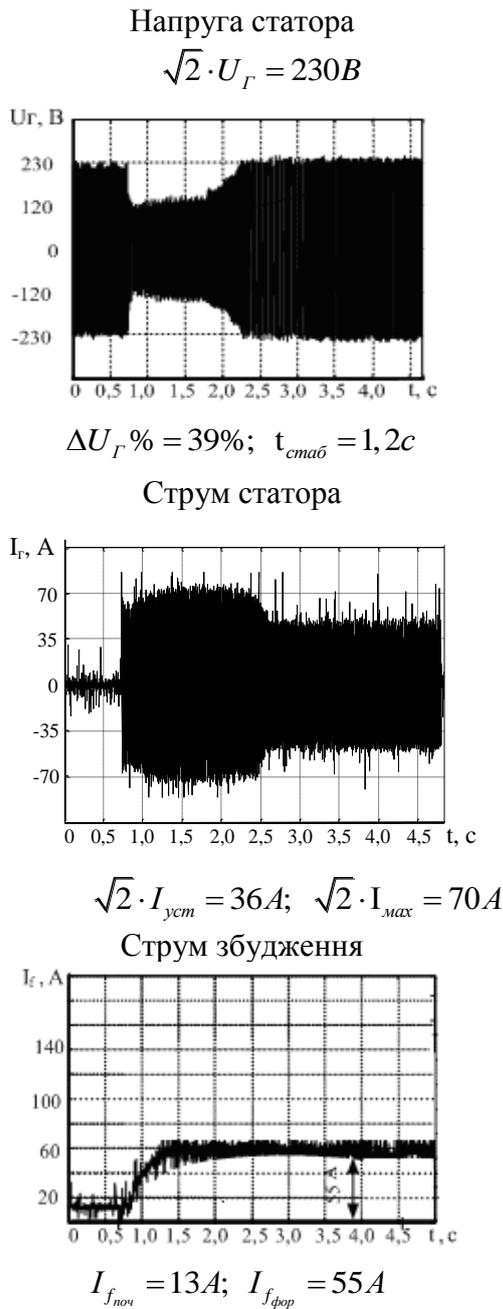


Рисунок 2 – Режим підключення АД до СГ з некомпенсованим контуром збудження

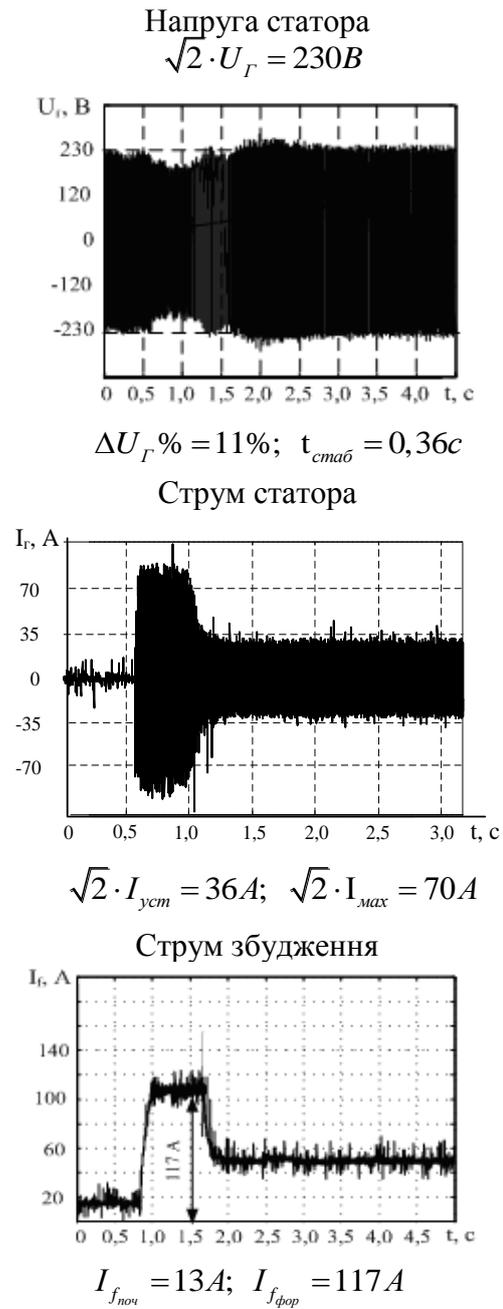


Рисунок 3 – Режим підключення АД до СГ з компенсованим контуром збудження

Висновок.

Розроблена система збудження забезпечує стійкість роботи АГУ та стабілізацію вихідної напруги при підключенні споживачів співставної потужності та нормальне живлення попередньо підключених споживачів.

Перелік посилань

1. Праховник А.В. Малая энергетика: распределенная генерация в системах электроснабжения / А.В. Праховник. – Київ: Освіта України, 2007. – 462 с.

Касаткіна І.В. канд. тех. наук, доц., В.П. Власюк магістрант, гр.ЕПА-18м,
ДВНЗ «Криворізький національний університет»

ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ АСИНХРОНІЗОВАНОГО ВЕНТИЛЬНОГО ДВИГУНА НА БАЗІ МІКРОПРОЦЕСОРНОГО КЕРУВАННЯ ТА ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ СИНХРОННОГО ДВИГУНА

На сьогоднішній день досить часто можна побачити впровадження в гірничо – металургійному виробництві системи з асинхронізованим вентильним двигуном (АВД).

Впровадження даних типів систем пов'язане в першу чергу з якісними змінами в структурі електроприводу та з переходом на нову елементну базу побудови силового каналу (високочастотні IGBT- транзистори, інтелектуальні силові модулі IPM), а також на нову елементну базу каналу управління - високопродуктивні мікроконтролерні системи прямого цифрового управління обладнанням [1].

Крім безпосереднього управління ключами силових перетворювачів, здійснюється пряме сполучення з широкою номенклатурою датчиків зворотних зв'язків (положення, швидкості, потоку), а також з елементами дискретної автоматики (релейно - контакторної апаратури, дискретними датчиками і дискретними виконавчими пристроями) [1,2].

Все це дає можливість вітчизняним та закордонним фахівцям ефективно вирішувати актуальні завдання створення надійних регульованих приводів, з використанням найдосконаліших алгоритмів, комплексно вирішуючи питання діагностики роботи силової частини і механізмів управління, організації зручного інтерфейсу оператора і т. д. [1,3].

Одним з методів вирішення даної задачі є використання електроприводу з АВД при векторному (ортогональному) мікропроцесорному керуванні системою вентильного двигуна (ВД) з регулятором положення на базі енкодера та імітаційної Simulink моделі [1 - 3].

Даний мікропроцесор отримує сигнали зворотного зв'язку по струмах і напругах випрямляча і інвертора приводу, а комп'ютерна модель силового перетворювача частоти (ПЧ), в свою чергу, отримує імпульси управління тиристорами.

Для моделі електроприводу задаються необхідні тривалості циклів обчислень для окремих підсистем моделі, програмно комутуються входи і виходи. Проведене порівняння результатів, отриманих за допомогою імітаційної моделі, з розрахунками і результатами експериментів підтвердили правомірність використання такої технології для всіх штатних і, найголовніше, позаштатних режимів роботи приводу.

Запропонована функціональна схема системи управління каскадом АВД і детально розглянуті її складові елементи, зокрема різні типи контролера DSP (ЦГЗ), дозволяють розробити сучасну систему частотно-регульованого електропривода з оптимальними законами векторного управління.

Особливістю системи управління АВД також є можливість її роботи як при живленні синхронного двигуна (СД) від мережі, так і при його живленні від ПЧ.

Гнучкість в переналаштуванні системи управління і відповідно до неї релейно - контакторної системи та блокуванням в раніше діючих і досі працюючих системах управління, як низьковольтної, так і високовольтної частинами синхронного електроприводу натискного пристрою, дозволяє підвищити надійність і оперативність модернізації подібних електроприводів.

Досвід експлуатації натискних пристроїв з СД і запропонованої системи управління АВД підтверджує їх працездатність як в нерегульованих, так і в регульованих електроприводах, а також є економічно доцільним при створенні потужних однокристальних систем управління приводами на базі DSP - мікроконтролерів.

Список літератури

- 1) Ізосімов Д.Б., Козаченко В.Ф. Алгоритми і системи цифрового керування електроприладами змінного струму // Електротехніка. - 1999. - №4. - С. 41-51
- 2) Козаченко, В.Ф. Применение DSP-микроконтроллеров фирмы «Texas Instruments» в преобразователях частоты «Универсал» с системой векторного управления / В.Ф. Козаченко, Н.А. Обухов, С.А. Трофимов, П.В. Чуев // Электронные компоненты. – 2002. – № 4. – С. 61–64.
- 3) Зельдін Є. А. Цифрові інтегральні мікросхеми в інформаційно-вимірвальній апаратурі. - Л .: Вища школа, 1986. -280 с.

ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧЕ КЕРУВАННЯ ШВИДКІСТЮ ЧАСТОТНО-РЕГУЛЬОВАНОГО КОМПЕНСОВАНОГО СИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОДВИГУНА В ПУСКО-ГАЛЬМІВНИХ РЕЖИМАХ

Виходячи з того, що в теперішній час у світі й Україні відбувається широке впровадження у всіх галузях господарства частото-регульованих (ч-р) електродвигунів змінного струму й подорожчання електроенергії, становиться актуальною й затребуваною практикою задача енергозбереження у даних двигунах при пуско-гальмівних режимах (ПГР), в тому числі – для ч-р компенсованого синхронного двигуна (СД) з керуванням при номінальному статорному потокозчепленні, який рекомендується виконаними в [1] дослідженнями до застосування в інтенсивних ПГР.

Для розрахунку основних електромагнітних втрат енергії (ОЕВЕ) цього двигуна в режимах розгону та гальмування використовуємо відповідні залежності [2]:

$$\Delta W_p = \int_0^{t_p} \Delta P_{em} dt \quad \text{та} \quad \Delta W_z = \int_0^{t_z} \Delta P_{em} dt, \quad (1)$$

в яких поточні значення основних електромагнітних втрат потужності ΔP_{em} компенсованого СД (що викликані основними гармонічними складовими його фазних статорних струмів) знаходяться з виразу [2]:

$$\Delta P_{em} = a + b(M_c + J \cdot \omega')^2 + c \cdot \omega'^{1.3}, \quad (2)$$

де t_p і t_z – часи розгону та гальмування; a, b, c – постійні коефіцієнти, що визначаються через внутрішні параметри СД (розрахунок котрих наведено у [2]); M_c і J – приведені до валу двигуна статичний момент опору й момент інерції привода відповідно; ω і ω' – кутова частота обертання (швидкість) ротора СД й її похідна за часом.

Підставив вираз (2) у рівняння Ейлера, визначимо математичні залежності для енергозберігаючих траєкторій змінення швидкості відповідно при розгоні й гальмуванні компенсованого СД:

$$\omega(t) \approx \omega_{ycm} \cdot \frac{\text{sh}(\xi^* \sqrt{K} \cdot t)}{\text{sh}(\xi^* \sqrt{K} \cdot t_p)} \quad \text{та} \quad \omega(t) \approx \omega_{ycm} \cdot \frac{\text{sh}(\xi^* \sqrt{K} \cdot (t_z - t))}{\text{sh}(\xi^* \sqrt{K} \cdot t_z)}, \quad (3)$$

котрі відповідають мінімізації його ОЕВЕ із (1) й отримали назву квазіоптимальних траєкторій. В залежностях (3) використовуються позначення: ω_{ycm} – усталене значення швидкості двигуна, що дорівнює: її кінцевому значенню $\omega(t_p)$ при розгоні або її початковому значенню $\omega(0)$ – при гальмуванні; t – поточний час, що відраховується від початку й на протязі часу розгону ($0 \leq t \leq t_p$) або гальмування ($0 \leq t \leq t_z$); $K = 0.65c / bJ^2$ – отриманий коефіцієнт із рішення рівняння Ейлера; ξ^* – оптимальний поправочний коефіцієнт (відповідний мінімізації ОЕВЕ при квазіоптимальній траєкторії швидкості).

Для трифазного компенсованого СД потужністю 116 кВт (з параметрами з [1]) розраховані в загальноприйнятій для електричних машин змінного струму системи відносних одиниць (в.о.) [1] при режимах розгону (від нульової до номінальної швидкості) й гальмування (від номінальної до нульової швидкості) з формул (1) – (3) значення ОЕВЕ ΔW_p й ΔW_z при варіюванні тривалостей часів розгону t_p та гальмування t_z (на холостому ході й с номінальним навантаженням) стосовно до запропонованих квазіоптимальної (К) й відомим лінійної (Л) та параболічної (П) траєкторіям змінення швидкості. Відповідні цим розрахункам графічні залежності зображені на рис.1. Вони свідчать, що найменші ОЕВЕ завжди відповідають квазіоптимальним траєкторіям швидкості, з якими близько співпадають (через властиві малі значення магнітних втрат в СД [1], що досліджується) лінійного виду траєкторії змінення швидкості.

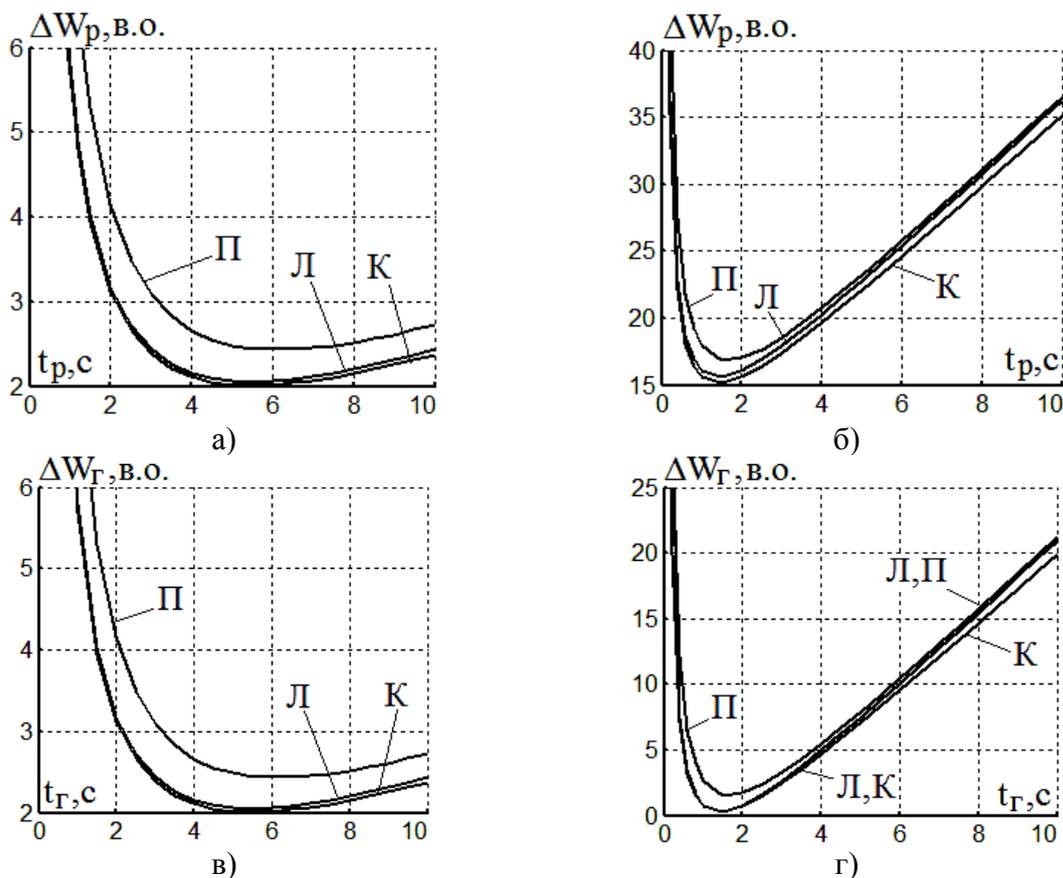


Рис.1 Залежності основних електромагнітних втрат енергії компенсованого СД при розгоні (а, б) й гальмуванні (в, г) на холостому ході (а, в) й з номінальним навантаженням (б, г) від тривалостей часів розгону t_p та гальмування t_z (де 1 в.о. дорівнює 2.23 кДж)

Висновок. Ефективним шляхом зменшення непродуктивних втрат енергії ч-р компенсованого СД в пуско-гальмівних режимах є вибір квазіоптимального виду траєкторій швидкості та оптимальних тривалостей часів розгону й гальмування двигуна.

Перелік посилань.

1. Вейнгер А.М. Регулируемый синхронный электропривод / А.М. Вейнгер. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 224с.
2. Волков В.А. Энергосберегающее управление частотно-регулируемым синхронным электроприводом летучих ножниц в пуско-тормозных режимах /В.А. Волков // Электромеханичні і енергозберігаючі системи.– Кременчуг.– 2019.– № 3(47).– С.8 –20.

РОЗРАХУНОК ВАРТОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ВІТРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ В УМОВАХ УКРАЇНИ

Вітроенергетика є найрозвиненішою галуззю відновлюваної енергетики (не враховуючи гідроенергетику), що відбивається на її економічні характеристики. Так, берегові ВЕУ характеризуються одними з найнижчих показників собівартості виробництва електроенергії серед альтернативних видів генерації.

Вартість ВЕС, в тому числі і ВЕУ залежить від їх потужності, вартості виробництва відповідного устаткування, витрат на транспортування і вартості будівництва.

Основний підхід до розрахунку економічних показників ВЕУ включає визначення ефективності ВЕУ в конкуренції з традиційними джерелами електроенергії в конкретному регіоні [1].

Найбільш гостре питання вітроенергетики - економічна ефективність ВЕУ. Обґрунтування параметрів ВЕУ, її розмірів, типу, можливої кількості електроенергії виробляється на основі техніко-економічних розрахунків і інженерного проектування з урахуванням вимог споживача, структури його електрогосподарства, зв'язку з енергосистемою, кількості споживаної електроенергії, витрат на оплату цієї енергії, а також місця розташування об'єкта енергопостачання і природно-кліматичних характеристик в цьому районі [2].

Економічна оцінка вітроенергетики включає в себе ряд просторових ризиків, зв'язаних з щорічним використанням енергії від встановлення вітрових турбін [3]:

- капітальні витрати на установку;
- ставка дисконтування;
- тривалість договору з покупцем електроенергії, що складає роки, протягом яких інвестиція в проект повинна бути погашена за будь-яку позику;
- витрати на обслуговування, включаючи обслуговування вітрових місць, страхування, втрату землі;
- офшорний лізинг, тощо.

Досить висока собівартість електроенергії, що виробляється на ВЕУ, особливо морських, обумовлена великими капітальними витратами на одиницю потужності в порівнянні з традиційними тепловими електростанціями. Для берегової ВЕУ основна частина капітальних витрат припадає на виготовлення, транспортування і монтаж ВЕУ. Для морських ВЕУ значний внесок в загальні капітальні витрати вносять процедури підключення до мереж, а також отримання дозволів.

Капітальні витрати на великі й масштабні наземні вітрові турбіни в теперішній час коливається від приблизно 1300 до 1600 фунтів стерлінгів за кіловат виробітку. За умови контрактів від 15 до 20 років та на досить ефективних ділянках енергія вітру може бути конкурентноспроможною із звичайними формами генерації електроенергії, якщо витрати на останню обчислюються на порівняльній основі. Вартість електроенергії, що генерується вітром, дуже залежить від способу фінансування установки, і це може сильно вплинути на ціну виробленої енергії.

Вартість енергії вітру з кожним роком все дешевшає, а будівництво вітрогенераторів вимагає все менших витрат. Раніше доступність пального палива робила вітроенергетику не вигідною, але тенденція поступово змінюється. У Північному морі припинило роботу відразу кілька великих проектів з видобутку нафти. Через це системи для установки морських споруд залишилися без роботи, а ціни на їх послуги знизилися. Тепер доставка турбін в море обходиться дешевше. Вартість вітряної енергії знизилася в тому числі з-за падіння цін на нафту і

сталь. Вимоги до експлуатації вітрогенераторів стали менш жорсткими, а у виробництв з'явилася можливість випускати вітряні турбіни в великих масштабах.

В кінцевому підсумку вартість нових ВЕУ може бути нижче не тільки вартості нових традиційних електростанцій, але й вартості подальшої експлуатації існуючих традиційних електростанцій по всьому світу.

Список використаних джерел

1. Григораш О.В., Ступура Ю.П., Сулейманов Р.А. и др. Возобновляемые источники электроэнергии. – Краснодар: КубГАУ, 2012, – 272 с.
2. Григораш О.В. К расчету экономической эффективности ветроэлектрических установок / О. В. Григораш, Р. А. Сулейманов, А. В. Квитко и др. // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2011. Т.1. № 33. С. 192-195.
3. Нові рекорди світової вітроенергетики, [Електронний ресурс]: http://www.uwea.com.ua/news.php?news_id=223.

Борисов П.А., ст., Бородай В.А., доцент кафедри електропривода
Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»

СПОСІБ БЕЗПЕРЕРВНОЇ ПІДТРИМКИ ПРОЦЕСУ ГЕНЕРАЦІЇ ЕНЕРГОНОСІЯ В БІОГАЗОВИХ УСТАНОВКАХ

Сталий розвиток суспільства можливий лише в умовах енергозбереження. Рівень енергоємності валового внутрішнього продукту України фактично в 2 рази перевищує середньосвітовий показник. Впровадження енергозберігаючих технологій в господарську діяльність є одним з важливих кроків у вирішенні проблеми з посідвищення цін на електроенергію.

Одним з таких рішень є Біогазові станції.

БІОГАЗОВИЙ КОМПЛЕКС ВЗІВ (БЗІВ, УКРАЇНА)

Розташування: Україна, с. Бзів, Київська обл.

Період будівництва: 2015/2016

Встановлена потужність: 330 кВт

Для популяризації та впровадження біогазових технологій в Україні, на базі класичного фермерського господарства, компанією Ecodevelop побудований біогазовий комплекс, що працює на відходах фермерського господарства (гній ВРХ) і кукурудзяному силосі, який вирощують на полях господарства.

Мета даного біогазового комплексу – на конкретному прикладі показати повний технологічний цикл переробки відходів ферми, вироблення електроенергії і тепла, використання збалансованих біодобрив для полів. На базі станції працює навчальний і науково-методологічний центр з підготовки фахівців біотехнологів для біогазової галузі України.

Добове виробництво біогазу – 3 630 м³

Електрична енергія – 2 640 МВт * годтійним п

Теплова енергія – 3 160 МВт * год

Тверді добрива (вологість 70%) – 9 344 тонн

Рідкі добрива (вологість 99%) – 18 359 тонн

Беручи за основу схему біогазової станції ми побудували аналогічну установку з циклічним принципом дії. Експеримент тривав протягом сімнадцяти днів. Аналізуючи дані досліджень, зазначаємо, що в період п'яти діб установка не виділяла газ, а перемішування відбувалося власноруч.

Наступним кроком стала модернізація уже існуючої установки, а саме заміна корпусу на більший. Також встановили модернізований фільтр для уловлювання вуглекислого газу. На дно ємності з водою була покладена сода для затримки CO₂. Як виявилось цього фільтру досить для того щоб CO₂ не потрапляло до біогазу.

Далі в установку була добавлена функція щоденного завантаження сировини. А саме: до установки було добавлено дві труби, перша - для безперервного завантаження сировини, а друга для розвантаження біодобрива.

Вивчивши звичайні біогазові установки і врахувавши їхні недоліки, ми створили установку, в яку завантаження сировини відбувається кожного дня. Таким чином ми вирішуємо проблему зберігання біомаси.

Також, якщо розглянути схему звичайної установки, побачимо встановленні електрозмішувачі та підігрівач, які теж споживають електроенергію. Тому ми пропонуємо замінити їх на нові які не споживають енергію а працюють за рахунок роботи самої станції.

Ознайомившись з сучасними досягненнями енергозберігаючих технологій, відновлювальними джерелами тепlopостачання та специфікою роботи біогазових установок розробили власну модель біогазової установки та провели її випробування. Результати досліджень дозволяють зробити наступні висновки:

- сучасні біогазові установки зазвичай працюють за циклічним принципом роботи, що ускладнює процес видобутку енергоносія. Як наслідок, збереження біомаси пропонується здійснювати шляхом завантаження складових щоденно;

- існуючі біогазові установки містять додаткові електромеханічні споживачі енергії активації процесу зброджування. Підвищити ефективність таких установок пропонується завдяки живлення складових конструкції за рахунок власних ресурсів станції.

Список використаних джерел

1. Баадер В., Доне Е., Бренндерфер М. Биогаз: теория и практика Biogas in Theorie und Praxis. М.: Колос, 1982. 148 с.

2. Газы горючие природные для промышленного и коммунально-бытового назначения. ГОСТ 5542-87.

3. Фюкс, Ральф. Зеленая революция: Экономический рост без ущерба для экологии Intelligent Wachsen. Die grüne Revolution. М.: Альпина нон-фикшн, 2015. 330 с.

4. Эдер Б., Шульц Х. Биогазовые установки. Практическое пособие. Zorg Biogas, 2011. 181 с.

5. Благутина В.В. Біоресурси Хімія життя 2007. - №1. З. 36-39

6. Малофеев В.М. Біотехнологія й охорона довкілля: Навчальний посібник. М.: Видавництво Арктос, 1998. 188 з.

ДОСВІД РОЗРОБКИ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ ПНЕВМО-ІМПУЛЬСНОЇ ОЧИСТКИ ВАКУУМНИХ ПРИЛАДІВ

Відомо, що робота пневматичного устаткування передбачає використання атмосферного повітря як технологічного середовища, природний стан якого безумовно має шкідливі домішки. Як наслідок, забруднюючі частки із складу технологічно тіла при проходженні скрізь газотурбінні та компресорні установки, призводять до абразивного зношування їх активних механічних частин. Зазвичай частковий захист поршневих пар та лопатей турбін здійснюється шляхом установки фільтрів, ефективність роботи яких залежить від їх періодичної очистки.

На теперішній час існують різноманітні способи відновлення фільтрів. Одним із перспективних автоматичних способів їх очистки є імпульсний метод, який дозволяє здійснювати таку функцію в поточному режимі. Зрозуміло, що його реалізація дозволить спростити процедуру очистки і забезпечить зменшення терміну між обов'язковим капітальним обслуговуванням системи та знизить вартість робіт по її виконанню.

Сучасний тренд – оснащення промислових підприємств різноманітними системами автоматизації, які будуються на базі цифрових програмних засобів. До їх складу обов'язково включають давачі обробки технологічних даних, візуалізації процесів та спрощення управління автоматичних систем. Саме тому практичне ознайомлення з популярними зразками такого обладнання та їх програмним забезпеченням є актуальною справою, як для фахівців, що навчаються, так і для діючих сьогодні працівників.

Збір та обробка даних – це своєрідний міст між «реальним світом» фізичних величин та комп'ютером. Сенсорна інформація (звук, світло, температура, тощо) перетворюється давачами у сигнали в реальному часі і може бути оброблена спеціальними апаратними засобами. Оскільки пряма передача інформації від вхідних джерел до комп'ютеру неможлива, автоматичні системами використовують драйвери чи OPC-сервер із спеціалізованим програмним забезпеченням, яке поміж виконання технологічної задачі візуалізує отримані дані на монітор.



Рис. 2 Пневмосистема

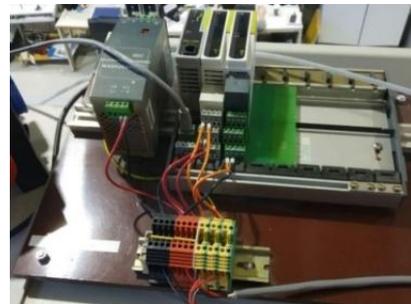


Рис. 1 Eurotherm 2500

Протягом стажування на кафедрі Інженерії екологічних та енергетичних процесів Австрійського Монтануніверситету (м. Леобен) автором публікації були освоєні сучасні апарати Eurotherm 2500 та програмні засоби iTools і Lookout. На їх основі була розроблена та побудована практична робота, що моделює систему імпульсної очистки фільтрів.

До складу лабораторної роботи входять два магнітних клапани (звичайно закритих), один давач тиску та джерело повітря на 1 бар. Обробку даних здійснюють модуль Eurotherm 2500 і

реле рис.1, 2.

Принцип роботи автоматичної системи передбачає на завчасно заданий термін вмикання впускного електромагнітного клапану. Наслідок – зростає тиск у пневмосистемі. Далі через встановлений час стан клапанів впуску та випуску інвертуються, а тиск в системі стрибкоподібно падає. Фіксація процесу, що відбуваються в установці здійснюється управляючим контролером. Зокрема, відсічка часу нагнітання та травлення тиску і стан клапанів (який з них

у конкретний момент часу відкритий/закритий). Хід роботи системи зберігається у файл з періодичністю кожні дві секунди з одночасним відображенням результатів на графічному моніторі в режимі реального часу рис.3.

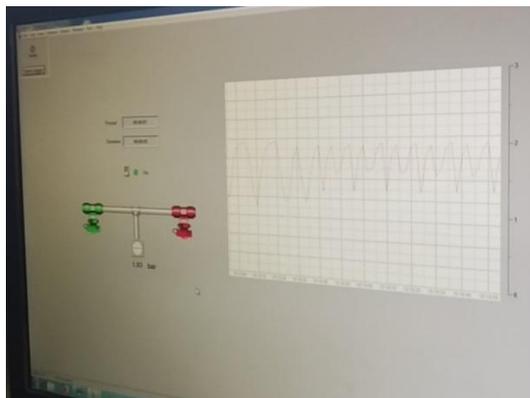


Рис. 3. Ілюстрація візуального контролю роботи системи.

В результаті розробки практичної роботи була створена система, яка дозволяє керувати, обробляти та зберігати результати течії повільних процесів, що може бути корисним для деяких специфічних завдань. Недоліком системи є те, що регулювання тиску відбувається лише за рахунок електромагнітних клапанів і ніяк не впливає на електропривід компресору, який є джерелом тиску. Таким чином, компресор нагнітає тиск безупинно, а отже, споживає електроенергію безперервно. Більш вдалим рішенням подібного завдання було б створення системи керування електроприводом компресора, яка забезпечить не гірші параметри при одночасному використанні тих самих апаратних та програмних засобів, але при менших втратах енергії.

Висновки

1. Доведена необхідність постійної очистки повітряних фільтрів компресорних та газотурбінних установках.
2. Запропоновано метод поточної очистки фільтрів імпульсним способом, що зменшує витрати та збільшує термін між їх капітальним обслуговуванням.
3. Отримано досвід в розробці та побудові автоматичної системи імпульсної очистки фільтрів з візуалізацією результатів управління у режимі реального часу.

Список використаної літератури

1. Lehrstuhl für Verfahrenstechnik des industriellen Umweltschutzes // Montanuniversitaet Leoben - <https://www.vtiu-unileoben.at/en/>
2. Applied measure and control technology laboratory course - https://online.unileoben.ac.at/mu_online/wbLv.wbShowLVDetail?pStpSpNr=3198587
3. Очистка воздуха в компрессорных и газотурбинных установках - <http://folter.com.ua/docs/gas%20turbine.pdf>
4. Стельмах И. В. Автоматизация процесса очистки фильтров станочных гидроприводов на базе электрогидравлического импульсного устройства // Вестник СГТУ. 2008. №1. <https://cyberleninka.ru/article/v/avtomatizatsiya-prtsessa-ochistki-filtrov-stanochnyh-gidroprivodov-na-baze-elektrogidravlicheskogo-impulsnogo-ustroystva>

ПЕРЕТВОРЕННЯ СМІТТЯ В ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТУ ЕНЕРГІЮ

З 1-го вересня 2017 року повністю набула чинності Угода про асоціацію між Україною та Європейським Союзом. Відповідно до цієї угоди Україна повинна внести зміни до законодавства згідно з європейськими нормами. Це стосується усіх законодавчих актів, усіх сфер, у тому числі енергетики та екології. І якщо в сфері енергетики ми стрімко рухаємося у напрямку Європи, про що свідчить різке зростання частки відновлюваних джерел енергії в об'єднаній енергосистемі України та, сприяючи децентралізації, нові правила енергоринку, то сказати те ж саме про екологічну ситуацію достатньо проблематично. В сфері вирішення екологічних проблем у нас є величезні проблеми, від глобальних до локальних. Однією з таких проблем є відсутність правил, регулювальних сфер та інших моментів впливу на сортування сміття, саме через це, ситуація яка огорнулася в нашій державі навколо цього питання потребує методу, так званого «waste management».

Вже сьогодні глобальні обсяги твердих побутових відходів (ТПВ) оцінюються в 2 мільярди тон на рік, і, ми звичайно повинні враховувати швидко зростаюче населення світу та урбанізацію, отже, очевидне існування загального розуміння того, що кількість відходів значно зросте вже найближчим часом. Рушійними чинниками збільшення відходів є збільшення споживання товарів зростаючим міським населенням, зміна способу життя та підвищення добробуту зростаючого середнього класу [2]. Лише в Україні 42 тисячі квадратних кілометрів сміттєзвалища, що становить близько 2 відсотків території країни. Скло, макулатура, метал, пластик та небезпечні відходи переробляються, але в реальності це лише 5% відсотків побутових відходів та 30% промислових. З чотирьох існуючих сміттєзпалюваних заводів працює лише один [1]. В населення, в більшості своїй абсолютно відсутня культура поводження зі сміттям. І це те питання, до рішення якого необхідно підходити всебічно. Держава повинна вимагати від людей дотримання законів та підтримувати фінансову та інформаційну ініціативи пов'язані з сортуванням сміття. В свою чергу населення повинно проявляти ще більше усвідомленості та розуміти важливість даного питання.

Одним з варіантів вирішення цього питання є встановлення системи ферментації біогазу з органічної частки твердих побутових відходів, шляхом анаеробного зброджування на полігонах ТПВ. Необхідним є сортування сміття безпосередньо у джерела, щоб створити сприятливі умови для використання рідкого залишку в якості добрива. На початкових етапах ця система повинна мати вигляд елементарного сортування, зрозумілого на інтуїтивному рівні – відділення органічної частки твердого побутового сміття від неорганічної [2].

Така система залишає широкі можливості для подальшого впровадження системи вторинної переробки сміття в Україні. Відокремлення органічної складової поблизу джерела не лише дозволяє використовувати рідкі залишки в якості добрив, але і сповільнює процес гниття неорганічних відходів, таких як папір, метал, пластик.

Отже, очевидно, що для подолання екологічних проблем в нашій країні, щонайменше потрібно почати з кожного жителя. Адже, проблема «завалення» території України сміттям – це проблема кожного українця. Сприяння розвитку переробної, сортувальної і видобувної галузі, пов'язаних зі сміттям, необхідне вже сьогодні. Екологічно чисті біогазові установки, здатні задати вектор розвитку всій системі переробки сміття. Для всіх видів фермерських домогосподарств, такі об'єкти є практично необхідними, а в містах і густонаселених пунктах встановлення подібних установок дозволить значно покращити екологічну ситуацію, і, що також важливо, дасть додаткове джерело електроенергії або тепла.

Список використаних джерел

1. «Возможности переработки отходов в энергию в процессе управления твердыми бытовыми отходами». [Электронный ресурс]. Режим доступа – <https://www.vtorma.ua/ru/utilizatsiya-musora-na-poligonah-tbo/>;
2. «Трагедия украинских свалок». [Электронный ресурс]. Режим доступа – <https://www.giz.de/de/downloads/giz2017-ru-waste-to-energy-guidelines.pdf>;

Ярошенко Я.В., магістр 141м-18-3, Ципленков Д.В., к.т.н., доц. кафедри електротехніки
Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»

ЛОКАЛЬНА СОНЯЧНА ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯ З НЕСТАНДАРТНИМ РОЗТАШУВАННЯМ

На території України, навіть з урахуванням сьогоденного збройного конфлікту існує неймовірно велика кількість місць, територій і площ використання яких необхідне для будівництва СЕС. Зазвичай використовують непридатні місцини для аграрної обробки, території на яких понад 4 роки не велися ніякі господарські роботи, землю насичену різними речовинами, що пригнічують її родючість, покинуті місця. Все вище перераховане стосується промислових масштабів будівництва станцій. Стандартна, класична сонячна електростанція зазвичай розташовується на поверхні землі та кріпиться на спеціальних опорах або трекарах. Говорячи про приватне будівництво СЕС для власного користування, то це зазвичай дахові станції, а з урахуванням останніх поправок в закон [24] про електроенергію, зокрема щодо сегменту СЕС, дахові станції повинні стати безальтернативними для використання задля власних потреб.



Рис. 1. Найбільші сонячні електростанції України

На рис 1. показано найбільші СЕС України станом на 2019 рік. Слід розуміти, це те, що основний вплив на продуктивність сонячної електростанції робить кількість сонячної радіації, а не температура повітря. У зимовий час, при чистому небі, виробництво електрики вище, ніж в весняні похмурі дні. Додаткову надбавку генерації в зимовий час може забезпечити сніговий покрив за рахунок «перевідбиття» сонячного випромінювання. Ця надбавка особливо відчутна, якщо встановлені двосторонні сонячні панелі.

Принцип розрахунку, проектування і будівництва сонячних електростанцій, це роками відпрацьована технологія, яка при масовому переході на сонячну енергетику загрожує забуттям багатьом тисячам гектарів родючої (або придатної для будівництва) землі. Даний аспект

вже досить давно розглядається в державах з обмеженими земельними ресурсами, Японія, Великобританія. Альтернативою в такому випадку може слугувати плавуча СЕС. Плавуча сонячна електростанція – це комплект сонячних панелей, закріплених на плаваючих платформах. Не обов'язково це має бути дрейфуюча платформа, достатньо звичайного плаваючого масиву на основі понтонів. Існують, щоправда, деякі обмеження, головне з яких стосується типу водної гладі. Для облаштування плавучих сонячних електростанцій краще підходять внутрішні водойми, на які хвильові навантаження протягом року зведені до мінімуму. Також, цю понтонну конструкцію можна використовувати і на таких ділянках як: затоплені кар'єри або інші місця які залишилися після завершення видобувної діяльності, водосховища, різні рукотворні водойми, хвостосховища від гірничо-збагачувальних сегментів промисловості.

Коротка характеристика представлених місць буде виглядати наступним чином.

Кар'єри. Під цим словом існують одночасно декілька понять. Два головні з них, це – сукупність відкритих гірничих робіт для розробки родовища корисних копалин (рис. 2). І, це може бути гірниче підприємство з видобутку корисних копалин. Зазвичай після свого використання, кар'єри залишають у тому стані в якому вони були (за певних умов). В результаті цього і дії водних мас вони можуть заповнитися певним рівнем води (рис. 3).



Рис. 2 Кар'єр Полтавського гірничо-збагачувального комбінату



Рис. 3 Затоплений кар'єр в Могилівці, Вінницька область.

Як видно на представлених фотографіях [30] кар'єри, чия площа може досягати сотень Га, являють собою чудові об'єкти, що можна використовувати як майданчик для будівництва плавучих СЕС. Після закінчення експлуатації, вони зазвичай залишаються у приватній власності, але є винятки коли кар'єри переходять у розпорядження держави і в них формують заповідні зони. По суті, це є головними проблемами під час перед-проектного періоду розробки моделі СЕС, адже знайти компроміси і отримати можливість використання даної ділянки під потужності сонячної станції проблематично і доволі дорого. Також проблема екологічної обстановки впливає на вибір саме кар'єрних ділянок, тому що, давно покинуті виробітки земельних порід вже встигають перетворитися на ареал проживання або міграції різних представників флори та фауни.

Водосховища. Штучна водойма, можливо озеро, що створена за допомогою греблі задля врегулювання стоку води для роботи ГЕС чи з іншої господарської потреби. Площа тільки найбільших водосховищ в Україні сягає 7351 квадратних кілометрів і найбільший зиск використання водосховища як майданчика під влаштування плавучої СЕС є в тому, що в водосховищах, як у внутрішніх водоймах, хвильові навантаження протягом року зведені до мінімуму, за винятком транспортних маршрутів великих суден. Більш детально проектування плавучої СЕС було розглянуто в моїй бакалаврській роботі «Розрахунок і проектування плавучої сонячної електростанції в умовах Кам'янського водосховища» 2018 року.

Хвостосховища. Це гідротехнічна споруда, комплекс спеціальних споруд та обладнання, які призначені для складування або захоронення радіоактивних, токсичних та інших відвальних відходів збагачення корисних копалин. На гірничо-збагачувальних комбінатах (ГЗК) зі добутої руди отримують концентрат, а відходи переробки переміщують у хвостосховища. Хвости надходять у вигляді пульпи (пісок, вода). Даних споруд для промислових відходів або їх подальшого використання чи переробки, в Україні, існує велика кількість. Так загальна [32] площа всіх хвостосховищ, за винятком уранових, складає 2,44 млн квадратних метрів. Найбільші, локальні хвостосховища знаходяться у розпорядженні таких промислових підприємств як:

Південний гірничо-збагачувальний комбінат - ПАТ «ПВДГЗК», м. Кривий Ріг, Дніпропетровська область (рис. 4).



Рис. 4. Хвостосховище «ПВДГЗК» м. Кривий Ріг

Іршанський гірничо-збагачувальний комбінат — підприємство титанової промисловості України. Розташоване поблизу смт Іршанська, Хорошівського району, Житомирської області (рис. 5).

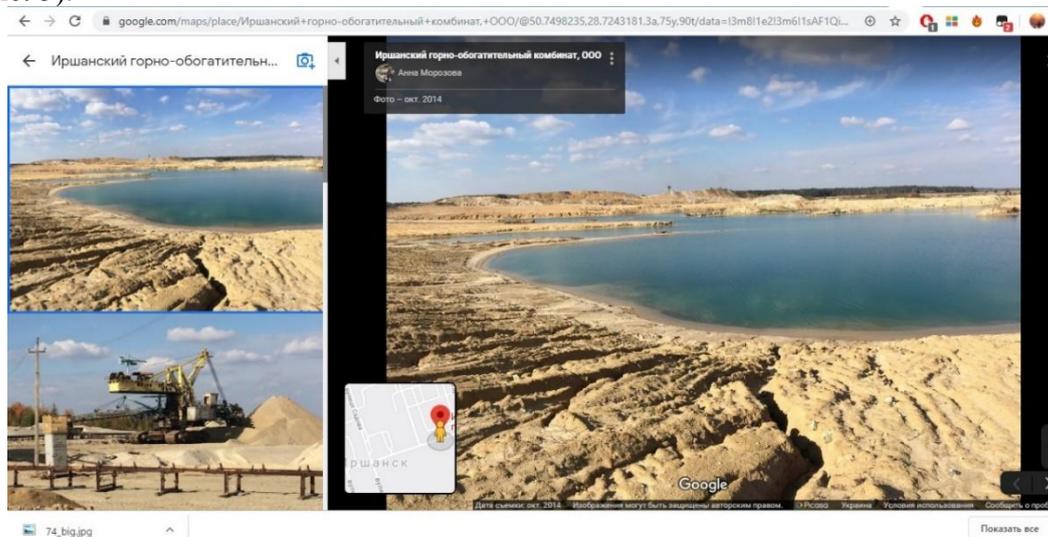


Рис. 5. Іршанський ГЗК і хвостосховище

Полтавський гірничо-збагачувальний комбінат (ПГЗК) – підприємство в м. Горішні Плавні, Полтавської області, приватне акціонерне товариство, найбільший український експортер залізорудних котунів до Європи. Входить до групи підприємств «Ferrexpo».



Рис. 5. Хвостосховище ПГЗК.

Розглянувши фото вище, можна побачити достатньо великі площі, що зайняті хвостосховищами, саме на цих територіях і пропонується до проектування плавуча сонячна електростанція.

Якщо не брати до уваги наведені приклади розташування плавучої СЕС, до них же можна ще додати такі ділянки на території України як: заболочена місцевість, озера і ставки, території сміттевих полігонів (для наземних СЕС) та багато інших. Головна ідея вибору такого нестандартного місця розташування сонячної електростанції полягає в тому, що тим самим ми отримаємо можливість використати непридатні земельні або водні ділянки, перетворивши їх цим на, важливі сегменти енерго-економічної системи України. Також, це зменшення

використання під забудову, об'єктами енергомережі, сільськогосподарських та інших аграрних угідь. В подальшому подібні проекти збільшать можливості децентралізації енергосистеми і дозволять будувати автономні сегменти вироблення електроенергії на основі ВДЕ, як в локальних, так і в глобальних межах, що в свою чергу повинно позитивно вплинути на загальний стан всієї енергетичної мережі України (від вироблення енергії, до її транспортування і покращення якості).

Стосовно суб'єктивного обґрунтування пропонованого місця розташування плавучої СЕС, можна також виділити негативні і позитивні сторони. До негативних чинників, безпосередньо, розташування плавучої сонячної електростанції на базі хвостосховища віднесемо:

Ризик екологічної катастрофи, в разі виходу важкої води без переробки до відкритої екосистеми. Адже СЕС планується розміщати на додатковій платформі, що може зашкодити встановленому технологічному процесу на виробництві в гірничо-збагачувальній галузі [37].

Загроза враження електричним струмом, такий ризик завжди існує при впровадженні електроенергетичних об'єктів біля водного середовища.

Загроза людському життю, з тих самих причин.

Складність будівництва і процесу запуску в експлуатацію СЕС. Тут все просто, адже технологічний процес на ГЗК відбувається постійно, це означає, що будівництво і подальша робота плавучої СЕС буде відбуватися паралельно роботі видобувного комбінату. Проте ця проблема частково вирішується правильним плануванням проведення робіт і відповідним створенням проектів і логістичних маршрутів.

Можливість виходу з ладу за рахунок впливу людського фактору. Ненавмисне (або навмисне) нанесення фізичної або іншої шкоди, яка зможе негативно повпливати на технологічний процес.

Негативних чинників чимало, проте більшість з них (окрім, що викликані природою) мають змогу не відбутися при точному і тверезому підході до справи, від перших розрахунків площ і потужностей, до моменту вводу в експлуатацію.

До позитивних сторін, звичайно, слід віднести такі моменти як:

- Можливість локального вироблення електроенергії на основі відновлюваних джерел;
- Покращення екологічного становища в регіоні. І це не просто слова заради слів, адже така конструкція плавучої СЕС дозволить зменшити викиди шкідливих речовин із важкої рідини, що знаходиться в хвостосховищі, також зменшення випарування самої води;
- Можливість на протязі цілого року використовувати хвостосховище, адже температура від сонячних панелей під час роботи дозволить йому не замерзати в холодну пору року. Також сама рідина буде стримувати нагрівання фотомодулів в допустимих межах під час найбільших показників температури, (травень – червень).

В нашій державі подібних, «живих» проектів ще не реалізовано, проте в майбутньому це можливо зміниться.

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ, РАБОТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ ПЕРЕГРЕВА

На кафедре возобновляемых источников энергии (ныне Электротехники) НТУ «ДП» в течение нескольких лет проводились работы по исследованию влияния температуры на энергетические параметры солнечных панелей и их деградацию.

Рост температуры солнечных панелей выше номинальной рабочей температуры солнечного элемента (стандарт NOCT) негативно сказывается на их способность генерировать электрическую энергию. Материалы из которых изготавливаются солнечные панели в летнее время нагреваются до температур свыше 70-80⁰ С. Изучение литературных источников и натурные исследования дали следующие результаты:

В погодных условиях Украины (г. Днепр) КПД солнечных панелей в летнее время в солнечную, ясную погоду (под действием температуры 70-80⁰С) снижается до 68-80 % от номинального в зависимости от материала панелей и их качества (цены и производителя). Зимой солнечные панели нагревается до температуры 35-45⁰ С, при этом КПД панелей снижается до 88-94 % от указанного производителем. Кроме того процесс деградации производительности солнечных панелей (значительное ухудшение свойств панелей во времени) является наиболее нежелательным явлением для всех типов солнечных батарей.

Процессы деградации всех типов фотоэлектрических модулей, в большинстве случаев, связаны с дефектам структуры, вызванными резкими перепадами температуры панелей, влиянию окружающей среды с большой влажностью, циклами замерзания и размораживания проникшей под покрытие солнечных панелей воды (особенно с агрессивными примесями).

Повышенная температура и ее резкие перепады приводят к разрушению герметизации конструктивных элементов панелей, что позволяет влаге проникать внутрь, что тут же сказывается на их работе.

В научной среде недавно введено новое понятие LeTID (деградация под действием света и повышенной температуры). Эта деградация проявляется как у поли- так и у моно- панелей при воздействии светового излучения большой мощности, а так же высокой температуры (эти воздействия увеличивают скорость деградации в среднем в два раза на каждые 10 градусов температуры).

Увеличение температуры в значительной мере влияет на фотоэлектрические солнечные панели уменьшая их выходное напряжение, а, следовательно, и выходную мощность. Кроме, того увеличение температуры увеличивает механическое напряжение, связанное с термическим расширением. Параметр который в наибольшей мере подвержен воздействию повышения температуры панелей, является напряжение холостого хода.

Повысить КПД солнечных панелей можно уменьшив потери энергии в процессе взаимодействия солнечного света и вещества, из которого изготовлены фотоэлементы. Увеличение КПД даже на несколько процентов (особенно на больших солнечных электростанциях) принесет огромный экономический эффект.

Сейчас с этими последствиями перегрева в лучшем случае борются с помощью находящихся на задней поверхности охлаждающих алюминиевых пластин, которые уменьшают термическое сопротивление и увеличивают площадь поверхности на которой происходит отвод тепла от солнечных панелей.

Предложено использовать в качестве теплоотводящих (охлаждающих) устройств элементы Пельтье с вентиляторами, запитанными энергией от этих же элементов.

ЛІФТОВІ СИСТЕМИ НОВОГО ПОКОЛІННЯ З ВИСОКИМ РІВНЕМ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ

Сучасний стан вітчизняних промислових та комунальних ліфтів потребує масштабного оновлення через моральне та технічне зношення – більшість об'єктів експлуатується понад 30 років. Оновлення ліфтових систем з використанням технологій минулого століття економічно невиправдане, не відповідає сучасним стандартам безпеки експлуатації та енергоспоживання; ліфти мають застарілі технічні характеристики.

Впровадження нових ліфтових систем з плоскими композитними тяговими органами – гумотросовими канатами дозволить зменшити енергоспоживання, металомісткість та габаритні розміри ліфтової установки, збільшити терміни експлуатації підйомних канатів, підвищити надійність і безпеку експлуатації ліфтів, збільшити швидкість їх руху та висоту підйому.

Дотепер плоскі гумотросові канати не використовувалися при виробництві та експлуатації ліфтів. В таких канатах троси захищені від взаємодії з іншими елементами конструкцій ліфта, включно і від взаємодії з барабаном та від впливу довкілля. Це виключає механічний знос тросів в канаті та їх корозію і дозволяє застосувати троси суттєво меншого діаметра. Зменшення діаметрів тросів дозволяє зменшити діаметр привідного барабану ліфтової лебідки, який огинається тросами. В свою чергу, зменшення діаметру барабану дозволяє в приводі ліфта застосувати редуктор з меншим передаточним числом. Відсутність контакту тросів з іншими елементами та їх розташування в гумовій оболонці дозволяє підвищити швидкість руху ліфта та перейти на використання безредукторного приводу, що значно зменшує металомісткість та енергоспоживання ліфта. Гумотросовий канат має гумові обкладинки, які забезпечують високий коефіцієнт тертя каната при його взаємодії з барабаном. Це дозволяє передавати більші навантаження під час прискорення та гальмування кабіни ліфта, відповідно підвищити швидкість руху, забезпечити можливість його використання для підйому на значну висоту.

Ліфти, як будь-які підйомні машини, повинні мати захист від обривів канатів. Найбільш надійним таким засобом може бути резервування. Резервування передбачає паралельне застосування окремих елементів. В нашому випадку – канатів. Таким чином одним із заходів щодо забезпечення безпеки ліфтів нового покоління має стати паралельне застосування декількох канатів, які огинатимуть барабан, з їх розташуванням в одній або декількох площинах в декілька шарів (відповідно кількості канатів).

Підвищення безпеки експлуатації підйомних машин, зокрема ліфтів, можна досягти шляхом забезпечення безперервного та автоматичного контролю тягової спроможності канатів – цілісності тягових елементів (тросів). Відомо, що система контролю працює з формуванням, передачею та обробкою сигналу. На теперішній час одним з достатньо надійних та технологічно простих в отриманні, передачі та обробці, є електричний сигнал. Гумотросовий канат виготовлений зі сталевих тросів, завулканізованих в гумову оболонку. Основною причиною втрати тягової спроможності гумотросового каната є розрив тросів. Наслідком такого розриву є зміна електропровідності каната. Вказані властивості гумотросового каната дозволяють застосувати метод контролю стану каната за зміною його електропровідності. Такий метод може застосовуватися автоматично та практично безперервно, оскільки в ньому руйнування троса змінює (генерує) електричний сигнал, який легко передавати та обробляти в автоматичному режимі, а при потребі, давати сигнал на зупинку ліфта, чим забезпечити безпеку його експлуатації. Структурна схема автоматичної системи контролю розриву тросів каната показана на рис. 1.

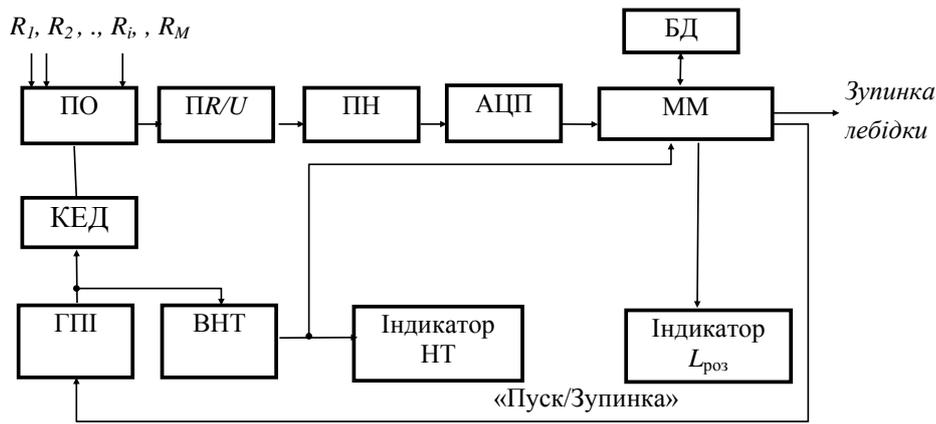


Рис. 1 Структурна схема системи контролю розриву тросів гумотросового каната ліфта

Відповідно до показаної схеми, значення електричного опору тросів $R_1, R_2, \dots, R_i, \dots, R_M$, як параметри, залежні від технічного стану гумотросового каната, надходять у пристрій обігу (ПО). Для цього, пристрій обігу у заданій послідовності приєднує кожну фіксовану пару кінців тросів до вимірювальної ланки системи. Керується пристрій кроковим електродвигуном (КЕД), який забезпечує час приєднання системи контролю опору та інтервал часу між вимірюваннями опору заданих пар кінців тросів. Генератор прямокутних імпульсів (ГПП) живить електродвигун. Період генерації імпульсів, їх ширина визначають тривалість приєднання кінців тросів і інтервал часу між вимірюваннями опору відповідних пар тросів. Паралельно вихідні імпульси ГПП надходять у визначальник номера пари тросів (ВНТ), що ідентифікує пару, яка у цю мить приєднана до системи. Він уявляє собою двійковий лічильник імпульсів з дешифратором. Номер пари кінців тросів відтворюється на відповідному табло системи (Індикатор НТ). Опір приєднаної пари тросів перетворюється у блоці (ПР/У) в електричну напругу. Напруга за допомогою підсилювача (ПН) доводиться до нормованого значення. Це значення визначається максимальною величиною робочого діапазону аналогово-цифрового перетворювача (АЦП). Перетворювач (ПР/У) може бути побудовано за схемою нерівноваженого моста. АЦП – перетворює аналоговий вихідний сигнал у двійковий код. Код надходить на системну шину даних мікропроцесорного модулю (ММ). Інформація, пов'язана з фактом виникнення пошкодження троса, накопичується в базі даних (БД). Визначення пошкодженого троса каната здійснюється програмно з використанням мови низького рівня. Результат «Розрив виявлено» або «Стан робочий» висвітлюється на табло індикатора $L_{роз}$. У разі потреби дається команда на аварійну зупинку двигуна ліфтової лебідки. Таким чином система спроможна в автоматичному режимі постійно контролювати стан тросів каната та аварійно зупинити ліфт.

Запропонований комплекс технічних рішень дозволяє створювати ліфтові системи нового покоління з високим рівнем енергоефективності та експлуатаційної безпеки. При цьому, за рахунок значного збільшення довговічності підйомних канатів досягається суттєве скорочення експлуатаційних витрат. Нові установки з плоскими тяговими органами мають більшість аналогічних вузлів та елементів з існуючими ліфтами багатоповерхових споруд України. Модернізація зношеного ліфтового обладнання не потребує втручання у конструкцію будівлі, а при зведенні нових будівель можливе значне скорочення їх вартості за рахунок відмови від будівництва машинного поверху. Підйомна установка має значно менші габарити, що дозволяє встановлювати її в обмеженому просторі, низький рівень шуму та високу плавність ходу ліфта. Завдяки застосуванню канатів у формі ременів можливе ефективне автоматичне контролювання стану їх цілісності. Відмова від машинного поверху при реконструкції існуючих багатоповерхових будівель може бути використана під розміщення систем опалення або водопостачання, джерел альтернативної енергії тощо.

*А.М. Галиновский, канд. техн. наук, В.А. Бобер,
Украина, город Киев, Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»*

С.Л. Баран

*Украина, город Новая Каховка Херсонской области,
ООО «НВП Новокаховский электромашиностроительный завод»*

ДИАГРАММЫ ТОКОВ КОРТКОЗАМКНУТОЙ АСИНХРОННОЙ МАШИНЫ

Введение

Работа асинхронной машины с короткозамкнутым ротором (АМ) в сети считается достаточно хорошо изученной. Расчет характеристик АМ проводится с применением круговых диаграмм или аналитическими методами расчета. Все большее внимание уделяется уточнению методов расчета АМ.

В работе [1] приведены методики расчета характеристик асинхронных двигателей, которые базируются на системе уравнений токов и напряжений Г-образной схемы замещения. Расчеты проводятся в скалярной форме при ряде допущений. Поэтому неточности в определении некоторых расчетных величин могут существенно сказаться на конечных результатах расчетов.

В работе [2] приведена методика автоматизированного расчета параметров и характеристик АМ в режимах двигателя (АД) и генератора (АГ) на базе Т-образной схемы замещения с учетом нелинейных изменений параметров схемы. Сопоставлены рабочие характеристики АГ ветроэнергетических установок малой мощности на базе АД промышленного производства при изменении параметров сети, приведены рекомендации по улучшению параметров и характеристик АГ.

Совершенствование автоматизированной методики расчета АМ, построение диаграмм токов АМ в диапазоне скольжения $s = -\infty \div +\infty$ при заданных параметрах сети и учете нелинейных изменений параметров Т-образной схемы замещения является целью работы.

Основная часть работы

На рис. 1 показана Т-образная схемы замещения асинхронной машины с к.з. ротором (АМ). Принятые обозначения: U_{1c} – напряжение сети; I_1, I_2, I_δ – токи статора, ротора и намагничивающего контура; r_1, x_1, r_2, x_2 – активные и индуктивные сопротивления обмоток статора и ротора; x_m, r_{10}, r_{20} – сопротивления намагничивающего контура; s – скольжение. Параметры ротора приведены к статору.

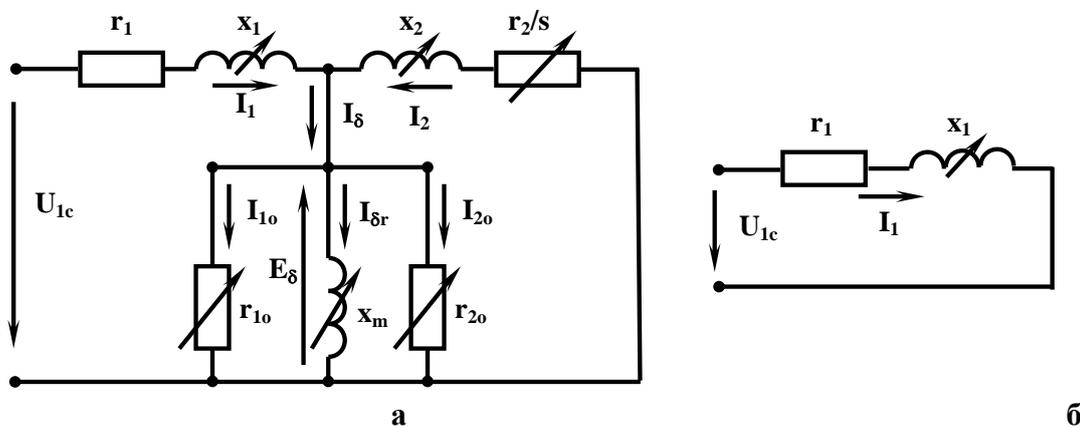


Рис. 1 Схемы замещения короткозамкнутой асинхронной машины

Расчет параметров Т-образной схемы замещения АМ проводится по известной методике [1].

Активные сопротивления намагничивающего контура:

$$r_{1o} = r_{1o50} \cdot (50/f_1)^\beta \quad r_{2o} = r_{2o50} \cdot (50/f_2)^\beta, \quad (1)$$

где f_1 – частота сети; f_2 – частота ротора, $r_{1o50} = m \cdot E_\delta^2 / p_{1o50}$, $r_{2o50} = m \cdot E_\delta^2 / p_{2o50}$.

В соответствии (1) при $s = \pm\infty$ $r_{2o} = 0$. Тогда $E_\delta = 0$, $I_2 = 0$. Схема замещения при $s = \pm\infty$ $r_{2o} = 0$ показана рис. 1, б.

При расчете на каждом шаге изменения скольжения предварительно задается начальная величина тока ротора, а контроль точности расчета проводится при сопоставлении рассчитанной и заданной величин напряжения сети.

На рис. 2 показаны диаграммы токов короткозамкнутой асинхронной машины типа 4А225М8У3 при изменении скольжения от $s = -\infty$ до $s = +\infty$.

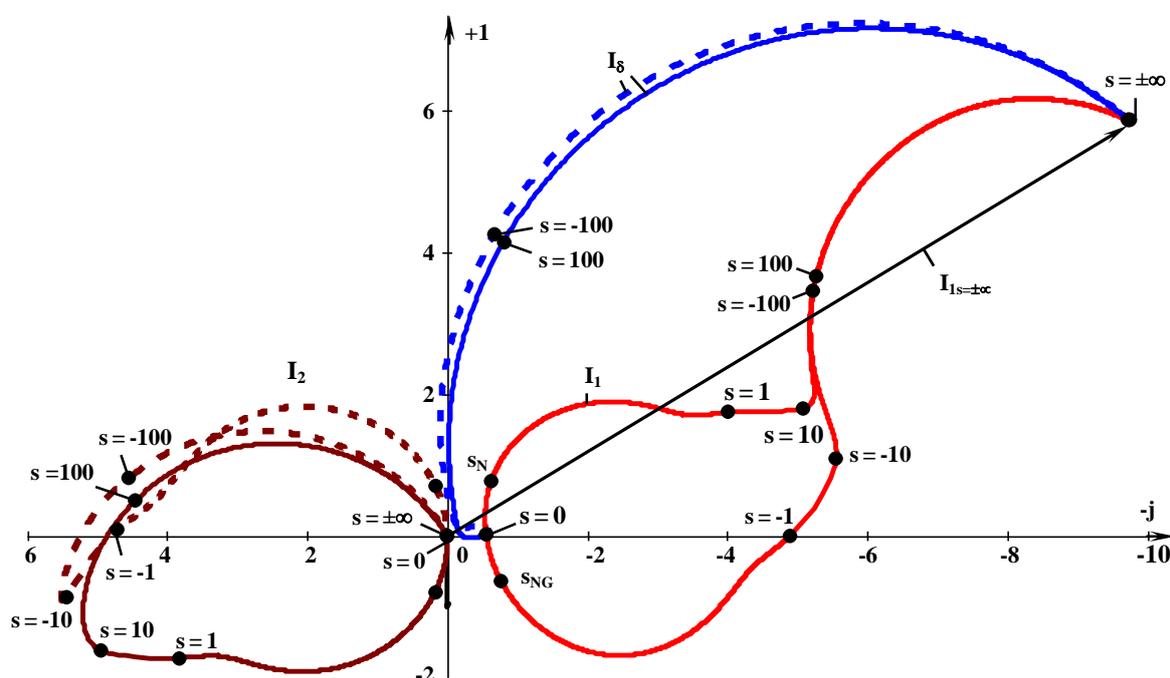


Рис. 2 Диаграммы токов асинхронной машины 4А225М8У3 при скольжениях $s = -\infty \div +\infty$,

Обозначения на рисунке: I_1 – ток статора; I_2 – ток ротора; I_δ – ток магнитной цепи; $I_{1s=\pm\infty}$ – вектор тока статора при $s = \pm\infty$. Токи I_2 и I_δ при $s = 0 \div +\infty$ показаны сплошной линией, а при $s = 0 \div -\infty$ – пунктиром. На рисунках обозначены точки при разных скольжениях: $s = 0$; $s = 1$; $s = 10$; $s = 100$. s_N – обозначение номинального скольжением двигателя, s_{NG} – обозначение номинального скольжения генератора.

Выводы

1. Разработана автоматизированная методики расчета короткозамкнутой асинхронной машины (АМ) с учетом нелинейных изменений параметров Т-образной схемы замещения при скольжении $s = -\infty \div +\infty$.

2. По результатам расчета АМ 4А225М8У3 мощностью 30 кВт (АМ-30) установлено:

– ток вторичного контура и результирующая ЭДС АМ, рассчитанные с учетом изменения всех параметров Т-образной схемы замещения, при скольжениях $s = \pm\infty$ равны нулю;

– при $r_m = \text{const}$, $x_m = \text{const}$ диаграмма токов АМ близка до круговой, при $s = \pm\infty$ ток статора АМ-30 $I_{1zmc(s=\pm\infty)} = 3.8$ о.е.;

– при $r_m = \text{var}$, $x_m = \text{var}$ и $s = \pm\infty$ ток статора АМ-30 $I_{1s=\pm\infty}$ более чем в 3 раза превышает ток $I_{1zmc(s=\pm\infty)}$.

Список источников ссылок

1. Проектирование электрических машин: учебник для вузов / под ред. И.П. Копылова. – 4-е изд., перер. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2011. – 767 с. – (Основы наук).
2. Галиновский А.М. Параметры и характеристики генераторов ветроэнергетических установок малой мощности на базе асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором // Вісник Національного технічного університету «ХПІ» Серія: Проблеми удосконалення електричних машин і апаратів. – НТУ «ХПІ», 2018, – № 32. – с. 45 – 50.

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА СИНТЕЗ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ЗАПОБІЖНИМ ГАЛЬМОМ ПІДЙОМНОЇ МАШИНИ

Основним способом видобутку корисних копалин з надр землі на території України вважається підземний (на основі шахтних підприємств).

Видача корисних копалин на поверхню відбувається за допомогою підйомної машини. Дуже важливо, щоб підйомна машина працювала постійно, швидко, уникаючи аварійних станів. Робота підйомної машини характеризується тахограмою швидкості руху скіпа. Найбільша увага приділяється ділянці на тахограмі, де відбувається гальмування скіпа, бо це вважається найбільш складним процесом з точки зору виникнення аварійних ситуацій саме на цій ділянці тахограми. Оскільки більшість систем автоматизації підйомних машин були спроектовані ще в Радянському Союзі, вимоги та норми щодо керування скіпами є застарілими. Через це все більше відбувається аварійних ситуацій при роботі підйомних машин. Тому все частіше постає питання щодо удосконалення процесів керування підйомними машинами.

Метою наукових досліджень є вдосконалення алгоритму автоматичного керування процесом гальмування скіпа.

Процес гальмування відбувається за допомогою гальмівного пристрою підйомної машини, що являє собою гальмівні колодки, які притискаються до барабану. Тим самим відбувається зміна швидкості (гальмування) переміщення скіпа. Притискання гальмівних колодок у більшості випадків відбувається за допомогою гідравлічного приводу гальм. Тобто, існує робочий гідравлічний циліндр, який механічно діє на гальмівні колодки при зміні тиску в ньому. Таким чином, для регулювання швидкості необхідно регулювати тиск у робочій порожнині гідроциліндру приводу гальм.

В процесі експлуатації підйомної машини гальмівний прилад виконує різні функції. У випадку роботи підйомної машини в режимі гальмування гальмівний прилад виконує функцію виконавчого органу системи керування підйомною машиною, поглинаючи надлишкову кінетичну енергію рухомих частин установки. При цьому поглинання кінетичної енергії за рахунок сили тертя, що створюється гальмівним приладом, повинно виконуватись таким чином, щоб задовольнявся заданий режим гальмування скіпа згідно тахограмі, а це потребує від гальмівного приладу забезпечення плавного регулювання гальмівного моменту у широких межах.

Таким чином, швидкодія системи повинна бути якомога більша. Але при цьому занадто швидке гальмування недопустиме через ризик перевищення сил натягу канатів та пружних моментів у редукторах допустимих значень. Тому, керування переміщенням скіпа пропонується додатково вести за диференціалом зміни у часі тиску у робочій порожнині гідроциліндра гальмівного пристрою, який не повинний виходити за діапазон від ± 10 кг/с.

Для розрахунку регулятора створена модель системи керування у математичному пакеті MATLAB. Розрахунки регулятора проводилися для кожної ділянки тахограми окремо, оскільки ідентифікація об'єкта керування показала, що він є несиметричним відносно керуючого впливу. Розрахунки регулятора проводились аналітичними методами з використанням стандартних моделей Баттерворта, що забезпечують задане розташування полюсів, а також з використанням додатку MATLAB "PID Tune".

У результаті порівняльного аналізу якості роботи системи керування за обґрунтованими критеріями, для зростаючої ділянки тахограми обраний ПІ-регулятор, розрахований за допомогою додатку "PID Tune", а для спадаючої ділянки тахограми обраний ПІД-регулятор, також розрахований за допомогою додатку "PID Tune". Але, для забезпечення виконання вимоги щодо відсутності перевищення диференціалу зміни у часі тиску у робочій порожнині циліндру

допустимих меж, проведено удосконалення регуляторів шляхом використання фільтру нижніх частот на основі аперіодичної ланки з незмінним коефіцієнтом підсилення, що дорівнює одиниці, а постійна часу є змінною величиною.

За допомогою обчислювальних експериментів на моделі системи автоматичного керування гальмуванням скіпа визначена постійна часу фільтра нижніх частот, при якій диференціал зміни у часі тиску у поршневій порожнині гідроциліндру гальмівного пристрою дорівнює ± 10 кг/с при гальмуванні скіпа.

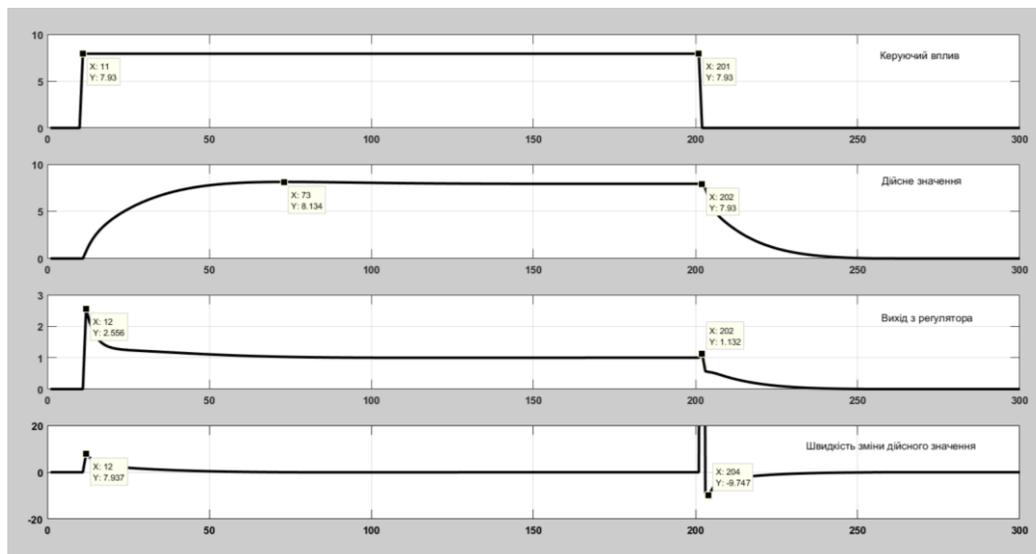


Рис.1 – Результат моделювання системи автоматичного керування з модифікованим регулятором

Результати обчислювального експерименту на основі імітаційної моделі системи автоматичного керування гальмуванням скіпа підтвердили ефективність роботи модифікованих регуляторів гальмування скіпа на різних ділянках тахограми – як за умови позитивного, так і за умови негативного прискорення руху скіпа маємо перехідний процес з максимально допустимим диференціалом зміни у часі тиску у поршневій порожнині гідроциліндру гальмівного пристрою (рис. 1).

Перелік посилань

1. Методичні рекомендації для студентів бакалаврів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» Ткачов В.В., Бубликов А.В., Цвіркун Л.І., Проценко С.М., Бойко О.О., Славинський Д.В. – Д.: «НГУ», 2016. – 27 с.

2. Бойко О.О. Методичні вказівки до лабораторних робіт з проектування систем автоматизації для студентів напрямку підготовки «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / О.О. Бойко. – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2017. – 109 с. – Режим доступу: <https://goo.gl/Ev6J4Z>

ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ТЕМПЕРАТУРОЮ НАГРІВУ ЗЕРНА У ЗЕРНОСУШАРЦІ

Важливим елементом агропромислового комплексу України є галузь збереження та переробки зерна. Зростання врожаю зернових, що спостерігається останні роки в Україні, обумовлює підвищення якості процесів післязбиральної обробки зерна, де найбільш енерговитратним процесом є сушіння зерна. Процес сушіння зерна відноситься до складних об'єктів керування, що обумовлено інерційністю, транспортним запізнюванням, нестаціонарністю, великою кількістю збурень що впливають на ефективність роботи обладнання. Ручне керування агрегатами, що працюють у потоці, низько ефективно, має низьку продуктивність, а прагнення її підвищити може знизити якість просушеного зерна. Покращити показники якості керування процесом сушіння зерна, такі як якість зерна після сушіння, час виходу на режим, похибка при стабілізації температури зерна можна за допомогою розробки нових систем керування.

Передавальна характеристика зерносушарки по каналу температура агенту сушіння (Тас) – температура зерна (Тз) отримана [1] після ідентифікації процесу сушіння зерна у шахтній зерносушарці. Передаточна характеристика представлена у вигляді аперіодичної ланки другого порядку:

$$\frac{K_{T_{ac}T_z} e^{-\tau_0 p}}{T_2^2 p^2 + T_1 p + 1}, \quad (1)$$

де, $T_2=411,6$ с.; $T_1=888$ с.; $K_{T_{ac}T_z}=0,291^\circ\text{C}/^\circ\text{C}$, $\tau_0=270$ с.

Критерієм керування нагрівом зерна у зерносушарці є мінімальне відхилення від заданого значення температури зерна:

$$\text{відхил } T_z = |T_z - T_{z,зад}| \rightarrow \min, \quad (2)$$

де $\text{відхил } T_z$ – відхилення значення параметру температура зерна; T_z – значення параметру температура зерна; $T_{z,зад}$ – задане значення параметру температура зерна.

Причому якщо зерно перегріти, то це зможе призвести до зниження якісних характеристик зерна, а значить зниження його вартості. Якщо температура зерна нижче, то це залишає зайву вологу у зерні при проходженні зерна через зерносушарку, знижує ефективність роботи зерносушарки оскільки потребує подальшої обробки зерна.

Для керування температурою зерна обрано замкнуту структуру системи керування зі зворотнім зв'язком. У якості регулятора обрано ПІ- та ПІД-регулятори. Від ПІ-регулятора відмовились у зв'язку з наявністю статичної похибки параметра температура зерна на виході системи керування. Параметри регулятора розраховано згідно методу Ціглера-Ніколса [2], що ґрунтується на реакції об'єкта на ступінчасту зміну керованого впливу. Метод надає задовільний результат якщо $0.15 < \frac{\tau}{T} < 0.6$. Для ПІ- та ПІД-регуляторів за методом Ціглера-Ніколса

згідно кривої розгону методом дотичної у точці перегину передавальної характеристики (крива розгону) розраховано параметри: k - коефіцієнт підсилення інтегруючої ланки, T – постійна часу об'єкту, τ - час затримки. Розраховані параметри об'єкту керування складають:

$k=0.291\text{ }^{\circ}\text{C}/^{\circ}\text{C}$, $T=1150\text{ с}$, $\tau=270\text{ с}$. Параметри ПІ-регулятора $k_p=13.2$; $k_i=0,016$. Параметри ПІД-регулятора $k_p=17.6$; $k_i=0,033$; $k_d=2371$.

За допомогою середовища Matlab Simulink виконано моделювання роботи систем керування з різними регуляторами. Результати моделювання показано на рисунках 1 та 2.

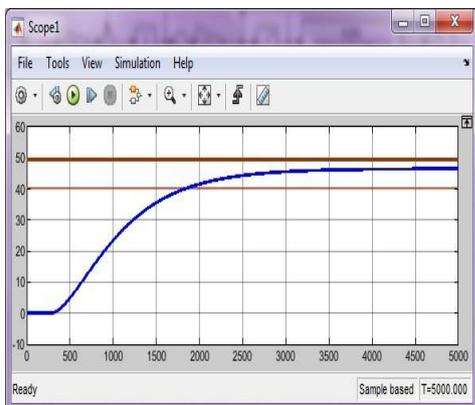


Рисунок 1 – Результат моделювання системи керування з ПІ-регулятором з параметрами, що розраховані за методом Ціглера-Ніколса.

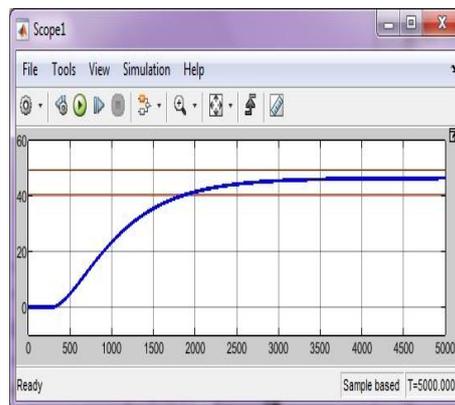


Рисунок 2 – Результат моделювання системи керування з ПІД-регулятором з параметрами, що розраховані за методом Ціглера-Ніколса.

Оцінка роботи системи керування з ПІ-регулятором має наступні значення параметрів: час наростання 1450 с, час встановлення – 3500 с, пере регулювання – відсутнє. Оцінка роботи системи керування з ПІД-регулятором має наступні значення параметрів: час наростання 1250 с, час встановлення – 3000 с, перерегулювання – відсутнє.

Ознайомившись з результатами моделювання систем керування у середовищі Matlab Simulink можна зробити висновок, що використання ПІД-регулятора найбільш сприятливе для функціонування системи керування температурою нагріву зерна у зерносушарці.

Перелік посилань

1. Колесов Л.В. Экспериментальное обоснование совершенствования процесса сушки в шахтных зерносушилках / Л.В. Колесов, Н.М. Андрианов // Автоматизация процессов послеуборочной обработки зерна: Сб. науч. трудов ЛСХИ.– Л.,1990.–с.69–81.

2. Настройка типовых регуляторов по методу Циглера-Николса: метод. указания к выполнению лаб. Работы для студентов, обучающихся по направлениям 210100 «Электроника и нанoeлектроника» и 20100 «Биотехнические системы и технологии» / сост. О.С. Вадутов; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 10с.

РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПІДТРИМКИ ОПТИМАЛЬНОЇ ТЕМПЕРАТУРИ В ОФІСІ В ЗИМОВИЙ ПЕРІОД РОКУ

Об'єктом керування виступає офісне приміщення з припливною вентиляцією, в якому необхідно регулювати температуру взимку [1]. До складу установки входять: вентилятор, фільтр, датчик перепаду тиску, блок керування, сервісний вимикач, ТЕНи, пульт. Подача повітря з вулиці відбувається за допомогою примусового нагнітання за допомогою блоку з вентилятором. Він створює необхідний тиск для примусового нагнітання і подає оброблене повітря у внутрішні частини будівлі [2]. Спочатку повітря потрапляє на фільтри, вони будуть очищати повітря від пилу, бруду і шкідливих газів. Для контролю забруднення слугує диференціальний датчик тиску, який контролює різницю тиску повітря на вході і виході фільтра. ТЕН (калорифер) слугує для нагрівання повітря.

На підставі аналізу структури об'єкту керування, вхідних та вихідних параметрів і вимог до функціонування системи керування, розроблено структуру системи (рис. 1) та обрано апаратне забезпечення, яке використовувалося у якості системи дослідження об'єкту керування.

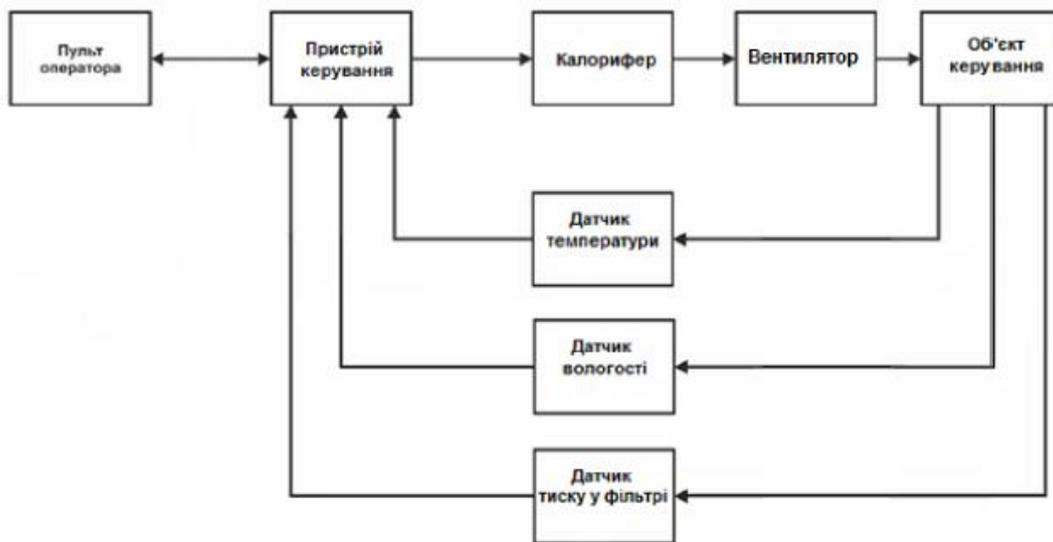


Рисунок 1 – Структура системи керування

Дослідження об'єкту керування виконувалося методом активного експерименту, шляхом зміни потужності калорифера. За результатами досліджень встановлено об'єкт керування може бути представлений у вигляді аперіодичної ланки другого порядку з запізненням, та отримані її коефіцієнти. На підставі чого розроблено імітаційну модель об'єкту керування яка наведена на рисунку 2.

Дослідивши данні отримані за результатами моделювання та порівняних їх з перевірочними даними, встановлено, що імітаційна модель є адекватною до об'єкту керування.

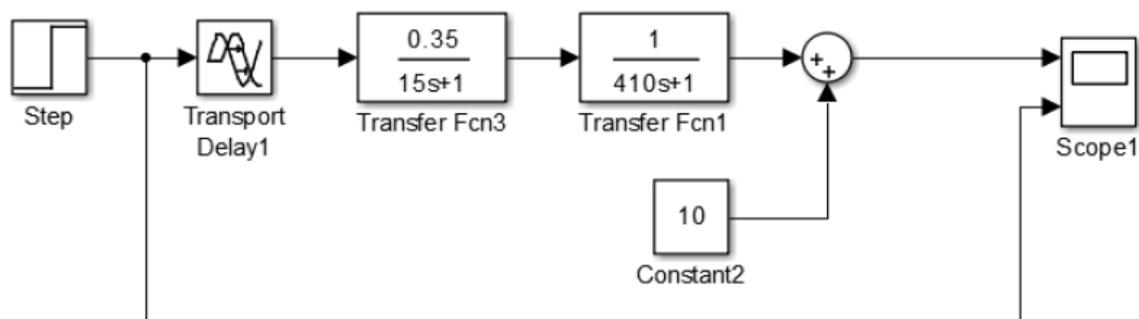


Рисунок 2 – Модель системи керування

Таким чином в роботі виконано аналіз об’єкту керування, розробка структури системи керування та обране апаратне забезпечення. Отримана система керування використана у якості системи дослідження. За результатами дослідження об’єкту керування методом активного експерименту отримано його імітаційну модель. Подальшим напрямком розвитку цієї роботи є синтез та розробка системи керування підтримкою оптимальної температури в офісному приміщенні в зимовий період року.

Перелік посилань

1. Кондиционирование, вентиляция и отопление помещений / Барановский В., Банников Е. – М., 2009 – 256 с.
2. ДНАОП 0.00-1.32-01 “Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок”

**ПРОЕКТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
ПРОМИСЛОВИХ КОНТРОЛЕРІВ НА БАЗІ ГРАФІВ СТАНІВ ТА МОВИ
STRUCTURED TEXT**

У сучасній промисловості всюди використовуються системи автоматизованого керування технологічними процесами та об'єктами, що забезпечує підвищення якості продукції, зменшення витрат ресурсів, виконання вимог охорони праці в зонах підвищеної небезпеки, за рахунок прибирання людини або значного зменшення її участі в процесах отримання, перетворення, передачі та використання енергії, матеріалів, виробів, інформації. На сьогоднішній день для керування в таких системах використовуються електронно-обчислювальні пристрої, які називаються промисловими контролерами, до яких відносяться: програмовані логічні контролери, розподілені системи керування та промислові комп'ютери [1]. При цьому основною проблемою на сьогоднішній час є відсутність базових та надійних принципів розробки та налагодження програмного забезпечення систем керування. З цього випливає, що завдання створення формального підходу до проектування та розробки програмного забезпечення промислових контролерів є актуальним.

Аналіз існуючих матеріалів показав, що на ранніх етапах розвитку автоматизації технологічних процесів системами керування розроблялися на базі кінцевих автоматів. Розвиток електронно-обчислювальних машин призвів до появи програмованих логічних контролерів, а в подальшому промислових контролерів, однак це не призвело до розвитку проектування та розробки програмного забезпечення систем керування на базі кінцевих автоматів. Такий підхід на даний час використовується здебільшого при розробці систем керування на базі мікропроцесорів з використанням мови програмування С [2].

За результатами аналізу запропоновано формальний підхід до проектування та розробки програмного забезпечення системи керування, що складається з трьох етапів:

- написання словесного опису алгоритму функціонування технологічного процесу або об'єкта керування;
- проектування програмного забезпечення, що включає складання таблиць вхідних, вихідних та контрольованих параметрів, виділення станів системи керування та розробку графів станів на основі кінцевого автомата Мілі;
- розробки програмного забезпечення на мові стандарту IEC 61131-3 Structured Text.

Використання мови програмування Structured Text обумовлено тим, що до її складу входить оператор перемикання між нумерованими випадками CASE, що дозволяє перенести на неї графи станів, аналогічно тому як це виконується у мікропроцесорній техніці за рахунок використання оператора switch мови програмування С. Таким чином, дана мова програмування може бути використана для розробки програмного забезпечення на базі графів станів.

На підставі досліджень було розроблено формальний підхід до переходу від графу станів (рис. 1) до програмного забезпечення на мові програмування Structured Text:

```
#define SU -1
#define S0 0
#define S1 1
VAR
    I_State : DINT := -1;           // Стан системи керування
END_VAR

CASE I_State OF
    // Визначення поточного стану
```

```

S0 : // Поточний стан 0
    IF <Умова1> THEN // Умова переходу в стан 1
        I_State := 1; // Установка нового стану
        <Дія1>; // Дії відповідні переходу
    // зі стану 0 в стан 1
    END_IF;

S1: // Поточний стан 1
    IF <Умова2> THEN // Умова переходу в стан 0
        I_State := 0; // Установка нового стану
        <Дія2>; // Дії відповідні переходу
    // зі стану 1 в стан 0
    END_IF;

ELSE // Ініціалізація початкового стану
    I_State := 0; // Установка початкового стану
END_CASE;

```

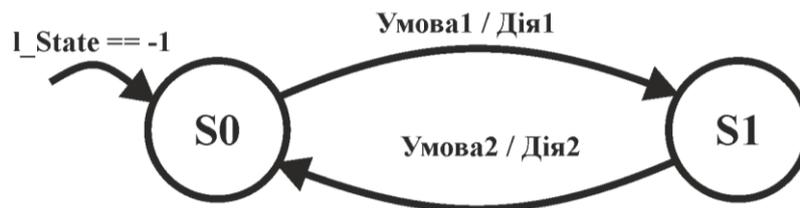


Рисунок 1 – Граф станів

В рамках даного підходу стан системи керування зберігається у цілій змінній *I_State* типу даних DINT, яка має початковий стан SU. Використовуючи значення змінної *I_State* за допомогою оператора перемикачів CASE визначається поточний стан. У початковий момент часу стан не визначено, тому виконується перехід до випадку за замовчуванням ELSE, де в якості початкового стану задається S0. На наступному циклі у випадку відповідному стану S0 перевіряється умова переходу в стан S1. Якщо умова переходу виконується, у якості поточного стану задається S1 та виконуються дії відповідні переходу. Якщо умова переходу не виконується, відбувається перехід за межі оператора перемикачів END_CASE. При переході з стану S1 до стану S0 виконується перевірка наявності стану S1 та відповідна умова переходу, при виконанні умови відбуваються дії відповідні дузі переходу.

Таким чином, в роботі запропоновано проектувати програмне забезпечення системи керування на базі промислових контролерів використовуючи графи станів та розробляти програмне забезпечення на мові Structured Text. Для чого за результатами досліджень розроблено формальний метод переходу від графів станів до їх програмної реалізації на мові програмування Structured Text. Подальший розвиток цієї роботи передбачає дослідження складних питань проектування та розробки програмного забезпечення з метою їх формалізації: початкова ініціалізація системи керування після теплового перезапуску, реалізація ієрархічної структури програмного забезпечення та інші.

Перелік посилань

1. Пушкарь М.С. Проектування систем автоматизації: навч. посібник / М.С. Пушкарь, С.М. Проценко. – Д.: Національний гірничий університет, 2013. – 268 с.
2. Ткачев В.В., Формальные методы разработки программного обеспечения для систем дискретного управления / В.В. Ткачев, С.Н. Проценко, Н.В. Козарь // Гірнична електро-механіка та автоматика: науково технічний збірник. – Дніпропетровськ, 2009. – С. 115-123.

Козарь М.В., ст. викл., Бойко О.О., ас., Погрібняк І.О., студентка гр. 151-19м-1
Національний ТУ «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна

ПРОЕКТУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ПІДТРИМКИ МІКРОКЛІМАТУ В КІМНАТНІЙ ТЕПЛИЦІ

Серед міського населення яке володіє дачними ділянками в останні роки набуло широкого поширення практика вирощування розсади в домашніх умовах для подальшої пересадки їх до ґрунту. У зв'язку з тим, що даний процес вимагає постійної підтримки стабільних кліматичних умов, частина розсади гине, що зменшує обсяги майбутнього врожаю. Для підвищення обсягу виробленої продукції від власників потребується організація спеціального місця з стабільними кліматичними умовами в якості, якого може виступати кімнатна теплиця. Таким чином збільшення виходу розсади може бути досягнуто за рахунок використання автоматизованих систем керування кімнатними теплицями, однак на ринку практично відсутні такі системи, а існуючі мають завищену вартість. Таким чином, розробка автоматизованої системи керування теплицею з використанням малобюджетного обладнання є актуальним питанням.

Аналіз типових вхідних параметрів кімнатної теплиці показав, що до них відносяться температура повітря, температура ґрунту, вологість повітря, вологість ґрунту, температура води використовуваної за для поливу розсади та рівень води [1]. До вихідних параметрів відносяться освітлення, полив розсади насосом, провітрювання теплиці за допомогою вентилятора та підігрів води використовуваної для поливу розсади. На підставі розглянутих параметрів розроблено структуру системи керування наведену на рисунку 1.

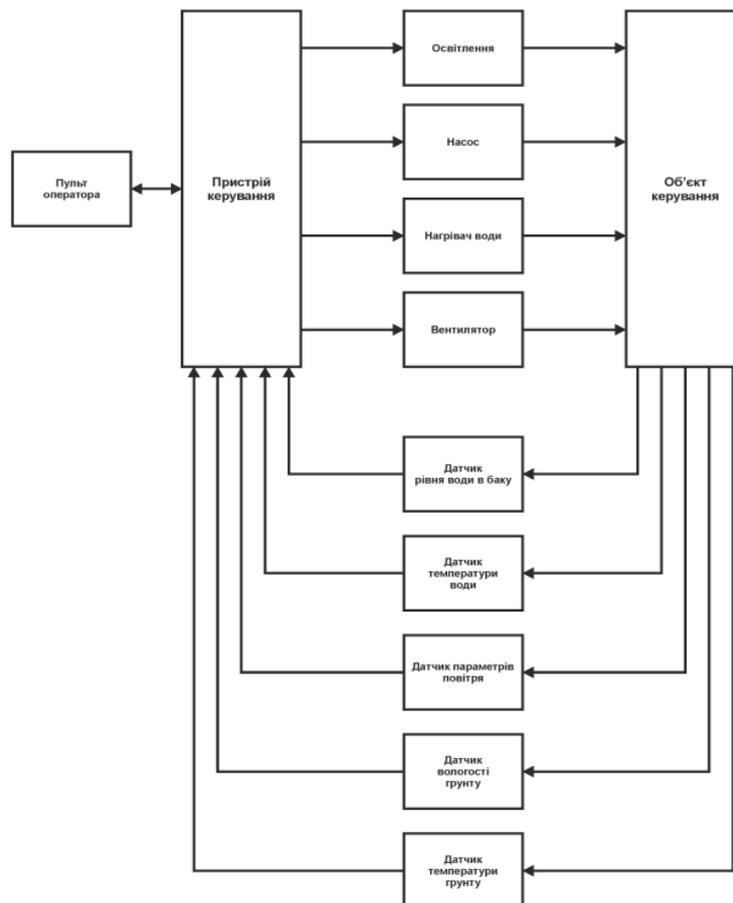


Рисунок 1 – Структура системи керування

За для прикладу у якості вирощуваної розсади було обрано тепличні огірки які потребують підтримки різних кліматичних умов у день та вночі. У день необхідно підтримувати температуру повітря 15÷20 °С, вологість повітря 70÷80 %, вологість ґрунту 80÷90 %, а вночі температуру повітря 20÷25 °С, вологість повітря 80÷90 % та вологість ґрунту 90÷95 %. Температура поливної води 20÷25 °С та температуру ґрунту 15÷20 °С є незмінними в день і вночі.

Проаналізувавши вимоги до функціонування системи керування на етапі проектування програмного забезпечення було розроблену схему алгоритму, яка відповідає у сим вимогам та наведена на рисунку 2.

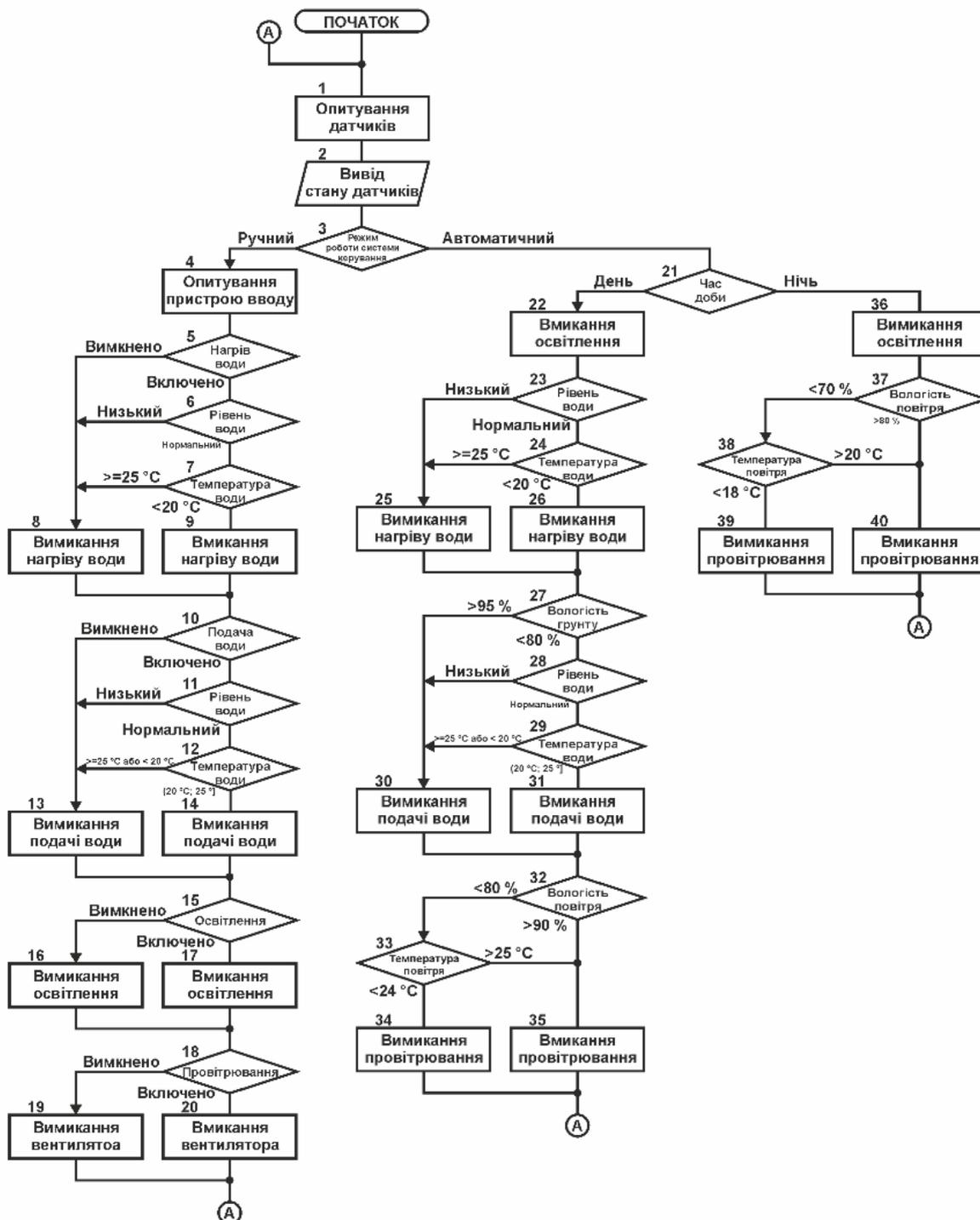


Рисунок 2 – Схема алгоритму функціонування системи керування

Відповідно до схеми алгоритму було розроблено програмне забезпечення для мікроконтролера Arduino Uno R3. Перевірка функціонування програмної системи керування показала, що воно відповідає у сим поставленим вимогам, а використання розробленої системи керування дозволяє підвищити вихід продукції кімнатної теплиці.

Подальший розвиток даної роботи передбачає перехід від дискретного керування параметрами об'єкту керування до безперервного з використанням цифрових регуляторів [2], розробку людино машинного інтерфейсу на мові програмування Java для пристрою який використовує операційну систему Android та використання Wi-Fi модулю esp 8266 за для зв'язку з мікроконтролером Arduino Uno R3.

Перелік посилань

1. Ковалев, И.В. Автоматизированные системы управления: Учебное пособие для лекционных занятий для студентов специальности 210200 «Автоматизация технологических процессов и производств», всех форм обучения / И.В. Ковалев, Г.В. Волкова – Красноярск: СибГТУ. – 2006. – 179с.
2. Токмаков Н. М. Математическая модель системы управления микроклиматом ангарных теплиц / Н. М. Токмаков, В. С. Грудинин // Гавриш №3. — М. : Научно-исследовательский институт овощеводства защищенного грунта (НИИОЗГ), 2008. — С. 28—32.

РОЗРОБКА МЕТОДИКИ КАЛІБРУВАННЯ ПІРОМЕТРІВ

Від параметрів точності вимірювання температури залежить енергоефективність багатьох виробничих процесів. Принцип дії пірометрів базується на вимірюванні енергетичної яскравості у частині інфрачервоного потоку випромінювання [1]. Потік випромінювання поглинається приймачем приладу через оптичну систему. На наступному етапі кількісне значення потоку випромінювання перетворюється у величину температури.

При дослідженні метрологічних характеристик пірометрів необхідно враховувати, що потік випромінювання від об'єкту вимірювань представляє собою функцію від трьох головних параметрів, а саме: температури, випромінюючої здатності об'єкту та довжини хвилі. Під випромінюючою здатністю розуміється певна міра кількості енергії випромінювання від поверхні об'єкту, у порівнянні з енергією випромінювання від поверхні абсолютно чорного тіла (за умови тієї ж самої температури).

У зв'язку з необхідністю впровадження у метрологічну практику концепції невизначеності вимірювань [2], виникає потреба розробки методики калібрування пірометрів, яка замінить застарілі методики перевірки з оцінкою похибок. Методика калібрування буде використовуватися для робочих засобів вимірювальної техніки та призначена для встановлення метрологічних характеристик пірометрів інфрачервоного випромінювання, а також тепловізорів з цифровою індикацією.

Прилади, для яких може бути застосована дана методика калібрування, призначені для вимірювання температури від -30 до 1100 °С.

Головною метою процедури калібрування є експериментальне визначення нормованих характеристик пірометрів, а також їх відповідності встановленим вимогам нормативно-технічної документації. При розробці методики були враховані вимоги ДСТУ [3, 4] та інші нормативні документи.

В ході процедури встановлення характеристик пірометрів у якості еталонів використовуються наступні засоби вимірювання: пірометр еталонний, еталонні випромінювачі, калібратори, термометр, барометр.

Перед процедурою калібрування повинні бути виконані наступні кроки: зовнішній огляд засобу вимірювань; опробування; контроль показника візування та діапазону вимірювання.

Основним етапом калібрування є визначення метрологічних характеристик. Його необхідно здійснювати не менш, ніж у трьох точках. Точки повинні бути рівномірно розподілені за діапазоном вимірювання та включати початкове та кінцеве значення.

Встановлення метрологічних характеристик реалізується на базі методу порівняння, а саме, покази пірометра (який підлягає калібруванню) порівнюються з кількісними значеннями температури еталонного випромінювача.

При обробці експериментальних результатів приймають, що функція математичної моделі вимірювання є алгебраїчною сумою вхідних величин:

$$Y = f \sum_{i=1}^n (X_1, X_2, X_3 \dots X_n),$$

де вихідна величина Y – покази приладу, що калібрують; вхідні величини X_i – основні істотні джерела невизначеності.

З урахуванням цього модельне рівняння матиме вигляд:

$$\Delta t = \sum_{i=1}^{10} \delta t_i + t_{\text{stand}} + t_{\text{ind}} + t_{\text{stand comp}} = t_{\text{stand}} + t_{\text{ind}} + t_{\text{stand comp}} + \delta t_{\text{rand}} + \delta t_{\text{instab}}$$

де Δt – відхилення показів пірометра, що калібрують від номінальних значень; t_{stand} – невизначеність еталону; t_{ind} – роздільна здатність індикації еталону; t_{stand_comp} – невизначеність компаратора; δt_{rand} – величина впливу «випадкові ефекти при вимірюванні».

За значення температури, що відтворює компаратор \bar{t}_{er} (°C), приймають середнє арифметичне значення показань індикатору компаратора або еталонного пірометра:

$$\bar{t}_{er} = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} t_{er_i}$$

де t_{er_i} – показання індикатору компаратора або еталонного пірометра при i -тому вимірюванні, °C.

За значення температури пірометра, що калібрується \bar{t}_n (°C) приймають середнє арифметичне значення результатів вимірювань у точці, що досліджується:

$$\bar{t}_n = \frac{1}{10} \sum_{i=1}^{10} t_{n_i}$$

де i – номер вимірювання ($i = 1, 2, \dots$), $n=10$.

Сумарна стандартна невизначеність калібрування пірометра визначається стандартною невизначеністю еталонного випромінювача (або еталонного пірометра) $u_c(t_{em})$ та стандартною невизначеністю пірометра, що калібрується, $u_c(t_n)$:

$$U_{\Sigma c}(t_n) = \sqrt{u_c(t_{er})^2 + u_c(t_n)^2} .$$

Далі процедура калібрування передбачає складання бюджету невизначеності, в який необхідно вносити складові невизначеності типу А, типу В, невизначеність компаратору типу В, значення роздільної здатності еталону у вигляді невизначеності типу В, оцінку нестабільності температури.

З урахуванням вищезазначених факторів, сумарна стандартна невизначеність результату відтворення температури $u_c(t_{er})$ визначається за формулою:

$$u_c(t_{er}) = \sqrt{u_{rand}^2(t_{er}) + u_{stand}^2(t_{er}) + u_{stand\ comp}^2(t_{er}) + u_{ind}^2(t_{er}) + u_{instab}^2(t_{er})}.$$

Сумарна стандартна невизначеність результату вимірювання температури $u_c(t_n)$ визначається за формулою:

$$u_c(t_n) = \sqrt{u_{rand}^2(t_n) + u_{ind}^2(t_n)}$$

Сумарна стандартна невизначеність калібрування пірометра:

$$U_{\Sigma c}(t_n) = \sqrt{u_c(t_{er})^2 + u_c(t_n)^2}$$

Розширена невизначеність:

$$U = k \cdot u$$

де $k=2$ – коефіцієнт охоплення, який відповідає ймовірності охоплення 95% в припущенні нормального розподілу вимірюваної величини.

Перелік посилань

1. Методы измерения температуры. Часть 2. Методы и средства бесконтактного измерения температуры: методические указания к практической работе/ сост. Т.Н. Немова, К.Д. Трофимов. – Томск : Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2015.–29 с.
2. Васілевський, О. М. Основи теорії невизначеності вимірювань : підручни/ О. М. Васілевський, В. Ю. Кучерук, Є. Т. Володарський. – Вінниця:ВНТУ, 2015. – 230 с.
3. ДСТУ 3765-98 Пірометри. Методи випробувань
4. ДСТУ-Н РМГ 43:2006 Метрологія. Застосування. Керівництво по вираженню невизначеності вимірювань.

ЕКСПЕРТНА СИСТЕМА НЕЧІТКОГО КЕРУВАННЯ СОНЯЧНОЮ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЮ УСТАНОВКОЮ

Вступ

У всіх розвинених країнах енергетичні ресурси є дорогими та в значній мірі впливають на економіку. Це змушує шукати більш дешеві способи отримання енергії. Зараз найдешевшим джерелом є атомна енергія. Недоліком атомної енергетики є відсутність безпечної переробки та зберігання відпрацьованого радіоактивного ядерного палива. У свою чергу спосіб перетворення сонячної енергії у електричну є більш перспективним, так як не має шкідливих відходів.

Аналіз існуючих рішень.

Сонячний фотоелектричний перетворювач (СФП) – це пристрій, який перетворює світлову енергію у електричну [1]. Вони бувають на основі кремнію чи полімерно-плівкові. Також розрізняють три види кременевих СФП: монокристалічні, полікристалічні та аморфні. У монокристалічних СФП світлочуттєві пластини направлені в одну сторону, а у полікристалічних розташовано різнонаправлені кристали. Аморфні СФП виготовляють напиленням тонкого слою кремнію на основу, якою може бути метал чи пластик.

На даний час є три покоління аморфних СФП [2]. У першого покоління СФП був суттєвий недолік – недовговічність. У другого, у порівнянні з першим, була більша потужність на одиницю площі СФП, але залишилась та сама проблема. Третє покоління немає такого недоліку, але все одно має низький ККД. Для нормального функціонування сонячної електростанції світло повинно падати по нормалі до СФП. Це допомагає реалізувати трекер. Трекер – це пристрій, який повертає СФП у просторі. Існуючі трекери повертають СФП так, щоб сонячні промені падали по нормалі до поверхні. Вони використовують алгоритм слідування за потужністю, яку генерує СФП, чи за заздалегідь прорахованою траєкторією для конкретного місця та пори року, не враховуючи хмарність. Також розрізняють трекери на основі переміщення по одній осі чи двом осям.

Постановка задачі

Метою праці є встановлення методом фізичного моделювання залежності потужності, яка згенерована елементом СФП, від кута падіння сонячних променів. Для цього створений стенд для вимірювання та збереження даних параметрів.

Методи дослідження

Для проведення експерименту було придбано три види кремнієвих СФП одного виробника однакової потужності та розташовано під одним кутом до променів сонця. Найвища згенерована потужність була у монокристалічного СФП, який й далі буде використовуватися для проведення досліду.

На ефективність генерування енергії СФП впливають багато факторів, а саме: інтенсивність світлового потоку, кут нахилу конструкції, запиленість, погодні умови, температура, кут падіння світлового потоку тощо. Щоб збільшити ефективність СФП, якщо є можливість зміни положення у просторі, потрібно дослідити залежність потужності на виході панелі від положення у просторі панелі для різних сполучень перелічених вище факторів з метою визначення для кожного сполучення оптимальної траєкторії переміщення у просторі. Також необхідно вирішити наукову задачу створення алгоритмів навчання системи керування сонячною фотоелектричною установкою для ідентифікації системою факторів, які наразі впливають на

потужність, яку генерує СФП. Вирішення зазначених наукових задач дозволить підвищити ефективність генерування енергії СФП за рахунок розпізнавання різних ситуацій при роботі установки та забезпечення оптимального положення у просторі в залежності від конкретної ситуації, яка наразі має місце.

Опис установки для проведення дослідження

На рис.1 зображено зовнішній вигляд стенду. Створена установка дозволяє повертати СФП у двох площинах. Для орієнтації СФП у просторі по двом осям використано два актуатори обертання. Дані пристрої живляться і приймають команди по одному коаксіальному кабелю. Це значно спрощує управління системою. Розроблений контролер керує актуаторами обертання по протоколу DISEqC 1.2. Система з даними актуаторами змонтована і встановлена на даху будівлі. Вимірювання потужності здійснюється миттєвим вимірюванням та перемноженням діючої напруги та струму з подальшою передачею значення на ПК, та збереження у файл відповідно до кута відносно горизонталі.



Рис. 1 Установка позиціювання СФП.

Одержання та аналіз результатів

СФП було розташовано у напрямку сонця та за допомогою гіроскопа MPU-6050 виставлено перпендикулярно відносно горизонталі. У якості навантаження було використано резистор, опір якого становив 10 Ом. СФП був розміщений під кутом -90° до горизонталі та рухався з кроком у 10° . Через кожні 10° показання потужності відповідно кута до нормалі зберігалися у файл. Далі дані були оброблені у програмі MathCad. Графік залежності потужності, яка згенерована СФП, відносно кута до горизонталі приведено на рис.2.

Дослід проводився у сонячну літню погоду. Потужність СФП 50 Вт типу монокристал. Як видно з графіка, максимальна генерація потужності СФП припадає як раз на випадок, при якому промені сонця перпендикулярні до площини СФП.

Висновок

Сонячні промені, які досягають поверхні Землі, поділяють на два види: прямі і розсіяні. На поверхні Землі щільність сонячних променів становить 1 кВт/м^2 . Лінія руху сонця проходить зі сходу на захід. Найбільш ефективна робота СФП відбувається при повному освітленні модуля і перпендикулярному падінні сонячних променів на модуль. СФП зазвичай встановлюються у фіксованому положенні і не можуть слідувати за сонцем протягом дня. З цієї причини вони не можуть працювати з повною віддачею протягом усього дня, так як кут падіння

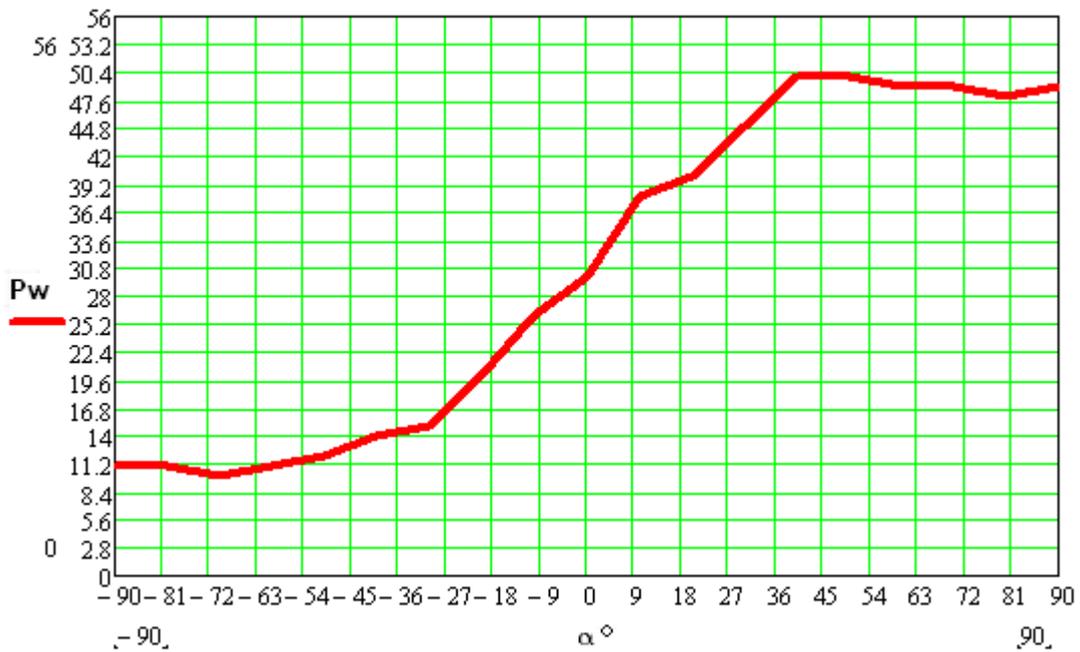


Рис. 2 Графік залежності потужності, яка згенерована СФП, відносно кута до горизонталі

сонячних променів на поверхню буде відмінний від 90 градусів. Взимку Сонце досягає нижчого кута, ніж влітку, тому СФП взимку повинні бути розташовані під великим кутом. Це забезпечить їх більш ефективну роботу і дозволить ним поглинати відбите сонячне світло від снігу. Розташувавши їх під великим кутом, вирішується проблема зі скупченням снігу. У багатьох випадках він просто не буде затримуватися на сонячному модулі. Існуючі системи лише стежать за орбітою, по якій переміщується сонце за допомогою систем GPS. Це не завжди гарантує ефективну роботу СФП. Сонця може і не бути, а СФП буде переміщатися, витрачаючи енергію. Було вирішено у якості датчика положення сонця використовувати вебкамеру зі світлофільтром. Далі ця інформація аналізується на ПК, і за результатом її обробки на базі навченої нейронної мережі приймається рішення – чи варто повертати СФП, і на скільки градусів. Структурна схема діючої системи приведена на рис.3.

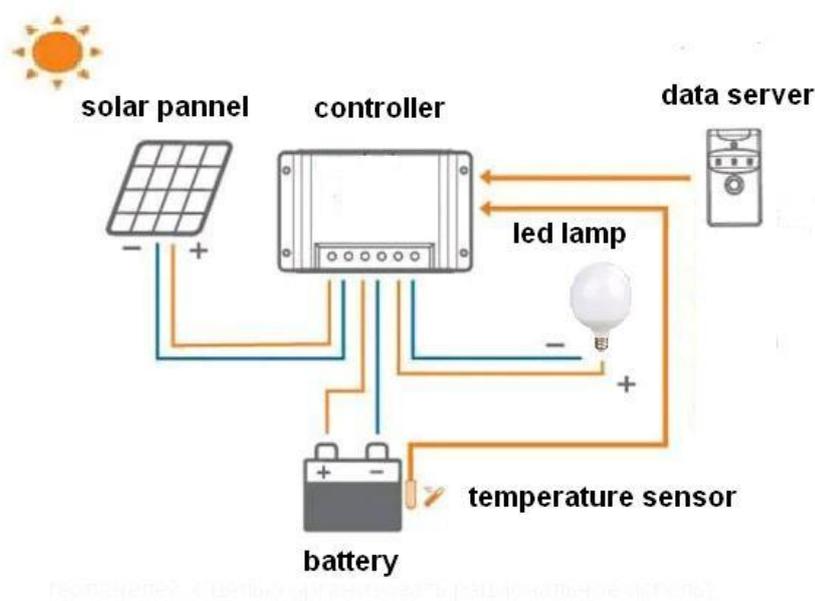


Рис. 3 Структурна схема діючої системи.

Перелік посилань

1. Андреев С.В. Солнечные электростанции- М.:Наука 2002.
2. Бурдаков В.П. Электроэнергия из космоса М: Энергоатомиздат 1991.
3. Рубан С.С. Нетрадиционные источники энергии-М.:Энергия, 2003.
4. Базаров Б.А., Заддэ В.В., Стебков Д.С. и др. Новые способы получения кремния солнечного качества. Сб. "Солнечная фотоэлектрическая энергетика". Ашхабад, 1983.

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ДЕШЛАМАЦІЇ В ЛІНІЇ ЗБАГАЧЕННЯ ГЗК

В даний час є актуальною задача підвищення якісних показників залізного концентрату при економії енергоресурсів і матеріалів на магнітозбагачувальних гірничих комбінатах. Дана задача вирішується завдяки впровадженню новітніх технологій, технологічних агрегатів і систем автоматичного керування. Особливе місце в підготовці сировини займає процес магнітної дешламації - операція тонкого відділення шламів і згущення зливу. Дешламація - складний процес, на який впливає цілий ряд факторів, і в першу чергу - гідродинамічні характеристики руху пульпи. Розробка системи автоматичного керування даним процесом передбачає обґрунтований вибір закону керування і перевірка його ефективності на ЕОМ в ході обчислювального експерименту.

За результатами попередніх досліджень було виявлено динамічні властивості дешламатора [1] і встановлено, що зниження рівня пульпи у ванні даного агрегата призводить до зменшення ефективності поділу і втрати його продуктивності, а збільшення - до переливу пульпи з ванни [2]. Тому метою керування є стабілізація рівня пульпи у ванні дешламатора. Для отримання заданих показників якості керування процесом тонкого відділення шламів і згущення зливу розраховано кілька альтернативних законів регулювання на основі ПД- і предиктивного ПІ-законів.

Предиктивний ПІ-регулятор (ППІ-регулятор) є модифікацією предиктора Сміта, який поширений в автоматичних системах більш широко ніж сам предиктор Сміта. Досліджувана система автоматичного керування з ППІ-регулятором наведена на рис. 1.

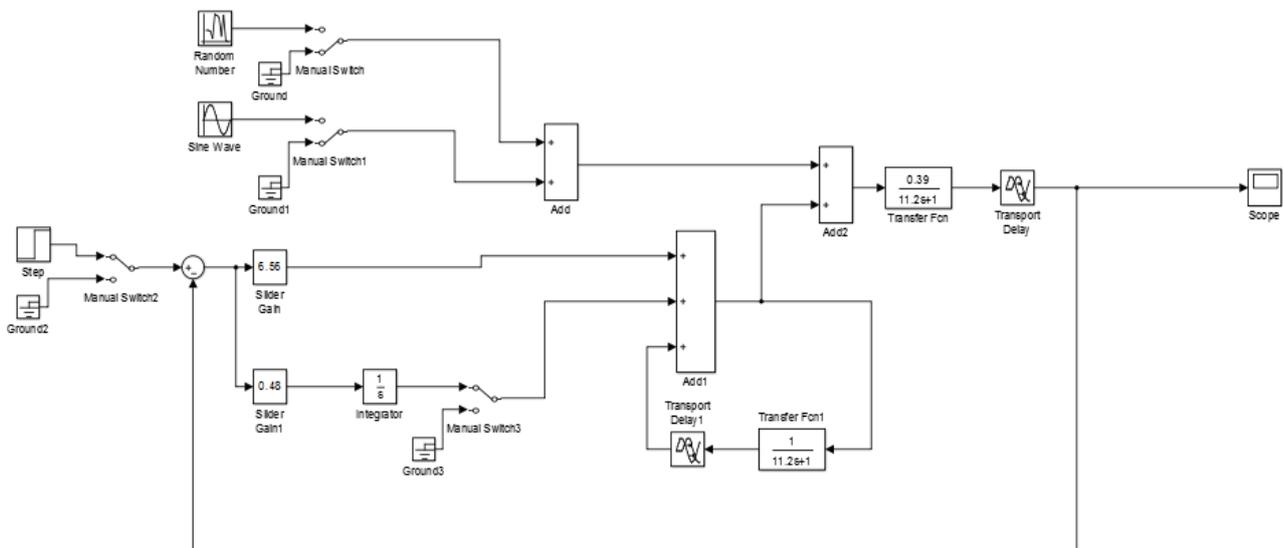


Рисунок 1 – Модель системи керування

Параметри регуляторів розраховані за методом Циглера-Нікольса. Причому критичний коефіцієнт підсилення і період коливаний вихідної величини на межі стійкості системи автоматичного керування визначені по критерію Найвіста з використанням графічного методу розв'язання трансцендентного рівняння в середовищі ППП МATHCAD.

Уточнення параметрів регуляторів виконано в ході обчислювального експерименту. Найкращі налаштування регуляторів виконано з урахуванням таких показників якості перехідного процесу: запас стійкості, час перехідного процесу, величина перерегулювання, кількість коливань за час перехідного процесу

Для дослідження САР з розрахованими і уточненими експериментально параметрами регуляторів із збурюючим впливом, розподіленим за нормальним законом, розроблені раніше структурні схеми були доповнені блоками для розрахунків середнього значення вихідної величини і її дисперсії. Було визначено, що ППІ-регулятор більш ефективний ніж ПІД-регулятор при впливі на роботу САР нормально розподіленого збурюючого сигналу.

Визначення найкращого регулятора виконано в результаті аналізу впливу транспортного запізнення на дисперсію вихідної величини рис. 2. Під час нормальної роботи дешламатора час транспортного запізнення τ може змінюватися в залежності від зміни параметрів фізичного середовища в чаші і власне конструктивних параметрів дешламатора. Для визначення впливу цих змін на ефективність роботи збагачувального агрегату було проведено обчислювальні експерименти на моделях САР з ПІД- і ППІ-регуляторами.

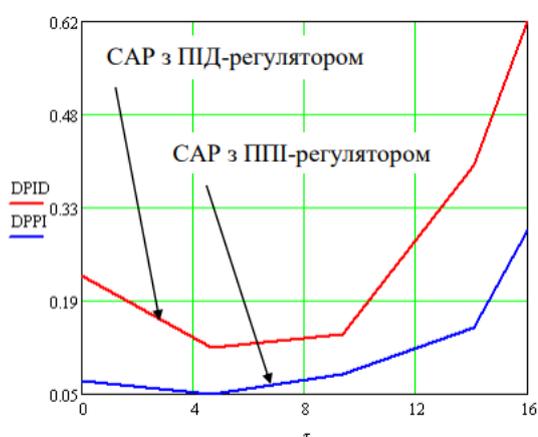


Рисунок 2 – Залежність дисперсії від транспортного запізнення

При зміні величини транспортного запізнення від початкового $\tau = 4,7$ в обох випадках дисперсія вихідної величини збільшується. При цьому збільшення дисперсії в САР з ППІ-регулятором відбувається повільніше ніж у САР з ПІД-регулятором. В цьому випадку ППІ-регулятор є ефективнішим за ПІД-регулятор.

Таким чином в роботі синтезовано системи керування на базі предиктивного ПІ-регулятора (ППІ-регулятора) – модифікація предиктора Сміта. Виконано налаштування регулятора, та дослідження впливу його параметрів на показники якості функціонування системи керування. Проведено дослідження впливу зміни параметрів об'єкту керування, які виникають під час його роботи, на якість функціонування системи керування, а також як працює система при збурюючих впливах та запропоновано шляхи підтримки параметрів на допустимому рівні. Подальший розвиток роботи передбачає розробку системи керування на базі SCADA системи Zenon.

Перелік посилань

1. М.М. Tryputen, Arina Verzhinina, V.V.Tikhonenko Identifying the technological process of desludging The 13th International Forum for Students and Young Researches WIDENING OUR HORIZONS April 19-20, 2018, Volume 2, p. 69.
2. Кармазин В. И., Серго Е. Е., Жендринский А. П. и др. Процессы и машины для обогащения полезных ископаемых М., Недра.1974.- С. 44-62.

ПРОЕКТУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ПІДТРИМКИ ТЕМПЕРАТУРИ СЕКЦІЙНОЇ ПЕЧІ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ТРУБНОЇ ПРОДУКЦІЇ

Сучасні металургійні технологічні процеси, при яких обробка матеріалів виконується з високими швидкостями, при підвищених температурах і тисках і з використанням різних видів енергії, взагалі не можуть бути реалізовані без автоматизації. Автоматизація технологічних процесів у металургії забезпечує їх інтенсифікацію, зниження витрат сировини, матеріалів, поліпшення якості продукції, а також підвищує культуру виробництва цілком.

Секційна піч складається з ряду камер-секцій, кожна секція довжиною 0,8-1,8 м має круглий робочий простір з масивною теплоізоляцією, вогнетривкою футировкою та індивідуальне опалення газоподібним паливом за допомогою двох пальників, розташованих на протилежних сторонах секції. У секції розташовані водо-охолоджувані ролики (привід роликів груповий або індивідуальний) пічного рольганга, що здійснюють транспортування заготовок зі швидкістю 4 - 16 м/хв через піч з одночасним їх обертанням. Секції розділені тамбурами довжиною 350-500 мм. Газові пальники зазвичай двопровідні, повітря для спалювання палива попередньо підігрівають у металевих рекуператорах.

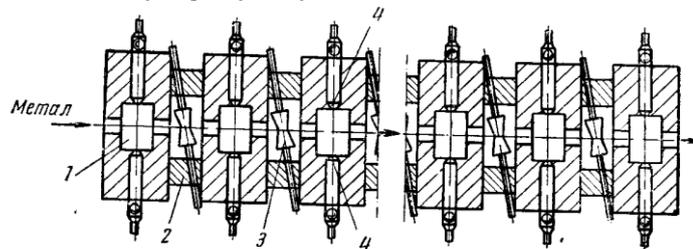


Рисунок 1 – Будова секційної печі

1 – секція нагріву; 2 – тамбур між секціями; 3 – транспортуючий ролик; 4 – пальники.

Піч працює наступним чином. Заготовка подається рольгангом до першої секції і входить в неї консольно до контакту з роликами в тамбурі між 1-й і 2-й секціями. Для того, щоб заготовка завжди мала опору на ролики, вона повинна бути достатньої довжини (бажано не менше трьох відстаней між осями роликів). Проходячи послідовно з однієї і тієї ж швидкістю по всіх зонах, нагріта заготовка видається на рольганг прокатного стану.[1]

Як об'єкт управління, виступає секційна піч. Вхідним параметром об'єкта є витрата газу в просторі печі. Вона задається за допомогою відкриття засувки в діапазоні від 0 до 100%. Вихідним параметром об'єкта управління є температура в просторі печі, яка може перебувати в діапазоні від 1050 до 1250 °С.[2] Основним завданням розроблюваної системи управління є підтримання температури в просторі секційної печі. На підставі розглянутих параметрів розроблено структуру системи керування яка наведена на рисунку 2.

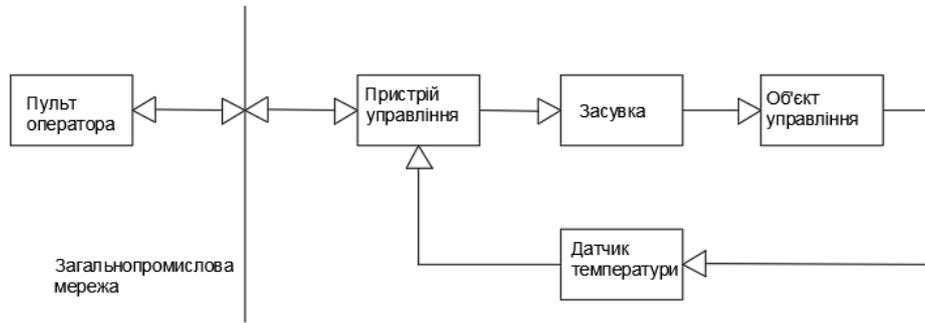


Рисунок 2 – Структурна схема системи управління

Проаналізувавши вимоги технологічного процесу, на етапі ідентифікації, за допомогою Matlab була побудована модель об'єкта керування, приведена на рисунку 3

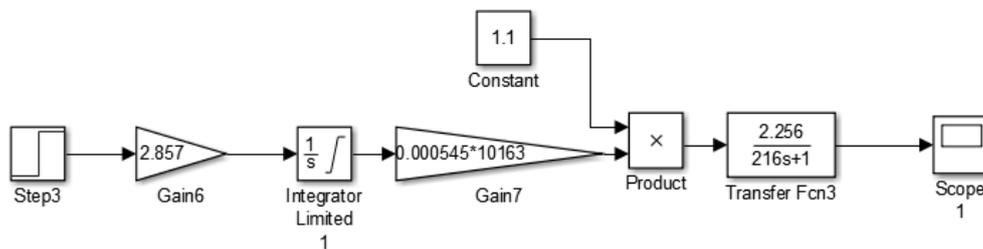


Рисунок 3 – Математична модель камери секційної печі

Для підтримки заданої температури в просторі секційної печі потрібно регулювати положення затулки на газопроводі. На рисунку 4 приведений перехідний процес розігріву секційної печі

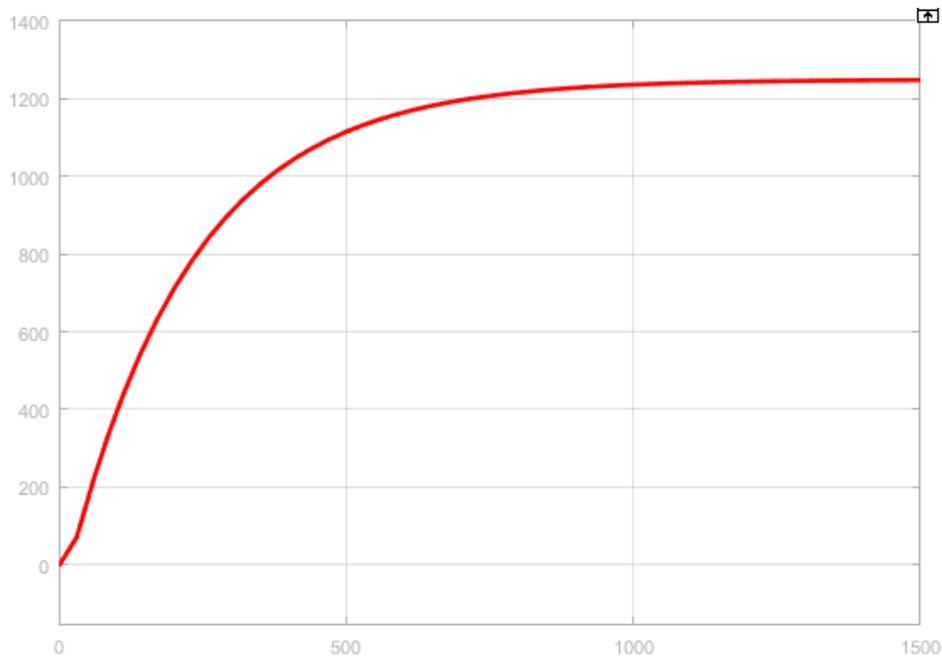


Рисунок 4 – Перехідний процес розігріву секційної печі

По вхідним та вихідним параметрам об'єкта керування, були вибрані здавачі, та виконуючі присторої. Керуючим пристроєм був вибраний контролер VIPS 200 –серії, з перифірійними модулями.

Наступним кроком при розробці системі керування буде структурний синтез регулятора, та визначення значень коефіцієнтів.

Перелік посилань

1. Беленький, А.М. Автоматическое управление металлургическими процессами А.М. Беленький, В.Ф. Бердышев, О.М. Блинов, В. Ю.Каганов. – М.: Металлургия, 1989. – 384 с
2. Каганов, В.Ю. Автоматизация управления металлургическими процессами В.Ю. Каганов, О.М. Блинов, А.М. Беленький – М.: Металлургия, 1974. – 415с.

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ПІДТРИМКИ ТЕМПЕРАТУРИ В ВІДПАРНІЙ КОЛОНІ

Важливим завданням коксохімічної галузі є випуск якісної продукції шляхом оптимізації технологічних процесів, виявлення і використання прихованих в них резервів, економії сировинних, енергетичних ресурсів. Один із головних етапів у технологічному процесі видобутку бензолу із вугілля є очищення фракції БТК від ненасичених і сірчистих сполук концентрованої сірчаної кислотою відбувається у відпарній колоні. Після сірчаноокислотного очищення фракція БТК містить значну кількість розчинених полімерів і середніх ефірів, які при високих температурах можуть піддаватися термічному розкладанню і ускладнювати процес ректифікації. Для запобігання цим явищам мита фракція перед ректифікацією піддається поділу на дистиллят і кубові залишки в спеціальному агрегаті безперервної дії. Таким чином в якості об'єкта керування в роботі виступає відпарна колона, для якого виконується синтез та розробка системи керування температурою, використання якої дозволить підвищити якість кінцевої продукції та підвищить рівень безпеки при роботі з обладнанням [1].

За результатами попередніх досліджень було встановлено, що відпарна колона може бути представлено математичною моделлю на базі аперіодичної ланки другого порядку з запізненням та розроблено його модель [2]. З метою отримання кількісних показників якості для отриманої моделі відпарної колони розроблено оптимальний регулятор який функціонує за принципом максимуму Понтрягіна. Використання оптимального регулятора дозволило отримати чисельні критерії якості функціонування системи керування.

Виходячи з аналізу об'єкту було синтезовано його систему керування на базі пропорційно-інтегрально-диференціуючого (ПІД) регулятора ідеальної форми, з реальною диференційною ланкою та обмеженням перенасичення інтегральної складової за методом заціпки (рис. 1). Але після проведення дослідів було виявлено, що через велику затримку системи ми маємо незадовільні результати. Проаналізувавши данні було запропоновано використати **Предиктор Смітта** аби досягти кращих результатів та компенсувати дію запізнення на об'єкт.

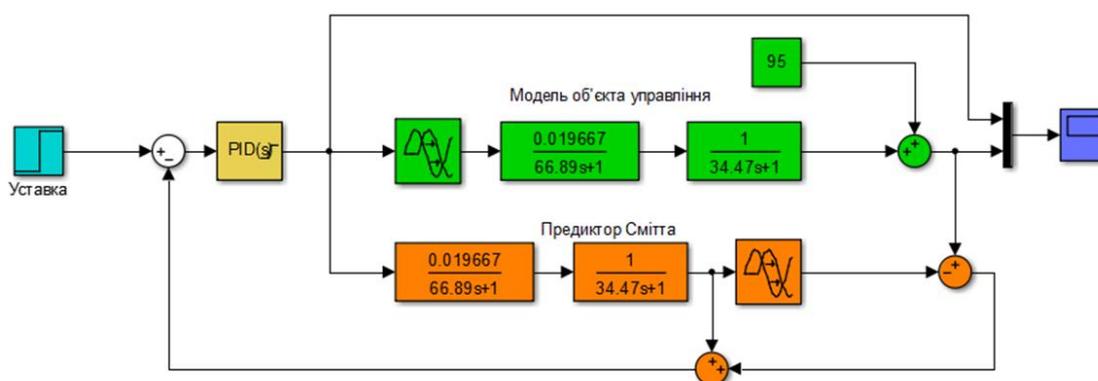


Рисунок 1 – Модель системи керування

Первинний розрахунок параметрів ПІД регулятора із Предиктором Смітта виконувався за методами AMIGO та PIDTUNE. За результатами дослідження показників якості параметри отримані за другим методом показали найкращі результати функціонування системи керування. Подальше дослідження функціонування системи виконувалося з параметрами отриманими за методом PIDTUNE.

Подальші дослідження виконувалися з метою визначення найкращих налаштувань параметрів регулятора з урахуванням запасу по зміні показників якості шляхом варіювання параметрів регулятора. У результаті чого послідовно були визначення остаточні значення коефіцієнту підсилення ($K=23,626$), часу інтегрування ($T_i=0,192$ с), часу диференціювання ($T_d=51,699$ с) та коефіцієнту фільтра ($N=0,193$ с).

Використовуючи отримані налаштування системи керування, її досліджено на робастність шляхом зміни постійної часу об'єкту керування, яка пов'язана з втратою під час функціонування об'єкту його ізоляцією термічного опору. На підставі отриманих даних було встановлено, що для підтримки якості функціонування системи керування на допустимому рівні необхідно при зміні постійної часу об'єкту змінювати час інтегрування відповідно до лінійного закону наведеного на рисунку 2.

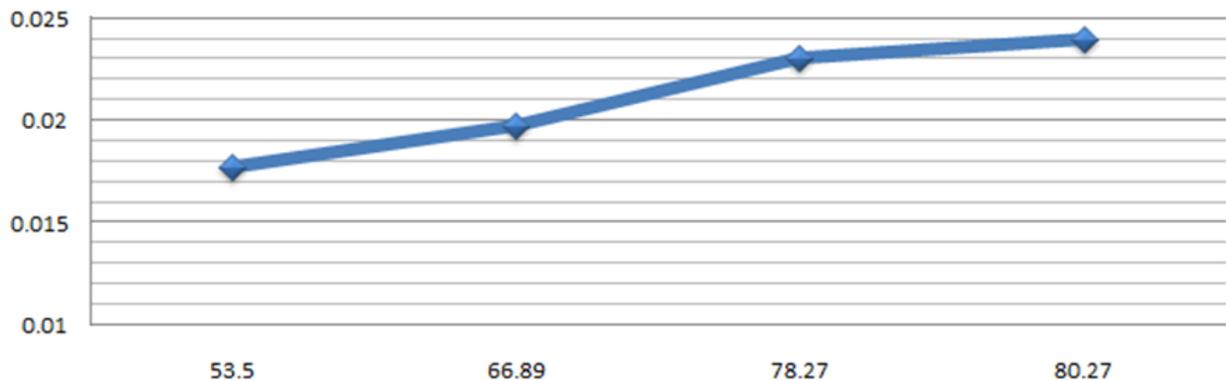


Рисунок 2 – Залежність часу інтегрування від зміни постійної часу об'єкту керування

Дослідження на робастність шляхом зміни коефіцієнту підсилення об'єкту керування, яка також пов'язана з втратою під час функціонування об'єкту його ізоляцією термічного опору показало, що для підтримки якості функціонування системи керування на допустимому рівні необхідно при його зміні змінювати час диференціювання відповідно до лінійного закону наведеного на рисунку 3.

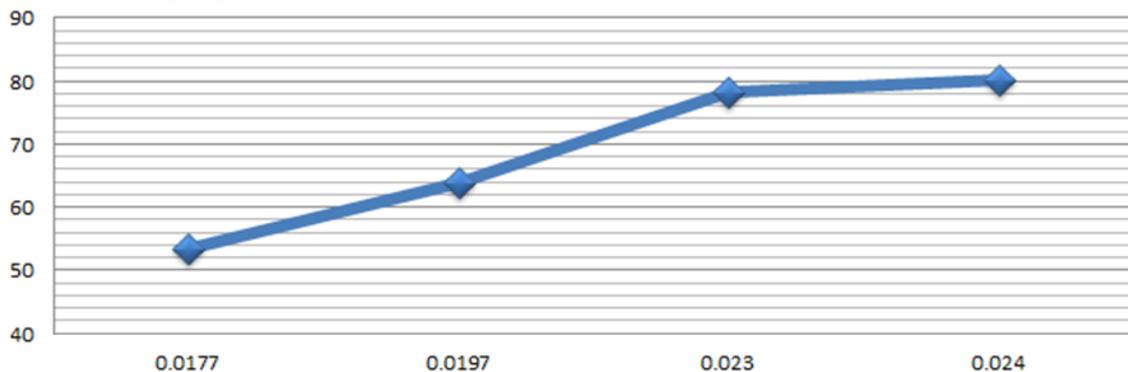


Рисунок 3 – Залежність часу диференціювання від зміни коефіцієнта підсилення об'єкту керування

Таким чином в роботі синтезовано систему керування на базі ПІД регулятора із Предиктором Смітта з реальною диференційною ланкою та обмеженням перенасичення інтегральної складової за методом заціпки. Виконано налаштування регулятора, та дослідження впливу його параметрів на показники якості функціонування системи керування. Проведено дослідження впливу зміни параметрів об'єкту керування які виникають під час його роботи на якість функціонування системи керування та запропоновано шляхи їх підтримки на допустимому рівні. Подальший розвиток роботи передбачає розробку системи керування на базі SCADA системи Zenon.

Перелік посилань

1. Пушкарь М.С. Проектування систем автоматизації: навч. посібник / М.С. Пушкарь, С.М. Проценко. – Д.: Національний гірничий університет, 2013. – 268 с.
2. Шаруда В.Г. Методи аналізу і синтезу систем автоматичного керування: навч. посіб. / В.Г. Шаруда, В.В. Ткачов, М.П. Фількін. –Д: Національний гірничий університет, 2008. – 543 с.

ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ РОЗУМНИХ ЕЛЕКТРООБІГРІВАЧІВ

В Україні урбанізація населення становить 69,2%. Це означає що більшість населення проживає у містах. У міських умовах більша частина квартирного опалення є централізованою. Мінусами центрального опалення є залежність від міських тепломереж, які знаходяться не в кращому стані, обмежена можливість регулювати температуру радіаторів і відсутність можливості контролювати опалювальний сезон, а також підігрівати квартиру в холодні літні дні. Мінусами газу є висока вартість і небезпека його використання. Тим паче, що на верхніх поверхах багатоповерхових будівель газ не можна використовувати. Теплообмінник, який догріває теплоносії, потребує великих вкладень в обладнання і додаткових вкладень в енергоносії. Використовувати електричні обігрівачі проблематично, їх потужність коливається в межах від 0,5 до 4 кВт, а 1 кВт це майже 4,5 А. У сучасних новобудовах встановлюються ввідні автоматичні вимкачі номіналом 32 або 40 А, але в будинках із застарілою проводкою - 25, 20 і навіть 16 А. За таких умов сумарна потужність всіх обігрівачів, які можна підключити одночасно, суттєво обмежена, а якщо врахувати, що велика кількість електроприладів повинна бути включена у мережу на постійній основі, то ця потужність ще зменшиться.

Але, якщо вимірювати величину споживаного струму і включати обігрівачі вибірково, так, щоб їх сумарна потужність не перевершувала допустиму потужність (враховуючи звичайне навантаження квартирного обладнання), то вони, у повторно-короткочасному режимі, зможуть віддавати тепло в кімнату як при підключенні до мережі електроживлення так і після відключення. Підхід до побудови подібної системи за принципом колективної поведінки розосереджених автоматів представлено у роботах [1,2]. В даній роботі досліджується принцип побудови централізованої системи розподілу потужності між нагрівачами на базі Wi Fi контролерів. Пропонується структурна схема керування об'єктом (рис. 1). Головний контролер отримує данні з датчиків та обчислює пріоритети обігрівачів, на основі чого вмикає або вимикає їх.

Блок-схема алгоритму роботи головного Wi Fi контролера наведена на рисунку 2.

На основі цього алгоритму розроблена модель у пакеті Simulink, програми MATLAB. Результати моделювання можна побачити на рисунку 3. Верхня осцилограма показує зміни температури обігрівача при переключеннях, а нижня – температуру ділянки приміщення, де встановлено обігрівач. Результати моделювання підтверджують ефективність розробленого алгоритму для керування режимом прямого електричного опалення приміщень. Подальший розвиток системи передбачає розробку програмно-апаратного комплексу, який дозволить керувати режимом опалення та задавати бажаний розподіл температур у опалювальному приміщенні зі смартфона.

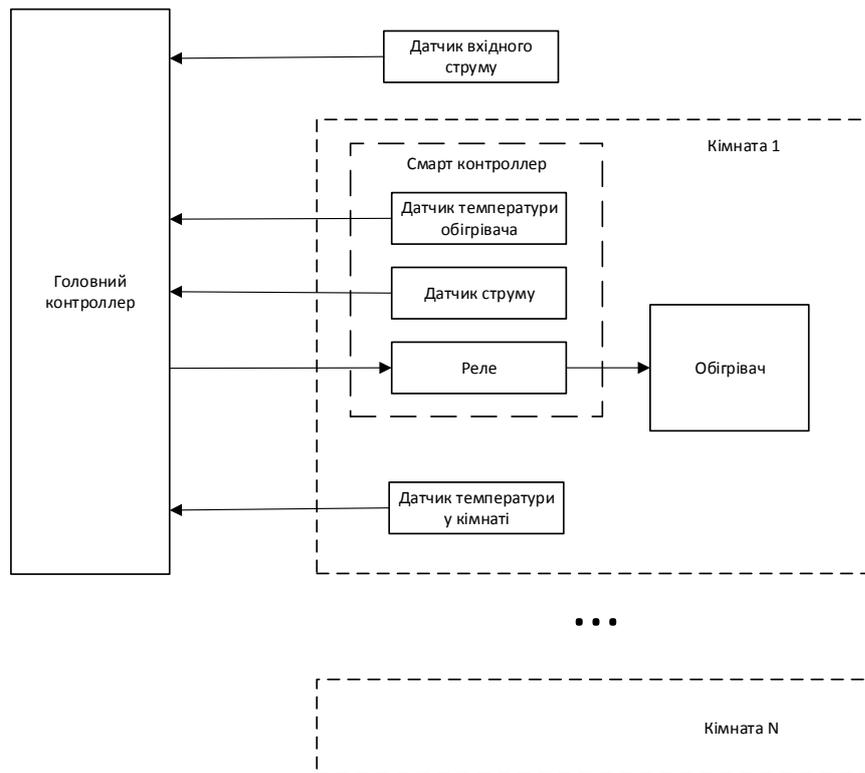


Рисунок 1. Структура системи обігрівачів

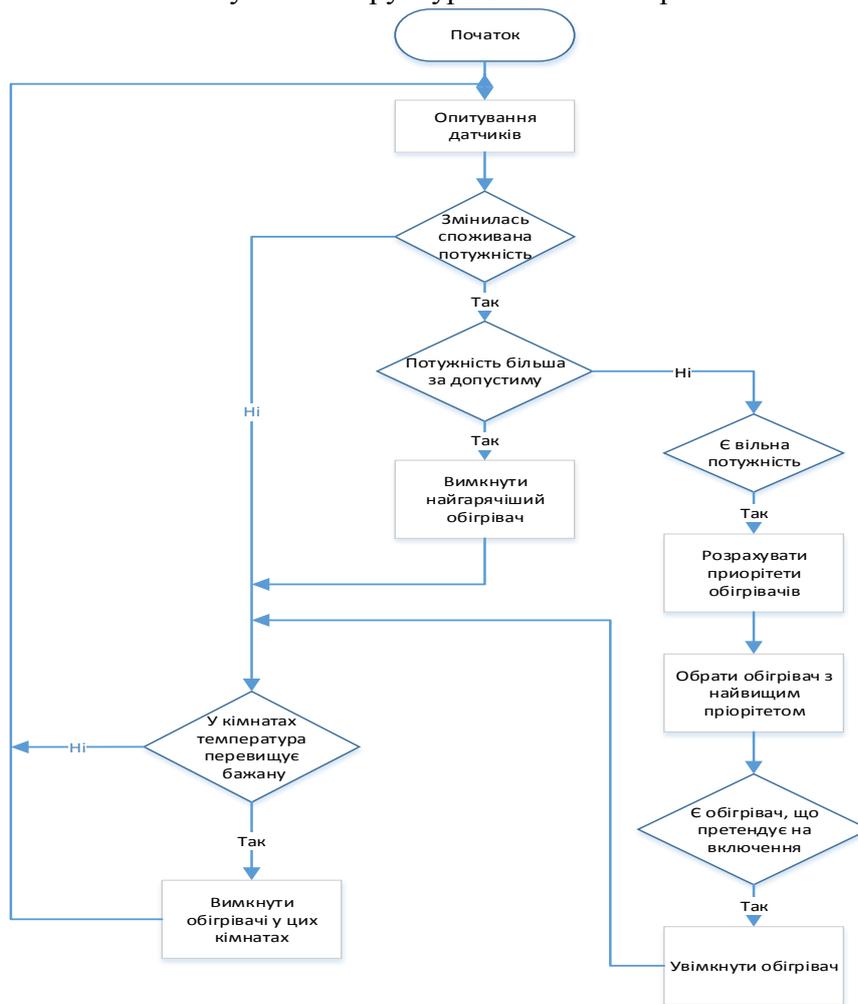


Рисунок 2. Алгоритм роботи головного контролера

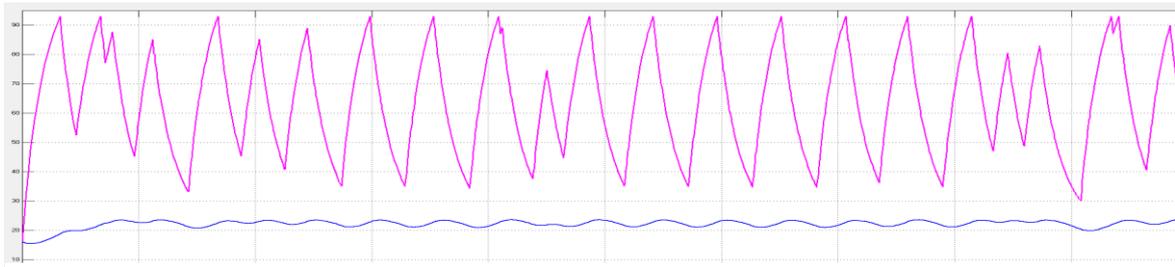


Рисунок 3. Графіки температури обігрівача та ділянки опалювального приміщення

1. А.М.Заславский, В.В.Ткачѐв, А.В.Бубликов, О.В.Карпенко. Оптимальное распределение энергии в интеллектуальной сети прямого электрического отопления. Электротехнические и компьютерные системы, Одеський національний політехнічний університет, 2017, № 25 (101), С.358-366.
2. А.В.Бубликов, О.М.Заславський, С.М.Проценко, В.В.Ткачов; Розумні теплові поля, НТУ «Дніпровська політехніка», - Дніпро, НТУ, 2018. – 180с.

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗВАРНОЇ СІТКИ

Зварна сітка широко використовується в будівництві для вирівнювання та зміцнення поверхонь стін, підлогових підстав, дорожнього полотна, інших конструкцій. Сітка виготовляється з дроту (діаметром 3-12 мм) шляхом його точкового зварювання [1]. При зварюванні не порушується структура металу, що забезпечую високу міцність, легкість транспортування та зберігання первинної форми. Процес зварювання виконується на точкових-контактних машинах (рис. 1).

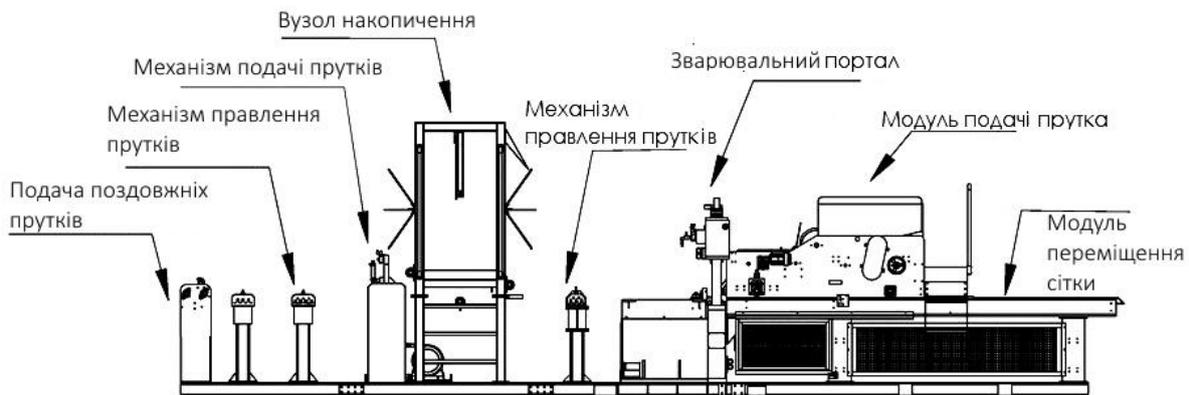


Рисунок 1 – Структура точково-контактної машини

Зварювання сітки починається з правки нерівностей поздовжніх прутків, які утворилися у процесі їх виготовлення. З отриманих прутків у вузлі накопичення формується ширина майбутньої сітки, після чого вони подаються до зварювального порталу через механізм правлення, де вони фіксуються. На поздовжні прутки модуль подачі викладає поперечний пруток, після чого за допомогою автомата точково-контактного типу виконується зварювання. Даний вид зварювання найбільш ефективний при заводському виготовленні плоских зварних сіток та каркасів з кутами накладення поперечних прутків від 60 до 90°. Зварювання виконується одночасно усіх точок дотику поперечного прутка. По закінченню зварювання виконується поздовжня подача полотна сітки за межі зварювального порталу.

Таким чином безпосередньо процес зварювання складається з наступних операцій: подача поздовжніх прутків з вузла накопичення, підтягування їх пневматичними захопленнями на попередньо задану довжину до зварювального порталу, подачі поперечного прутка, зварювання, переміщення сітки за межі порталу.

На сьогоднішній день досі існують неавтоматизовані установки зварювання сітки на яких усі наведені операції виконуються пневматичними виконавчими приладами за безпосередньої участі оператора, який на підставі візуального контролю використовуючи пульт обирає необхідну послідовність дій.

Як бачимо усунення людини з технологічного процесу може підвищити швидкість обрання рішень та прибрати вірогідність виготовлення браку за рахунок неуважності оператора, що дозволить підвищити вихід товарної продукції [2]. На підставі цього розробка автоматизованої системи керування виготовлення зварної сітки є актуальною задачею вирішення якої є подальшим напрямком розвитку даної роботи.

Перелік посилань

1. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення : ДБН В.2.6-98:2009. [Введено до дії 2011-06-11]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. 73 с.
2. Пушкарь М.С. Проектування систем автоматизації: навч. посібник / М.С. Пушкарь, С.М. Проценко. – Д.: Національний гірничий університет, 2013. – 268 с.

СТВОРЕННЯ І ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ ДРОБЛЕННЯ НА ГЗК

Процеси дроблення застосовуються для доведення мінеральної сировини (та інших матеріалів) до необхідної крупності або необхідного гранулометричного складу. При цих процесах куски гірських порід руйнуються зовнішніми силами. Руйнування матеріалів відбувається при їх пружних деформаціях – стисканні, розтягуванні, вигині або зсуві.

Об'єктом управління являється крупнокускова дробарка ККД 1500/180 з гідравлічним верхнім підвісом. Вона складається з основних елементів: масивної станини, що утворює нерухомий конус дробарки, вузла підвіски валу рухомого конуса, головного валу, рухомого конуса та стакану ексцентрика.

Рама і компоненти приводу дробарки призначені для роботи з заданим рівнем встановленої потужності. При досягненні максимальних значень рівня потужності електродвигуна, подальші спроби підвищення продуктивності приведуть до перевантаження або скорочення терміну служби основних елементів дробарки. У випадках, коли відбувається нерівномірна подача матеріалу, швидкість зносу футеровок зростає через втрату можливості постійного зміцнення робочих поверхонь ротора і чаші дробарки. Таким чином можна отримати великий матеріал поганої якості за умови неправильного використання потужності.

На роботу живильника негативно впливають коливання системи. Під час роботи на живильнику знаходиться велика вага руди, що подається до дробарки, коливання можуть викликати розрив або схід стрічки конвеєра а також погіршується зносостійкість електроприводу живильника (знос підшипників, розхитаність валу тощо). То ж при обранні регулятора цей критерій є важливим.

У ході дослідження було отримано регулятори, що розраховані за методами pidtune, з використанням стандартної моделі Баттерворта та стандартні релейні регулятори. Промодельовано було встановлено, що для даної моделі системи управління найкращим варіантом є регулятор, що розраховано з використанням стандартної математичної моделі Баттерворта (рис. 1), оскільки перерегулювання не виходить за дозволені 5% та відсутні коливання.

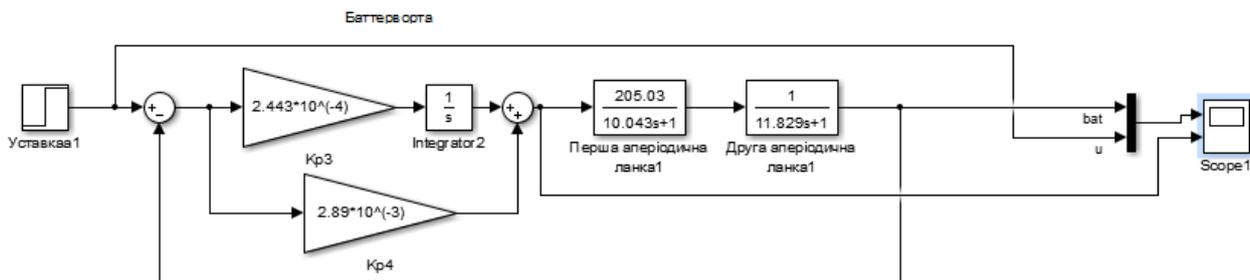


Рисунок 1 – Остаточний вигляд системи управління

Систему управління перевірено на збурення та робастність. В результаті проведеного дослідження, було оцінено роботу системи згідно з висунутими критеріями.

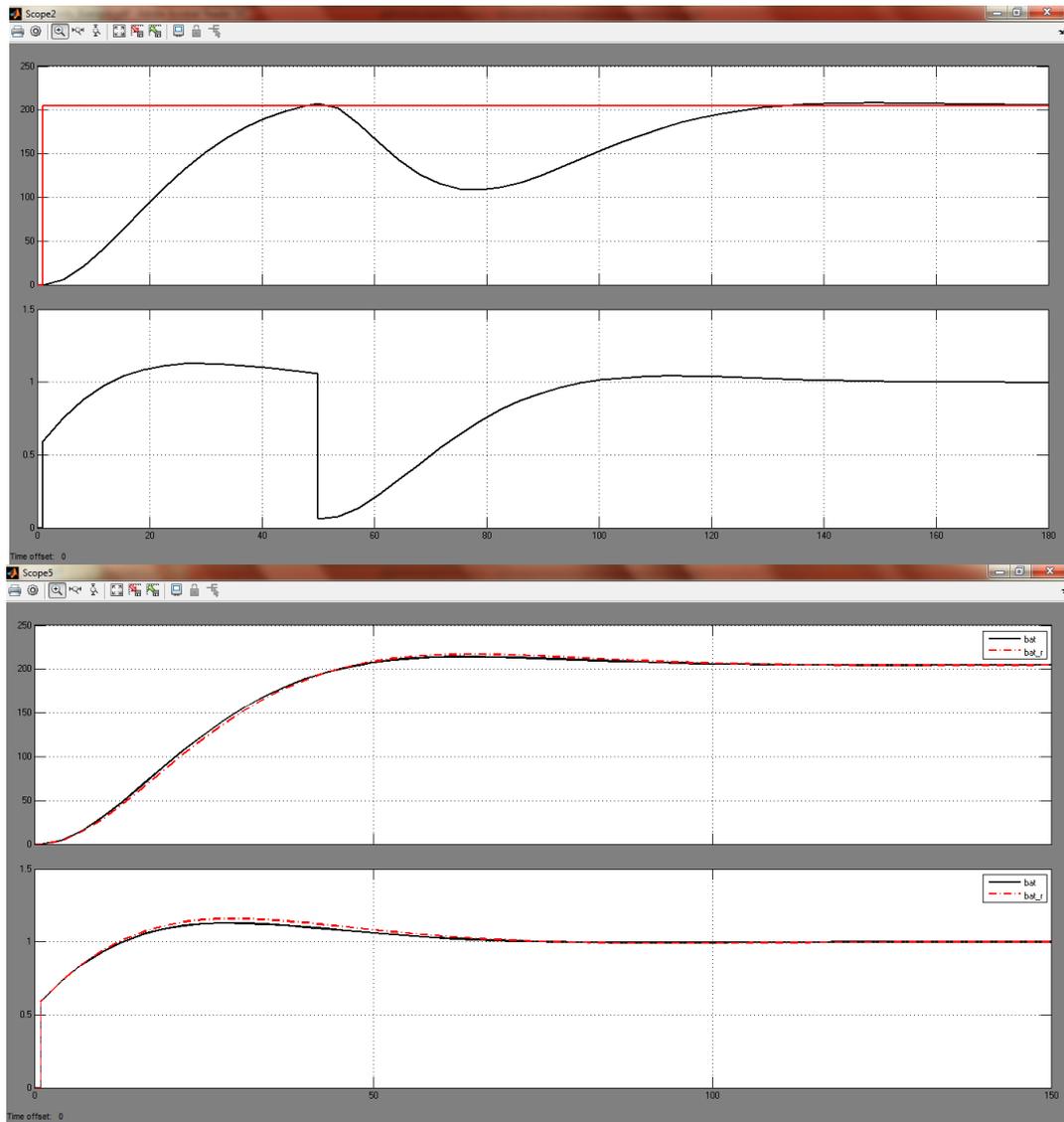


Рисунок 2 – Перевірка системи управління на збурення та робастність

Для реалізації системи управління на програмованому логічному контролері VIPA System 200 V розроблено відповідне програмне забезпечення та створено людино-машинний інтерфейс на основі HMI / SCADA системи Zenon Supervisor 7.0.

Список літератури

1. Троп А.Е., Козин В.З., Прокофьев Е.В. Автоматическое управление технологическими процессами обогатительных фабрик: Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1986. – 303 с.
2. Шаруда В.Г. Практикум з теорії автоматичного управління: Навчальний посібник. – Дніпропетровськ: Національна гірнична академія України, 2002. – 414 с., іл. 133.

РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПЕРЕТВОРЮВАЧЕМ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ З МЕТОЮ ЕФЕКТИВНОГО ВИКОРИСТАННЯ ПОТУЖНОСТІ СОНЯЧНОЇ БАТАРЕЇ.

Сонце є умовно необмеженим джерелом енергії, який люди навчилися перетворювати в регулярне джерело електроенергії. Такі електростанції стають більш популярні, тому що їм не потрібно закуповувати паливо і немає необхідності мати бригаду фахівців для обслуговування. Є можливість встановлювати електростанції на дахах будівель і, при досить невеликих зайнятих площах, така система може виробити достатню кількість електроенергії для забезпечення приватного будинку. Таке рішення для приватних будинків вже активно практикується в Європі та Америці і їх досвід дає зрозуміти, що така установка вигідна для власника.

Виходячи з перерахованого вище можна зрозуміти, що установка сонячної електростанції в приватному будинку є вигідним рішенням для власника, який отримує безкоштовний джерело електроенергії, яку можна використовувати для власних потреб або продавати за цінами «зеленої» енергії.

Об'єктом управління в даній системі є сонячна батарея. Головна мета управління - отримати максимальну кількість електроенергії від панелей так, щоб не було перезаряду АКБ, і як наслідок - виходу її з ладу.

Вхідними параметрами тут буде сонячна освітленість, і струм в системі. Керувати напругою ми можемо за допомогою регуляторів напруги, які будуть знижувати або підвищувати напругу.

Пристроєм управління буде мікроконтролер, який буде управляти регуляторами напруги за допомогою ШІМ сигналу.

На підставі розглянутих параметрів розроблено структуру системи керування наведеному на рисунку 1.

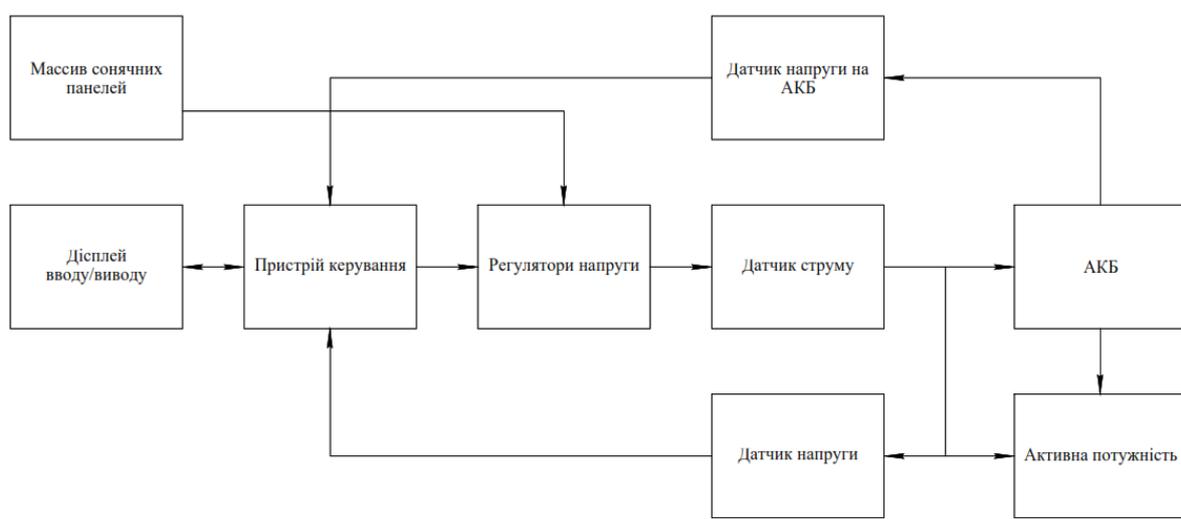


Рисунок 1 – Структура системи керування

За для прикладу було обрано навантаження у 1кВт. За різною сонячною інтенсивністю необхідно підтримувати максимальну потужність від сонячних панелей.

Проаналізувавши вимоги до функціонування системи керування на етапі проектування програмного забезпечення було одержано графік (рисунок 2), який показує регулювання напругою при заданих вимогах...

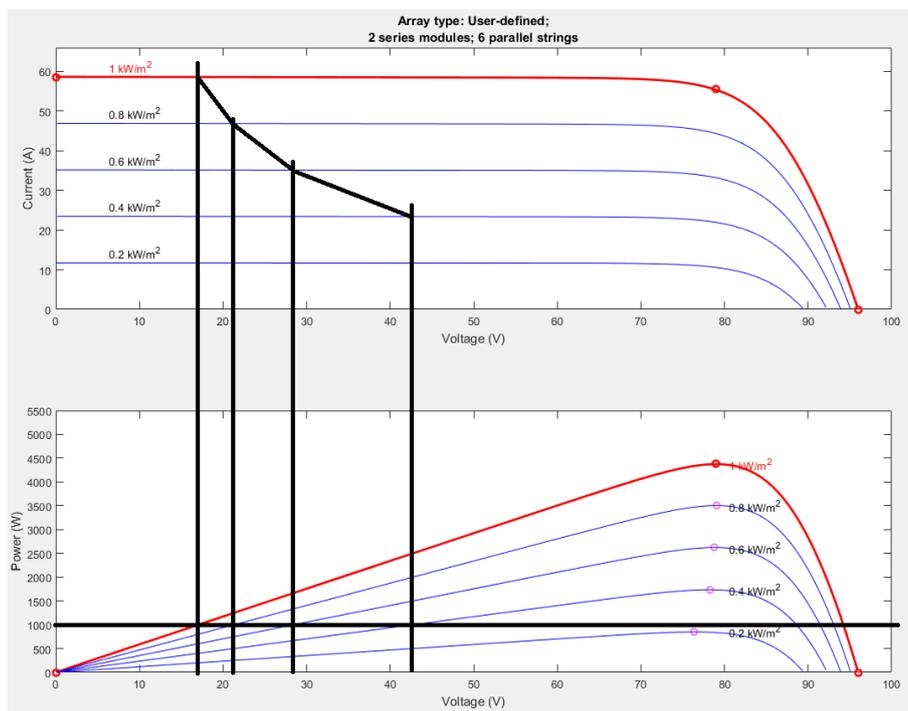


Рисунок 2 – Графік керування навантаженням при різних рівнях сонячної інтенсивності.

Відповідно до схеми алгоритму буде розроблено програмне забезпечення для мікроконтролера PIC16F877. Перевірка функціональних можливостей, що він відповідає усім поставленим вимогам до мікроконтролера, а використання розробленої системи керування дозволяє зберегти термін роботи АКБ.

Подальший розвиток даної роботи передбачає розробку програмного забезпечення для мікроконтролера, розробку людино машинного інтерфейсу на цифровому дисплеї для керування режимами роботи та перегляду поточних показників.

Перелік посилань

1. Статистика домашніх СЕС режим доступу: <https://ecotechnica.com.ua/energy/solntse/4110-domashnie-solnechnye-stantsii-v-ukraine-poslednyaya-statistika-i-novyj-rekord.html>
2. Робота дільника напруги режим доступу: <http://www.joyta.ru/7328-delitel-napryazheniya-na-rezistorax-raschet-onlajn/>
3. Принципи роботи контролера заряду режим доступу: <https://www.solarhome.ru/basics/pv/techcontroller.htm>

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ПІДТРИМКОЮ ОПТИМАЛЬНОЇ ТЕМПЕРАТУРИ В ОФІСІ В ЛІТНІЙ ПЕРІОД РОКУ

Об'єктом керування виступає приміщення обладнане інверторною багатозональною системою, яка застосовується для охолодження повітря. До складу об'єкту керування входять: зовнішній та внутрішні блоки. Зовнішній блок складається з конденсатора, компресора та вентилятора [1]. Конденсатор призначений для охолодження холодоагенту, а компресор для подачі холодоагенту. Внутрішній блок складається з випаровувача, який слугує для відбору тепла з приміщення та вентилятора [2]. Крім того до складу об'єкту керування входить офісне приміщення у якому підтримується задана температура.

На підставі аналізу структури об'єкту керування, вхідних та вихідних параметрів і вимог до функціонування системи керування, розроблена структура системи (рис. 1) та обрано апаратне забезпечення, яке використовувалося у якості системи дослідження об'єкта керування.

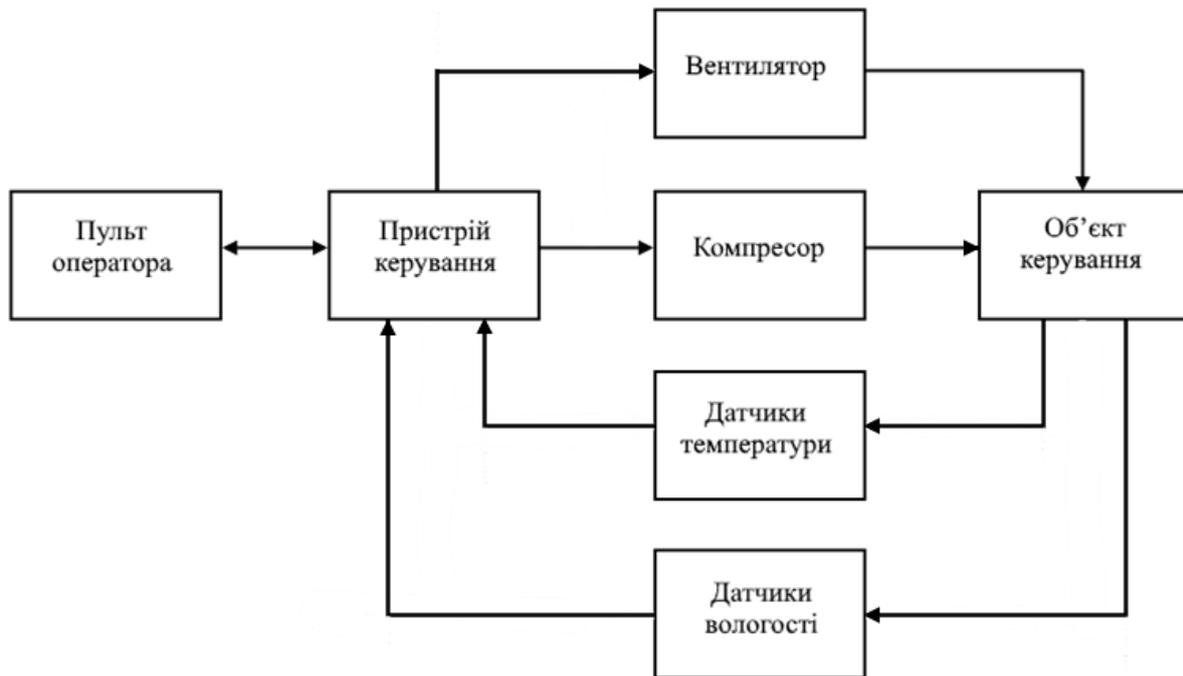


Рисунок 1 – Структура системи керування

Дослідження об'єкту керування виконувалося методом активного експерименту, шляхом зміни потужності кондиціонера. За результатами досліджень встановлено об'єкт керування може бути представлений у вигляді аперіодичної ланки другого порядку з запізненням, та отримані її коефіцієнти. На підставі чого розроблено імітаційну модель об'єкту керування яка наведена на рисунку 2.

Дослідивши данні отримані за результатами моделювання та порівняних їх з перевірочними даними, встановлено, що імітаційна модель є адекватною до об'єкту керування.

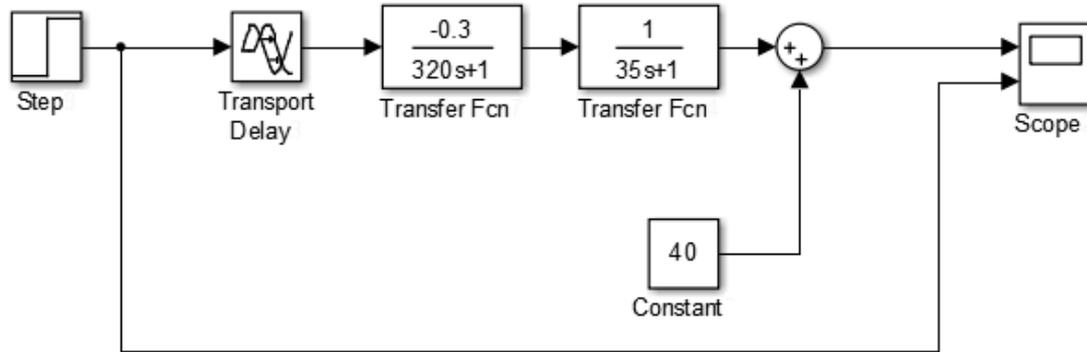


Рисунок 2 – Імітаційна модель об'єкту керування

Таким чином в роботі виконано аналіз об'єкту керування, розробка структури системи керування та обране апаратне забезпечення. Отримана система керування використана у якості системи дослідження. За результатами дослідження об'єкту керування методом активного експерименту отримано його імітаційну модель. Подальшим напрямком розвитку цієї роботи є синтез та розробка системи керування підтримкою оптимальної температури в офісному приміщенні в літній період.

Перелік посилань

1. Белова Е.М. Центральные системы кондиционирования воздуха в зданиях. – М.: Евроклимат 2006. – 640 с.
2. Краснов Ю.С. Системы вентиляции и кондиционирования. Рекомендации по проектированию, испытаниям, наладке. – М.: Термокул 2004.

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ПІДТРИМКИ ТЕМПЕРАТУРИ В АВТОКЛАВІ

Важливим завданням харчової галузі є збільшення випуску та поліпшення якості продукції шляхом оптимізації технологічних процесів, виявлення і використання прихованих в них резервів, економії сировинних, енергетичних ресурсів. Виробництво комбінованих продуктів в цьому ключі розглядається як частина штучно створеної людиною технологічної сфери. Одним з головних етапів даного технологічного процесу є термічна обробка продукції, для чого використовуються автоклави. Таким чином в якості об'єкта керування в роботі виступає автоклав, для якого виконується синтез та розробка системи керування температурою, використання якої дозволить підвищити якість кінцевої продукції, підвищить рівень безпеки при роботі з обладнанням та збільшити вихід продукції [1].

За результатами попередніх досліджень було встановлено, що автоклав може бути представлено математичною моделлю на базі аперіодичної ланки другого порядку та розроблено його модель [2]. З метою отримання кількісних показників якості для отриманої моделі автоклава розроблено оптимальний регулятор який функціонує за принципом максимуму Понтрягіна. Використання оптимального регулятора дозволило отримати критерії якості функціонування системи керування.

Виходячи з аналізу об'єкта було синтезовано його систему керування на базі пропорційно-інтегрально-диференціуючого (ПІД) регулятора ідеальної форми, з реальною диференційною ланкою та обмеженням перенасичення інтегральної складової за методом заціпки (рис. 1). Первинний розрахунок параметрів ПІД регулятора виконувався за методами AMIGO та PIDTUNE. За результатами дослідження показників якості параметри отримані за другим методом показали найкращі результати функціонування системи керування. Подальше дослідження функціонування системи виконувалося з параметрами отриманими за методом PIDTUNE.

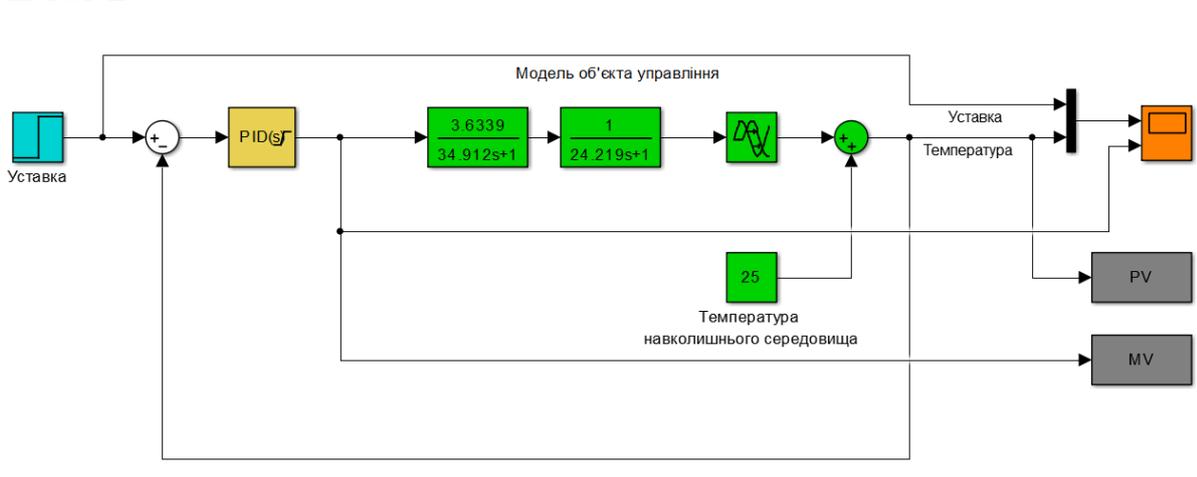


Рисунок 1 – Модель системи керування

Подальші дослідження виконувалися з метою визначення найкращих налаштувань параметрів регулятора з урахуванням запасу по зміні показників якості шляхом варіювання параметрів регулятора. У результаті чого послідовно були визначені остаточні значення коефіцієнту підсилення ($K=0,5$), часу інтегрування ($T_i=34$ с), часу диференціювання ($T_d=5,5$ с) та коефіцієнту фільтра ($N=0,05$ с).

Використовуючи отримані налаштування системи керування, її досліджено на робастність шляхом зміни постійної часу об'єкта керування, яка пов'язана з втратою під час

функціонування об'єкту його ізоляцією термічного опору. На підставі отриманих даних було встановлено, що для підтримки якості функціонування системи керування на допустимому рівні необхідно при зміні постійної часу об'єкту змінювати час інтегрування відповідно до лінійного закону наведеного на рисунку 2.

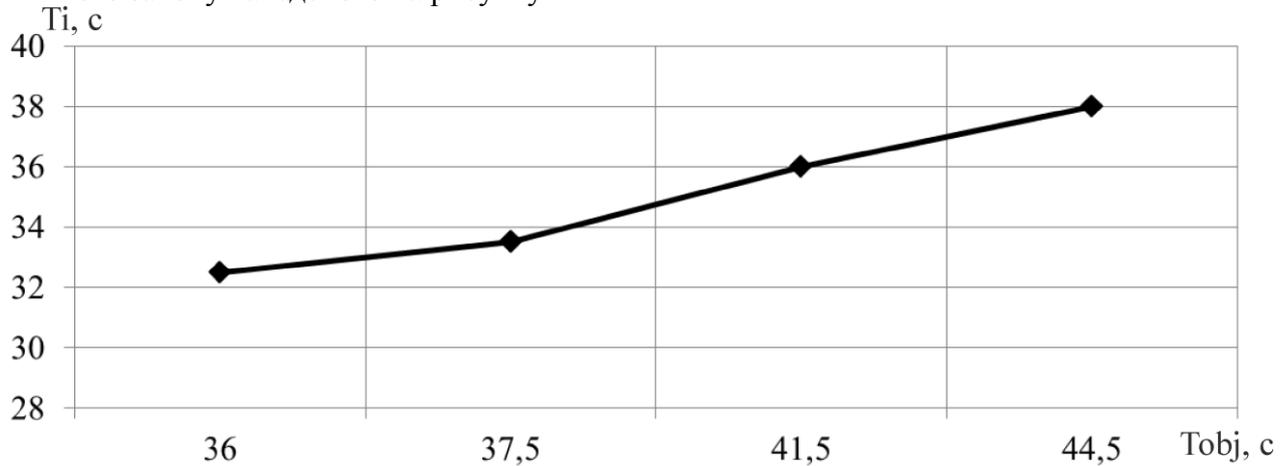


Рисунок 2 – Залежність часу інтегрування від зміни постійної часу об'єкту керування

Дослідження на робастність шляхом зміни коефіцієнту підсилення об'єкту керування, яка також пов'язана з втратою під час функціонування об'єкту його ізоляцією термічного опору показало, що для підтримки якості функціонування системи керування на допустимому рівні необхідно при його зміні змінювати час диференціювання відповідно до лінійного закону наведеного на рисунку 3.

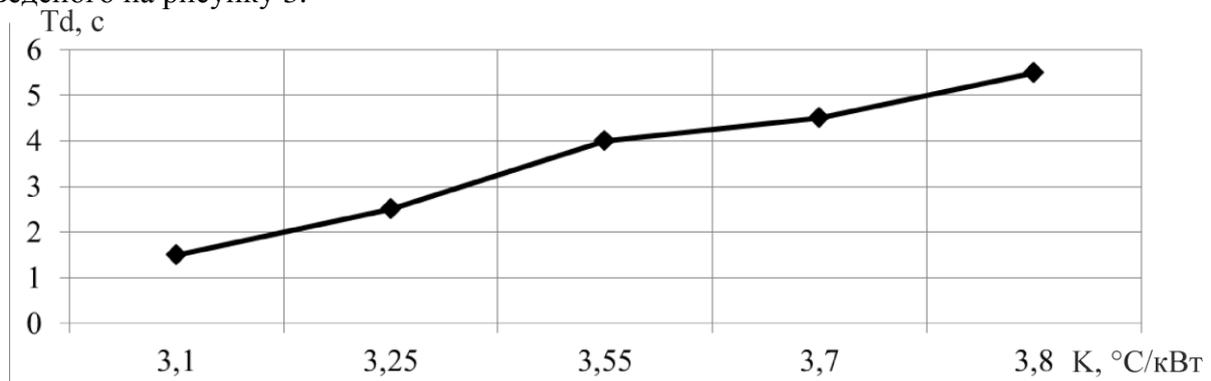


Рисунок 3 – Залежність часу диференціювання від зміни коефіцієнта підсилення об'єкту керування

Таким чином в роботі синтезовано системи керування на базі ПІД регулятора ідеальної форми, з реальною диференційною ланкою та обмеженням перенасичення інтегральної складової за методом заціпки. Виконано налаштування регулятора, та дослідження впливу його параметрів на показники якості функціонування системи керування. Проведено дослідження впливу зміни параметрів об'єкту керування які виникають під час його роботи на якість функціонування системи керування та запропоновано шляхи їх підтримки на допустимому рівні. Подальший розвиток роботи передбачає розробку системи керування на базі SCADA системи zenon.

Перелік посилань

1. Пушкарь М.С. Проектування систем автоматизації: навч. посібник / М.С. Пушкарь, С.М. Проценко. – Д.: Національний гірничий університет, 2013. – 268 с.
2. Шаруда В.Г. Методи аналізу і синтезу систем автоматичного керування: навч. посіб. / В.Г. Шаруда, В.В. Ткачов, М.П. Фількін. –Д.: Національний гірничий університет, 2008. – 543 с.

ВИЗНАЧЕННЯ МОДЕЛІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ВИГОТОВЛЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ РІЖУЧОГО ОРГАНУ ВИДОБУВНОГО КОМБАЙНУ

Основним, але не єдиним методом виготовлення елементів ріжучого органу видобувного комбайну – є порошкова металургія. Порошкова металургія, поряд з іншими наукомісткими і енергозберігаючими галузями промисловості, є одним з основних напрямків розвитку сучасного, високоефективного виробництва технологічно розвинених країн світової спільноти. Технологічний процес виробництва виробів методом порошкової металургії складається з наступних основних операцій: отримання порошку металу або суміші порошків різнорідних матеріалів, формування заготовок, спікання (нагрів), остаточна обробка (доведення, калібрування, обтиснення, термообробка). Впровадження сучасної автоматизованої системи управління процесом виробництва елементів ріжучого органу видобувного комбайну, буде сприяти подальшому розвитку порошкової металургії у гірничодобувній сфері.

До вхідних параметрів можна віднести: потужність нагріву, температура води охолодження, тиск робочої камери печі. До вихідних параметрів відноситься температура спікання, значення вакууму у процесі спікання, положення дверей печі. На підставі розглянутих параметрів розроблено структуру системи керування наведену на рисунку 1.

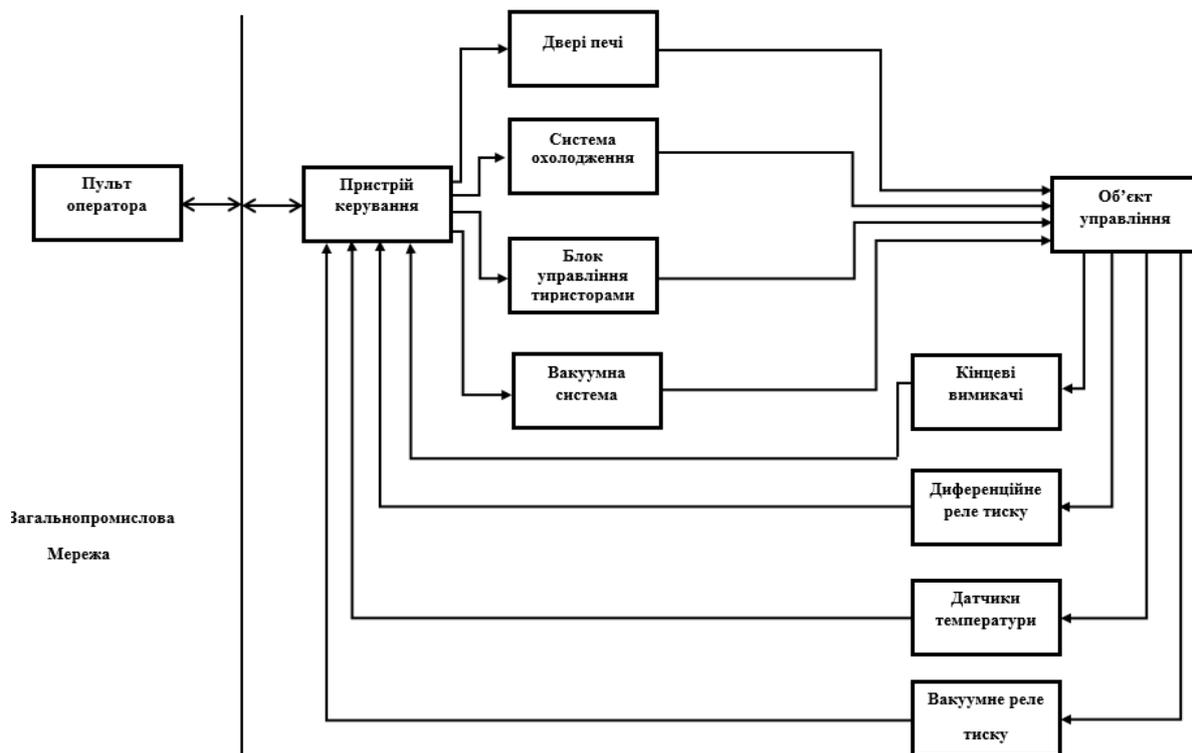


Рисунок 1 - Структура системи керування

Задля прикладу, у якості спікаємої сировини було обрано карбід вольфраму з кобальтом. Технологічний процес спікання даного порошку металу складається з декількох етапів нагріву до необхідної температури та витримки. Перший етап - набір температури до 600°C за 20 хв та витримка 60 хв. Далі до 630°C за 1 хв та витримка 30 хв, наступний етап - 870°C за 8 хв та витримка 30 хв. Передостанній етап - 1350°C за 16 хв та витримка 30 хв, останній - 1440°C за 3 хв та витримка 8 хв.

Проаналізувавши вимоги технологічного процесу, на етапі ідентифікації, за допомоги ППП Matlab була побудована модель об'єкта керування, приведена на рисунку 2, та термограма роботи печі на рисунку 3.

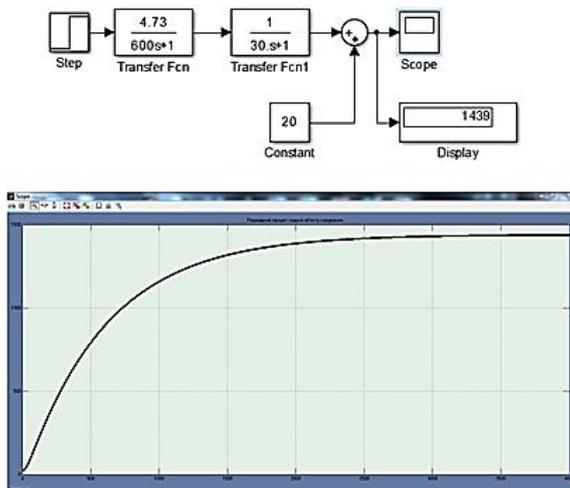


Рисунок 2 – Модель об'єкта керування

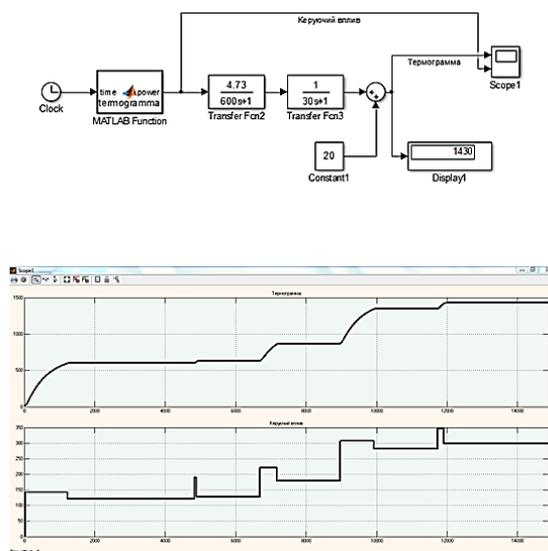


Рисунок 3 – Термограма роботи печі

Перелік посилань

1. Ковалев И.В., Автоматизированные системы управления: Учебное пособие для лекционных занятий для студентов специальности 210200 «Автоматизация технологических процессов и производств», всех форм обучения / И.В. Ковалев, Г.В. Волкова – Красноярск: СибГТУ. – 2006. – 179 с.
2. Кипарисов С.С., Оборудование порошковой металлургии. Учебник для вузов: «Металлургия», -1988. -488 с.

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ КЕРУВАННЯ ДЕАЕРАТОРОМ ДЛЯ ФІЛЬТРАЦІЙ ЖИВИЛЬНОЇ ВОДИ НА ТЕС

Електрична енергія є одним з найпоширеніших видів енергії, що використовується людством. Вона з великою швидкістю передається від місця генерування до місця використання, її можна легко розподілити і передати до широкого кола споживачів, легко контролювати і регулювати її параметри. Ці властивості, а також відсутність шкідливих викидів у довкілля під час її перетворення, зумовили широке її використання у народногосподарському комплексі країни.

Технологія виготовлення електричної енергії складається з багатьох етапів і приладів, які взаємопов'язані між собою спільним технологічним процесом. В цій кваліфікаційній роботі розглянемо деаератор як об'єкт управління, для чого він потрібен та яку роль він відіграє в самому технологічному процесі виготовлення електричної енергії.

В якості об'єкту управління виступає деаератор. Вхідним параметром об'єкта управління є сигнали управління для електроприводів управляючих заслінок пари і води. Вихідним параметром об'єкта управління є тиск пари в трубопроводі, рівень води та температура води.

Виходячи з цього, підсистема управління повинна включати датчики верхнього і нижнього рівня води, датчик тиску пари, датчик температури, електропривод переміщення заслінки, пристрій управління.

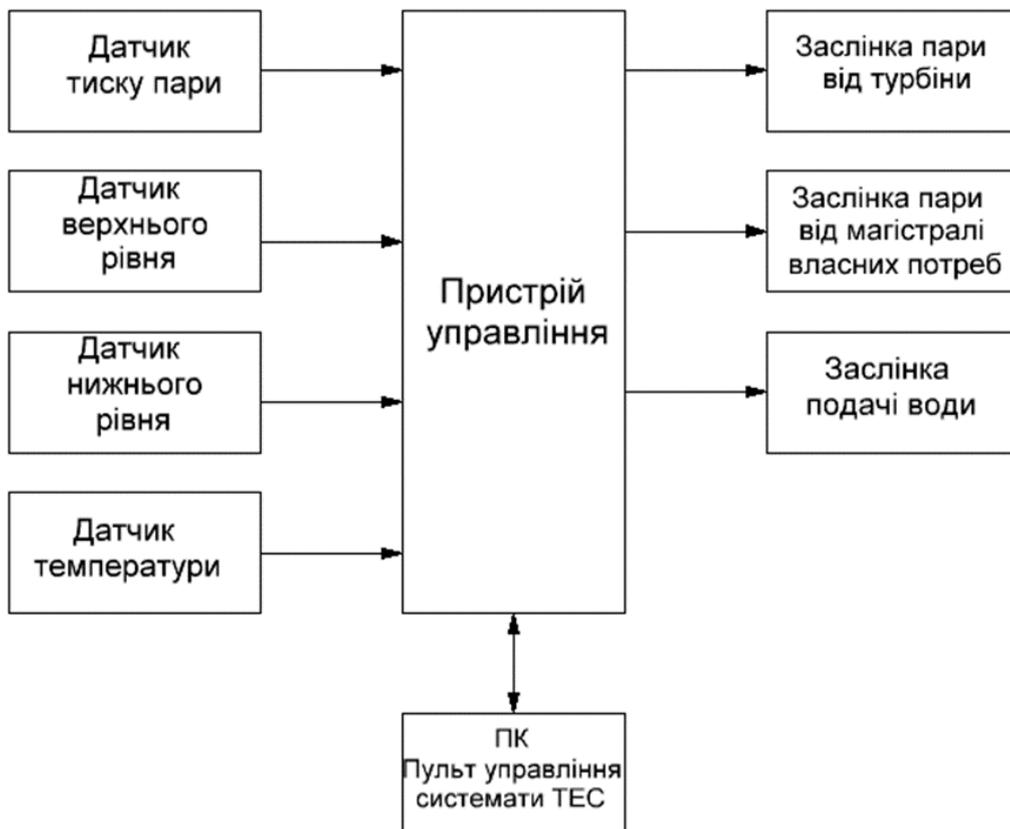


Рисунок 1 – Структура системи керування

Програмне забезпечення автоматизованої системи деаерації води має реалізувати контроль показників датчиків, розташованих в ТЕС і управляти положенням заслінок.

Написання програми починається з розробки графа роботи системи. Процес розробки графа починається з вивчення вимог до створюваної програмі. За схемою створеного графа буде написана керуюча програма.

Структура програми у формі графа станів наведена на рисунку 2.

Умовою запуску підсистеми є дозвіл від системи керування на роботу, також людина може керувати об'єктом. Перед запуском потрібно витримати паузу 5 сек з миганням зеленої індикації, після паузи 5 сек індикатор горить постійно і запускається система. Коли система знаходиться в роботі, вона також може перейти в аварійний стан. Це може статися по трьом причинам: натиск кнопки «Стоп Аварія», підвищення рівня води, підвищення тиску, підвищення температури. Перехід по кнопці відбувається миттєво, а по спрацюванню датчиків через 10 с. Це потрібно для того, щоб запобігти помилкового переходу в аварійний режим. Якщо параметри нормалізуються за 10 с, то система не буде переходити в аварійний режим. В системі мають бути присутні такі кнопки: «Старт» (яку натискає людина для запуску системи), «Стоп» (переводить систему в стан спокою), «Стоп Аварія» (переводить систему в аварійний режим з будь якого стану), «Деблокування» (виводить систему з аварійного стану).

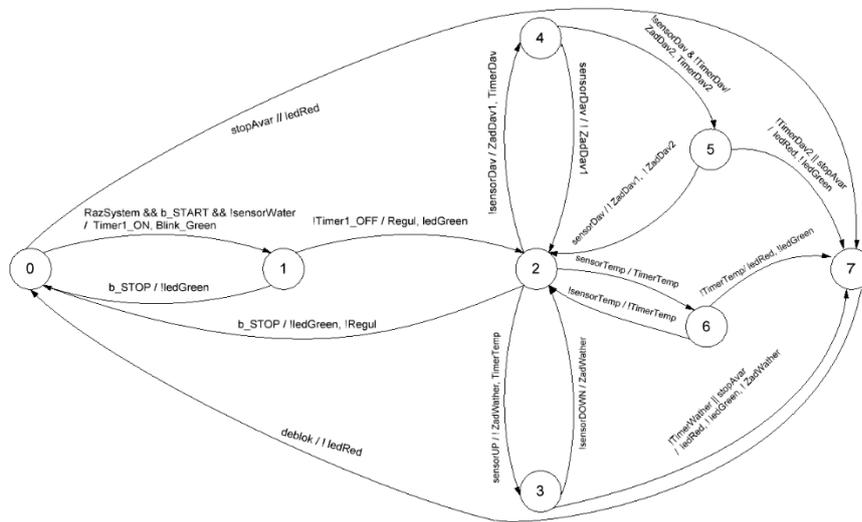


Рисунок 2 – Граф станів

Перехід від робочого стану до стану регулювання рівня (3), відбувається по спрацюванні датчика (максимального рівня води), а в стан регулювання тиску пари (4) – по датчику тиску пари (в кожному із станів системи(3,4)). Для кожного датчика призначений окремий таймер, при нормалізації датчиків відповідний таймер буде онулений. Якщо всі датчики нормалізуються за 10 секунд (кожен контролюється окремо), система повернеться до стану “робота” (2).

Перелік посилань

1. Дипломне проектування. Методичні рекомендації для студентів спеціальності 151 «Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології» / Упоряд.: В.В. Ткачов, А.В. Бублік, Л.І. Цвіркун, С.М. Проценко, О.О. Бойко. Д.В. Славінський.– Д.: «НГУ», 2016. – 27 с.

2. ГОСТ 34.003-90. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Автоматизированные системы. Термины, и определения. - М.: Госстандарт, 1992. – 54 с.

МОДЕЛЮВАННЯ ЗМІНИ МІКРОКЛІМАТУ СКЛАДСЬКОГО ПРИМІЩЕННЯ

У 2017-2018 роках різко знизилася рентабельність складів в логістичній галузі. На сьогоднішній день прибуток від складських приміщень становить 3-5 %, що вказує на те, що в найближчому майбутньому відбудеться зростання цін на оренду складських приміщень. Як показує досвід попередніх років, гряде різке збільшення попиту на складські приміщення середньої орендної вартості. Таким чином в незабаром буде відновлено будівництво нових складських приміщень. Найбільшим попитом на ринку користуються приміщення які мають системи керування мікрокліматом. Виходячи з цього розробка сучасної системи автоматизації процесу підтримки мікроклімату складського приміщення є актуальною, а як відомо розробка системи керування безперервним об'єктом починається з отримання його моделі. Таким чином головною метою цієї роботи є отримання моделі зміни мікроклімату складського приміщення.

Розглянемо структуру об'єкту керування. З урахуванням постійного збільшення ціни на енергоносії на сучасних складських приміщеннях здебільшого встановлюються комплексні системи опалення з використанням альтернативних джерел енергії. На території України широкое поширення за для підтримки мікроклімату отримали системи які для підігріву води крім газу використовують сонячну енергію. Останнє здійснюється за рахунок сонячних колекторів. Структура типового складського приміщення з такою системою опалення наведена на рисунку 1, де 1 – датчик температури сонячного колектора, 2 – датчик витрат теплоносія у контурі сонячного колектора, 3 – датчик температури гарячого теплоносія у контурі сонячного колектора, 4 – датчик температури холодного теплоносія у контурі сонячного колектора, 5 – триходовий клапан керування температури теплоносія контуру теплої підлоги, 6 – датчик температури теплоносія контуру теплої підлоги. Відбір теплової енергії від носія виконується за допомогою теплої підлоги, а в якості основного джерела енергії використовуються газовий котел.

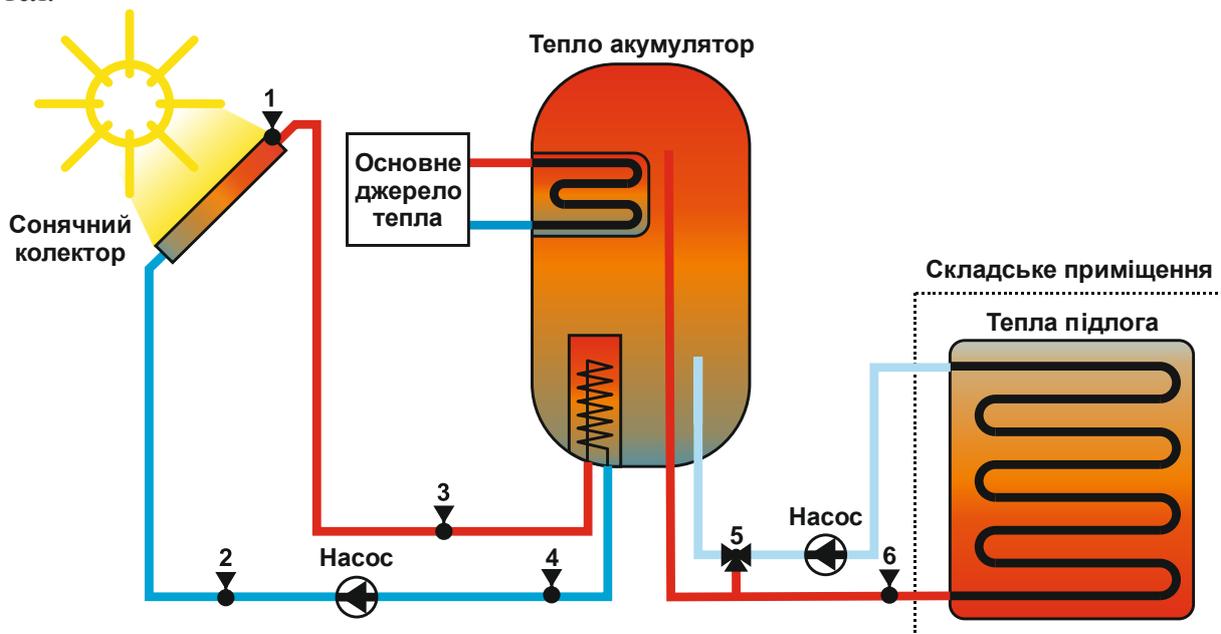


Рисунок 1 – Структура об'єкту керування

На підставі аналізу структури об'єкту керування та його технологічних параметрів було встановлено, що між трьохходовим клапаном та теплою підлогою присутня істотна довжина

трубопроводу, таким чином в моделі теплої підлоги є чисте запізнення [1]. Згідно з літературними посиланнями температура в теплій підлозі змінюється відповідно до експоненціального закону і тому може бути представлена у вигляді аперіодичної ланки першого порядку [2]. Зміна температури в приміщенні також може бути представлена у вигляді аперіодичної ланки першого порядку, з урахуванням початкової температури. Трьохходовий клапан є інтегруючим виконавчим пристроєм який виконує підмішування холодного теплоносія до теплового.

Згідно з проведеними дослідженнями, на підставі аналізу об'єкту керування та технічних даних в графічному середовищі Simulink математичного пакету MATLAB було розроблено імітаційну модель об'єкту керування (рис. 2), яка складається з моделей: трубопроводу, трьохходового клапану, підлоги та самого приміщення.

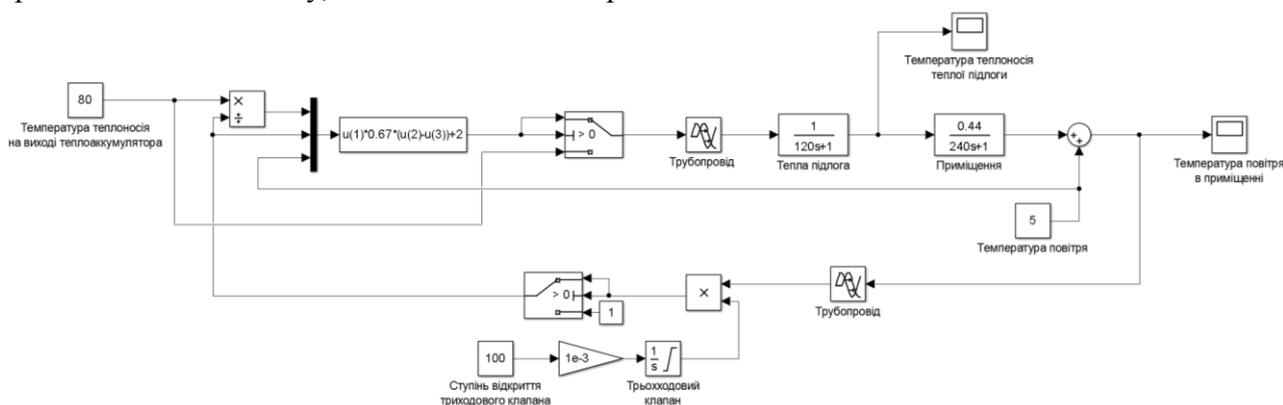
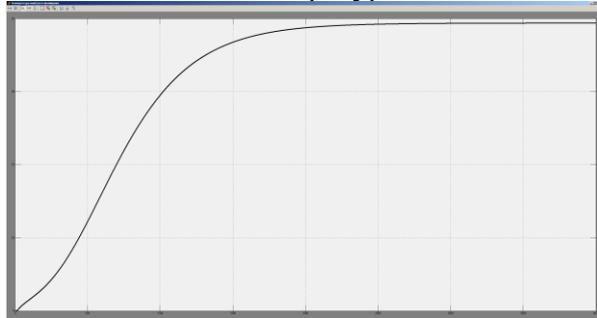


Рисунок 2 – Модель об'єкту керування

Отримана модель дозволяє змінювати початкову температуру повітря в приміщенні, теплоносія на виході з тепло акумулятора, ступінь відкриття трьохходового клапана та контролювати температури: теплоносія, підлоги та повітря.



Таким чином, в роботі запропонована структура моделі складського приміщення, розроблено його імітаційну модель яка описує зміну мікроклімату в приміщенні. Перевірені результати функціонування моделі, та встановлено, що вони відповідають основним фізичним закономірностям. Подальший розвиток цієї роботи передбачає синтез системи керування та дослідження її на вплив зміни параметрів об'єкту та збурення.

Перелік посилань

1. Основы теории тепловых процессов и машин: в двух частях. В 2-х ч. Ч.І. / Н.Е. Александров, А.И. Богданов, К.И. Костин и др. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2006. – 560 с.
2. Отопление и вентиляция. Учебник для вузов. В 2-х ч. Ч.І. Отопление. Изд. 3-е, перераб. и доп. / П.Н. Каменев, А.Н. Сканави, В.Н. Богословский и др. М.: Стройиздат, 1975. – 483 с.

АВТОМАТИЗАЦІЯ КОЛОНИ, ЩО РОЗДІЛЯЄ, В ТЕХНОЛОГІЧНОМУ ПРОЦЕСІ ОДЕРЖУВАННЯ БЕНЗОЛУ З ВУГІЛЛЯ

Коксохімічна промисловість - галузь чорної металургії, що займається переробкою кам'яного вугілля методом коксування. Кам'яновугільний кокс використовується в металургії як паливо в домових і ливарних виробництвах. Коксовий газ та інші продукти коксування служать сировиною для хімічних виробництв. На їх основі випускають різні полімери, азотні добрива, синтетичні миючі засоби, пестициди, лікарські препарати та багато іншого. Коксохімічна промисловість зберігає своє монопольне становище з виробництва поліциклічних ароматичних сполук, що використовуються в промисловості. Основними областями застосування чистого бензолу, є синтез етилбензолу для виробництва синтетичного каучуку і пластмас. Розділові колони застосовуються для отримання двох фракцій сирого бензолу: легкої, або бензолу I, і важкої, або бензолу II. Розділова колона складається з двох частин: нижньої, випарювальної, і верхньої, ректифікаційної. Бензольні вуглеводні, пройшовши дефлегматор, надходять до колони в пароподібному стані. У верхню частину подається рефлюкс, за допомогою якого підтримується на заданому рівні (близько 73 С) температура виходячих з колони парів легкої фракції сирого бензолу, так визначається його якість.[1]

Головна ціль проекту зміна старого обладнання на нове, модернізоване для досягнення більшої продуктивності підприємства. Манометричний термометр в комплексі з приладом ТГ-04 змінюємо на електричний датчик, а управління кількості подачі пари регулюється заслінкою з електроприводом. Завдання комп'ютеризованої системи управління полягає в підтримці температури усередині головної колони в діапазоні від 72-76°C, а також управління заслінками.[2] Так як характеристики об'єкта управління можуть бути отримані тільки під час технологічного процесу отримання бензолу, все експериментальні дані повинні зніматися в діапазоні до 90 °С. Виходячи з вищесказаного, сформовані основні завдання та вимоги до розроблюваної комп'ютеризованої системи управління:

- доведення температури пара в головній колоні до заданого рівня;
- підтримання температури пара в колоні на заданому рівні.

В якості об'єкта управління виступає розділова колона для отримання двох фракцій сирого бензолу, для якої виконується розробка підсистеми автоматичного управління температурою парів бензолу в колоні. Вхідними параметрами об'єкта управління є сигнали управління для заслінки паропроводу який формує температуру парів бензолу в розділовій колоні. Вихідним параметром об'єкта управління є температурою пари в розділовій колоні. Виходячи з цього, підсистема управління повинна включати датчик температури парів бензолу в розділовій колоні, заслінка подачі пару, пристрій управління та під'єднання до загально промислової мережі.

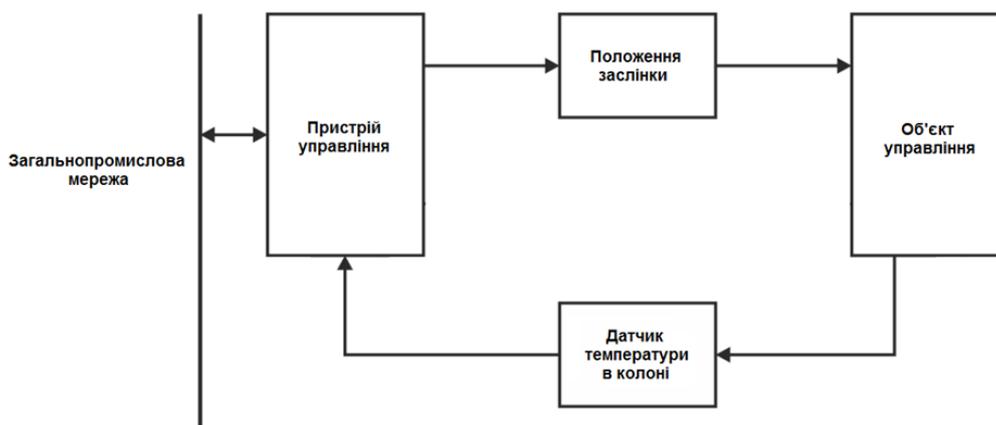


Рисунок 1 – Структура системи керування

На основі структури системи керування було обрано апаратне забезпечення, для управління використовується програмований логічний контролер VІРА. Виходячи з опису технологічного процесу і структури об'єкта управління система дослідження формує максимально допустимий для цього об'єкта вхідний сигнал, що забезпечує максимальну інформативність в процесі дослідження, для виконання процесу ідентифікації, а також сформувати будь-яку форму сигналу для більш точної перевірки на адекватність. Після отримання динамічної та статичної характеристик реакції на П - образне вплив і перевірочних даних и виконаний процес ідентифікації, отримана модель об'єкта управління, вона є адекватною і може бути використана для синтезу системи управління.

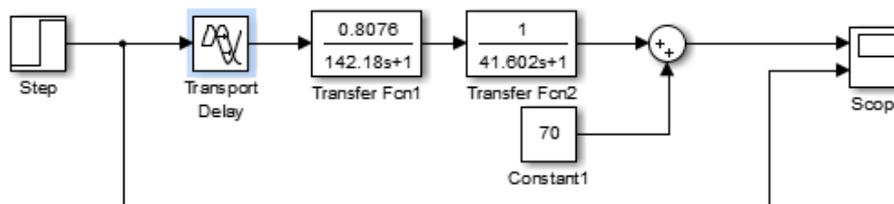


Рисунок 2 - Модель Simulink об'єкта управління

Подальший розвиток даної роботи передбачає Розрахувати параметри для P, PI, PID регуляторів, та порівнявши їх обрати найкращий, що буде задовольняти усім вимогам. Оцінити реакцію на збурюючий вплив. Оцінити інтеграл помилки. Дослідити систему на робастність.

Перелік посилань

1. Розрахунки апаратури для уловлювання хімічних продуктів коксування Видання 2/ Коробчанский И.Е. - М.: Машинобудівництво, 1972.- 296 с.
2. Виробництво сирого бензолу. Лазорин С. Н., Стеценко Е.Я. «Техніка», 1969, 224 стр.

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ КЕРУВАННЯ ЖИВИЛЬНИМ ЕЛЕКТРОНАСОСОМ МАСЛОСТАНЦІЇ НА ПРОМИСЛОВІЙ ТЕС

Електроенергетика є базовою галуззю економіки України, від надійного і сталого функціонування якої значною мірою залежать темпи виходу України із скрутного економічного становища та енергетична безпека держави. Електроенергетична галузь функціонує в особливих умовах. Процес постійного і безперервного в часі збалансування виробництва і споживання електроенергії забезпечується єдиним диспетчерським керуванням об'єднаною енергетичною системою України.

Оскільки ТЕС займає одну з передових позицій по виробленню електроенергії в Україні, потрібно вдосконалювати та оновлювати всі процеси, які входять в цикл створення електроенергії, адже завдяки цьому країна буде виходити на новий рівень розвитку. Забезпечення економіки і соціальної сфери країни основними видами енергоносіїв (електричною та тепловою енергією, моторними і котельно-пічними видами палива), і сировинними ресурсами для потреб хімії, нафто- та вуглехімії, металургійної промисловості (коксівним вугіллям, продуктами нафто- та газопереробки) покладається на паливно-енергетичний комплекс України (ПЕК).

При автоматизації ЖЕН контроль ведеться за температурою масла на вході в маслоохолоджувачі та на виході з них (рисунок 1). Температура масла, що надходить на змащення підшипників агрегату і до гідромуфті від масляної системи основний турбіни, повинна відповідати 40 – 45 °С (допустимо зниження температури масла до 30 °С). Відпрацьоване масло зливається в маслобак турбіни, а при необхідності береться з маслобаку, після чого потрапляє до маслоохолоджувачів, потім на фільтр, а потім змащує і охолоджує підшипники і муфту.

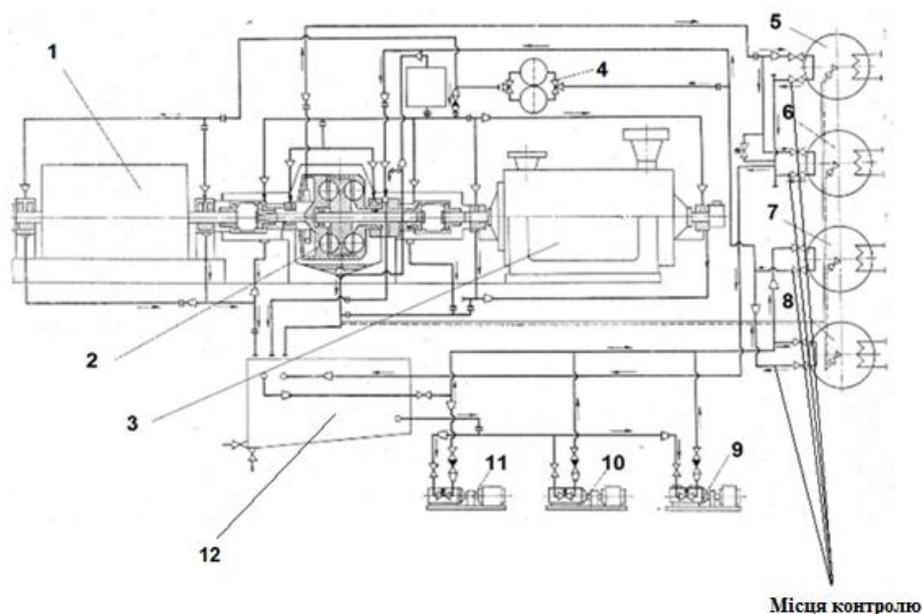


Рисунок 1 – Схема маслопостачання живильного електронасосу (ЖЕН) з гідромуфтою: 1 – електродвигун, 2 – гідромуфта, 3 – живильний електронасос, 4 – фільтр, 5, 6, 7, 8 – маслоохолоджувачі, 9, 10, 11 – маслонасос, 12 – маслобак турбіни.

Для змащення і охолодження підшипників і зубчастих муфт насосного агрегату, редуктора і зубчастої пари редуктора, гідромуфти і двигуна, для заповнення гідромуфти використовується масло турбінне "22" ГОСТ – 3253, яке надходить від масляної системи основної турбіни К – 300 – 240, з температурою 40 – 45 °С і тиском 1,7 атм. Для зниження до 30 – 35 °С температури масла, що надходить до редуктора на мастило зубчастої пари, в масляній системі агрегату встановлені два вертикальних маслоохолоджувачі типу МО – 53х4 – вертикальні, трубчастого типу, однопоточні по маслу і 4-ох потоків по воді. Охолодження масла проводиться циркуляційною водою, що підводиться від напірних циркуляційних трубопроводів основного турбоагрегату. Схема маслопроводів дозволяє при необхідності користуватися цими маслоохолоджувачами для додаткового охолодження масла, що підводиться до гідромуфти і підшипників насоса й електродвигуна. На напірних маслопроводах перед редуктором і перед кожним підшипником насоса і двигуном є дросельні діафрагми, за допомогою яких встановлюється необхідні витрати масла на безперервне змащення редуктора і підшипників.

Вхідними параметрами пристрою управління є сигнал з датчика температури масла, сигнал з датчика тиску масла, сигнал з датчиків витрат води і масла. Вихідними параметрами пристрою управління є керуючий сигнал на заслінки у маслопроводі та керуючий сигнал на заслінки у водопроводі в системі змащення ЖЕН.

Виходячи з цього, підсистема управління повинна включати датчики температури масла, датчик тиску масла, датчик витрат води, датчик витрат масла, заслінки для регулювання витрат масла та заслінки для регулювання витрат води (рисунк 2).

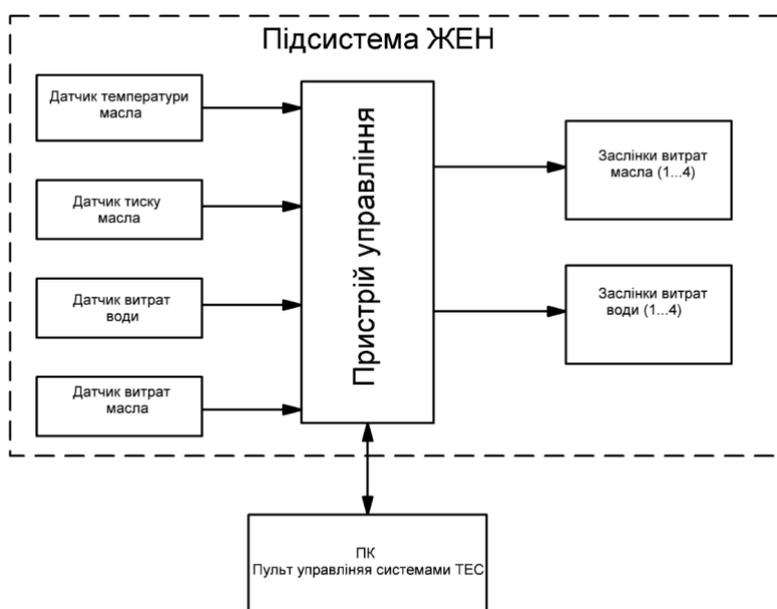


Рисунок 2 – Структурна схема системи управління ЖЕН

Програмне забезпечення автоматизованої системи змащення живильного електронасосу має реалізувати контроль показань датчиків і управляти положенням заслінок.

Написання програми починається з розробки графа роботи системи. Процес розробки графа починається з вивчення вимог до створюваної програми. За схемою створеного графа буде написана керуюча програма. Структура програми у формі графа станів наведена на рисунку 3. Підсистема повинна бути активна за умови, що є дозвіл для роботи підсистеми, та натиснута кнопка старт. Перед запуском підсистеми робиться затримка на 5 секунд з індикацією даного стану підсистеми (блмання зеленого індикатору), після чого система переходить у режим нормальної роботи. В аварійному стані вимикається насосний агрегат, умовою переходу в аварійний стан є спрацювання датчика температури або тиску. Якщо регулятор протягом 10

секунд не впорається з роботою, система переходить в аварійний стан (горить червона індикація аварійного положення).

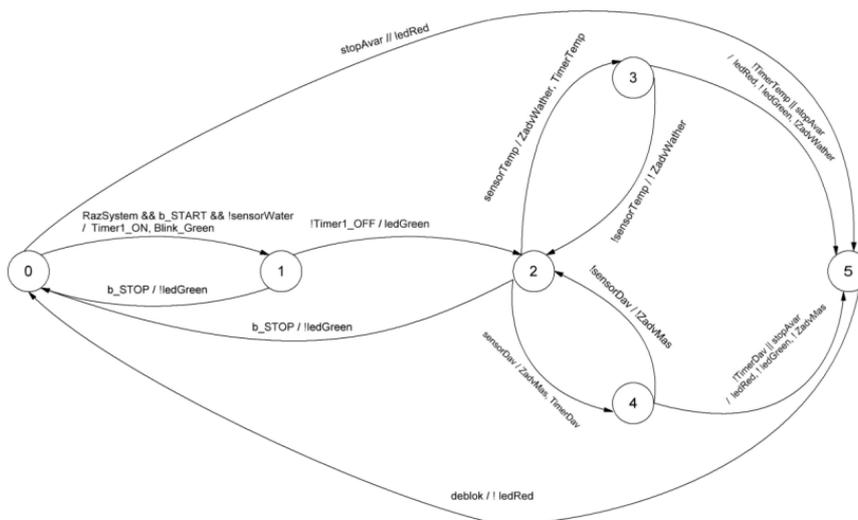


Рисунок 3 – Граф станів

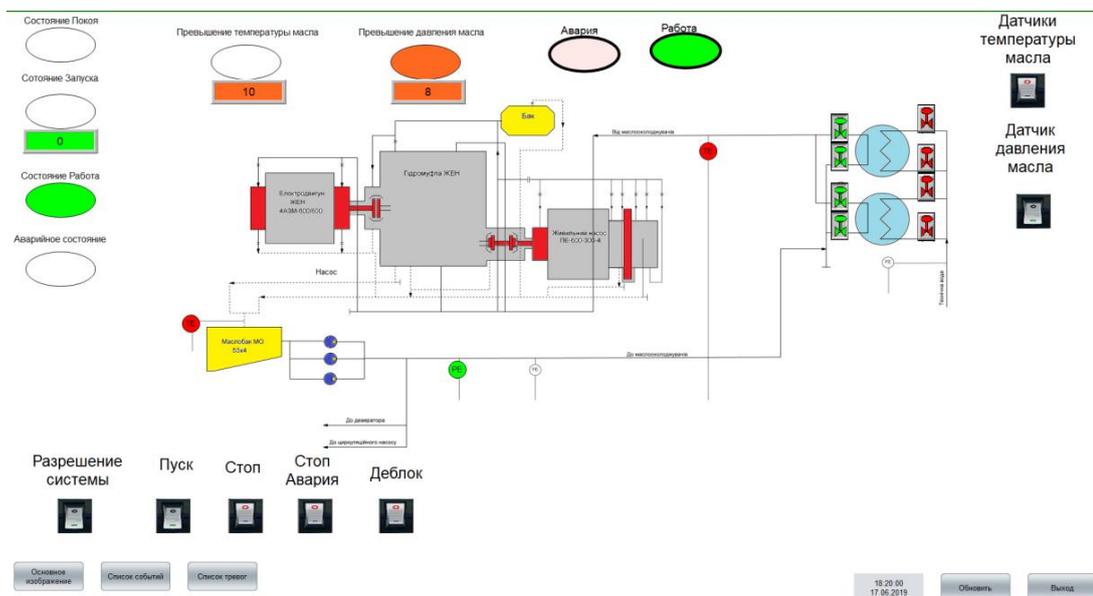


Рисунок 4 – Людино-машинний інтерфейс

На підставі цього закладена основа для розробки апаратно-програмного комплексу системи управління змащення живильного електронасосу на ТЕС.

Найважливішою задачею цієї роботи є підвищення точності регулювання температури масла, оскільки при підвищенні точності контролю можливо знизити витрати ТЕС на ремонт і обслуговування устаткування.

Перелік посилань

1. Паровая турбина К-300-240 ХТГЗ/ Под общей редакцией Ю.Ф. Косяка. – М.: Энергоиздат, 1982. – 272 с.
2. Ключев А.С. Проектирование систем автоматизации технологических процессов : Справочное пособие / А.С.Ключев, Б.В. Глазков, А.Х.Дубровский, А.А.Ключев, Под пер. А.С.Ключева – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 464 с.

УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ОПЕРАТИВНОГО ОБЛІКУ ПАРАМЕТРІВ ПУЛЬПИ

Постановка проблеми. На сьогоднішній день на Вільногірському гірничо-металургійному комбінаті (ВГМК) процес утворення пульпи організується наступним чином: гідромонітори забезпечують змішування твердої речовини з водою та отримана суміш змивається у зумф. Керує гідромонітором оператор, він може регулювати потужність розмиву та витрату води. Оператор власноруч керує приладом, який розмиває насипи з копалинами. Він спостереігає за процесом насипання конусів породи, які знаходяться на різних відстанях. Якість розмиву та кількість копалин залежить від того, як оператор буде виконувати свою роботу: з якою уважністю і досвідом він буде працювати. Така система розмиву корисних копалин не відповідає сучасним вимогам виробництва, тому що параметри утвореної гідросуміші (пульпи) зазнають значних коливань, що призводить до погіршення процесів гідротранспортування та подальшого збагачення [1].

Для покращення процесу розмиву та збільшення кількості корисних копалин (руди), а також зменшення забруднення трубопроводу з пульпою та запобігання аварійних ситуацій, виявляється доцільним удосконалення системи розмиву та контролю параметрів пульпи. В умовах ВГМК це можна зробити в два кроки:

- 1) Встановити скануючий далекомір (він буде сканувати насипи з копалинами та надавати результати вимірювань відстаней до системи);
- 2) Розробити метрологічне забезпечення для SCADA-системи гідротранспорту (дозволить підвищити продуктивність праці персоналу й уникнути аварійних ситуацій).

У якості скануючого далекоміру пропонується використовувати Leica ScanStation P50 (були враховані основні технічні характеристики обраного приладу та його метрологічні характеристики, а також перевагою є можливість отримання результату сканування у 3D).

Під час проведених досліджень було встановлено, що процес гідротранспортування вимагає саме автоматизованого управління (дані з сучасних джерел та досліджень), при цьому розробки SCADA-системи для систем гідротранспорту в даних джерелах не виконано, що робить актуальним завдання побудови SCADA-системи, включаючи її метрологічне забезпечення [2].

Основними функціями, які розв'язуються SCADA-системами, є: обмін даними з УСО (пристрої зв'язку з об'єктом) у реальному часі, через драйвери; обробка інформації у реальному часі; відображення інформації на екрані монітору в зрозумілій для людини формі; база даних у реальному часі; аварійна сигналізація й управління тривожними повідомленнями; підготовка та генерування звітів з ходу технологічного процесу; здійснення мережевої взаємодії між SCADA ПК; забезпечення зв'язку з зовнішніми додатками (СУБД, електронні таблиці, текстові процесори тощо).

На даний час у транспортній галузі до 80% аварій відбувається з вини людського фактору, тому створення надійної системи оперативного контролю параметрів технологічних процесів - необхідне завдання сучасності. Для розробки подібної системи для гідротранспортної мережі гірничо-збагачувального підприємства необхідно визначити принципи функціонування та аналізу подібної системи. Як було показано попередніми дослідженнями, для встановлення стану гідротранспортної системи необхідний контроль і аналіз енергоінформаційних сигналів у сукупності з аналізом сигналів від датчиків, що вимірюють параметри пульпи [3].

З урахуванням запропонованих удосконалень метрологічного забезпечення процесу виготовлення та транспортування гідросуміші функціональна схема системи буде містити компоненти, представлені на рис.1.



Рисунок 1 - Функціональна схема удосконаленої системи оперативного обліку параметрів пульпи

Також в розроблюваній системі слід врахувати: можливі аварійні ситуації (мале-нька/велика швидкість руху пульпи по трубопроводу, велика/недостатня щільність пульпи, за-велика температура чи тиск) та інші чинники, що можуть призвести до збою в роботі гідротранспорту.

Висновки. Таким чином, пропонується для покращення роботи та контролю параметрів процесу розмиву та гідротранспортування пульпи, а також оперативного обліку розробити метрологічне забезпечення SCADA-системи за наведеним у цій роботі принципом.

Перелік посилань

1. Транспорт на гірничих підприємствах. Підручник для ВУЗів. 3-те видання. Заг. ред. М.Я. Біліченко. Дніпропетровськ, Національний гірничий університет, 2005. – 636с.
 2. Совершенствование режимов работы гидротранспортных установок технологий углеобогащения. / [Е.Л. Звягильский, Б.А. Блюсс, Е.И. Назимко, Е.В. Семененко] - Севастополь: «Вебер», 2002., - 247 с.
- Обоснование параметров и режимов работы систем гидротранспорта горных предприятий. / [Баранов Ю.Д., Блюсс Б.А., Семененко В.Д. и др.] - Днепропетровск: «Новая идеология», 2006. – 416 с.

ОСОБЛИВОСТІ РОЗРОБКИ МЕТОДИКИ КАЛІБРУВАННЯ КАЛІБРАТОРІВ-ВИМІРЮВАЧІВ УНІФІКОВАНИХ СИГНАЛІВ

Останнім часом попит на проведення калібрування засобів вимірювальної техніки (ЗВТ) зростає унаслідок наступних факторів:

- результати калібрування дають більш детальну оцінку стану ЗВТ;
- калібрування дає можливість користувачу ЗВТ самому робити висновок про задовільність стану приладу для його використання у певних вимірюваннях;
- свідоцтво про калібрування підтверджує простежуваність ЗВТ до національних еталонів (за умови, що калібрування проводилося за допомогою відповідних еталонів);
- згідно наказу Міністерства економічного розвитку і торгівлі України №642 про внесення змін до наказу № 193 від 08.02.2016 повірці підлягають лише засоби вимірювальної техніки (ЗВТ), які належать до законодавчо регульованих. Як наслідок цих змін усі інші ЗВТ, які раніше за необхідністю проходили добровільну повірку повинні бути відкалібровані;
- згідно Закону України про метрологію та метрологічну діяльність ЗВТ, що використовуються як еталони повинні бути відкалібровані.

З ростом попиту на проведення калібрування зростає і потреба в розробці методик калібрування. Методика калібрування калібраторів-вимірювачів уніфікованих сигналів, розроблена згідно вимог ДСТУ ISO/IEC 17025 [1] та документу Європейської кооперації з акредитації EA4/02 [2].

Математична модель вимірювання каліброваної величини V_x представляє собою наступний вираз:

$$V_x = \overline{V_E} + \delta V_{BE} + \delta V_{ВД} + \delta V_{ЕТ},$$

де $\overline{V_E}$ – виміряна еталоном величина, середнє значення; δV_{BE} – сумарна поправка, яка враховує вплив на еталон; $\delta V_{ВД}$ – поправка, яка враховує відхилення через роздільну здатність еталону, яка обчислюється за наступним виразом:

$$\delta V_{ВД} = \frac{q}{2}$$

де q – найменше значення, яке можна відрахувати на дисплеї еталону, одиниця молодшого розряду (дискретність);

$\delta V_{ЕТ}$ – поправка, яка враховує вплив, що вноситься еталоном при вимірюваннях.

Враховуючи вплив всіх складових у відповідності з математичною моделлю для проведених в даному випадків вимірювань, розширена невизначеність вимірювання розраховується за формулою:

$$u(V_x) = 2 \cdot \sqrt{c_1^2 u(\overline{V_E})^2 + c_2^2 u(\delta V_{BE})^2 + c_3^2 u(\delta V_{ВД})^2 + c_4^2 u(\delta V_{ЕТ})^2}$$

де c_1, c_2, c_3, c_4 – коефіцієнти чутливості, які враховують взаємний вплив вхідної величини у відповідності з моделлю калібрування і представляють собою часткові похідні. У випадку прямих вимірювань вхідні величини незалежні одна від одної, тому $c_1, c_2, c_3, c_4 = 1$. Складові невизначеності, що представлені у виразі (3) та спосіб їх розрахунку систематизовано у табл. 1.

Таблиця 1

Позначення	Опис	Тип невизначеності	Спосіб визначення
$u(\overline{V_E})$	Стандартна невизначеність вимірювання через розкид показів	A	$u(\overline{V_E}) = \sqrt{\frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n (v_i - \overline{V_E})^2}$ Де, n – кількість вимірювань;
$u(\delta V_{BE})$	Стандартна невизначеність, що виникає від сумарного впливу на еталон впливаючих величин, пов'язаних з умовами експлуатації при виконанні вимірювання	B	При умові підтримання всіх параметрів навколишнього повітря, виконання всіх режимів акліматизації, транспортування, калібрування, прогріву та успішного проведення попереднього тестування, виконання усіх вимог виробника, вважаємо, що $u(\delta V_{BE}) = 0$
$u(\delta V_{ВД})$	Стандартна невизначеність вимірювання, зумовлена від відліку показів еталону	B	$u(\delta V_{ВД}) = \frac{q}{2\sqrt{3}}$
$u(\delta V_{ЕТ})$	Стандартна невизначеність вимірювання, що вноситься еталоном	A	$u(\delta V_{ЕТ}) = \frac{U_{ЕТ}}{2}$, де $U_{ЕТ}$ - розширена невизначеність вимірювання із сертифікату калібрування еталону.

Бюджет невизначеності (результат вимірювання і всі складові невизначеності вимірювання) представлено в таблиці 2.

Таблиця 2

Вхідна величина, X_i	Оцінка вхідної величини x_i	Стандартна невизначеність $u(x_i)$	Закон розподілу	Тип невизначеності	Коефіцієнт чутливості, c	Вклад невизначеності
$\overline{V_E}$	Значення	$u(\overline{V_E})$	нормальний	A	1	$c_1 \cdot u(\overline{V_E})$
δV_{BE}	0	$u(\delta V_{BE})$	рівномірний	B	1	$c_2 \cdot u(\delta V_{BE})$
$\delta V_{ВД}$	0	$u(\delta V_{ВД})$	рівномірний	B	1	$c_3 \cdot u(\delta V_{ВД})$
$\delta V_{ЕТ}$	0	$u(\delta V_{ЕТ})$	нормальний	A	1	$c_4 \cdot u(\delta V_{ЕТ})$
V_X	Значення	$u(V_X)$	-	-	-	-
Розширена невизначеність ($P=0,95; k=2$)		$U(V_X) = k \cdot u(V_X)$				-

Перелік посилань

1. ДСТУ ISO/IEC 17025:2017 «Загальні вимоги до компетентності випробувальних та калібрувальних лабораторій».
2. ЕА-4/02 М:2013 Виразення невизначеності вимірювання при калібруванні.

УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ КЛІМАТ-КОНТРОЛЮ ІНКУБАТОРУ

Особливість технологічного процесу інкубації полягає в необхідності, з одного боку, точної підтримки основних параметрів мікроклімату (температури, відносної вологості і газового складу повітря) та, з іншого боку, зміни цих параметрів в залежності від фази інкубації [1]. Розглянувши принцип функціонування універсального інкубатору ІУП-Ф-45 та здійснивши аналіз його елементів було виявлено низки недоліків та зроблений висновок, що даний інкубатор потребує удосконалення. Розглянемо технічні параметри компонентів вимірювального каналу. Згідно зі стандартами існує три діапазони струмових сигналів: 0 ... 5мА, 0 ... 20мА і 4 ... 20мА [2]. Для покращення інкубаційного процесу пропонується замінити старі датчики температури та вологості (з вихідним діапазоном струмових сигналів 0...20 мА) на більш точний датчик вологості та температури ДВТ-03 (з вихідним діапазоном струмових сигналів 4...20 мА) [3]. Згідно запропонованих удосконалень розроблено функціональну схему вимірювального каналу для контролю кліматичних параметрів інкубатору, представлену на рис.1.

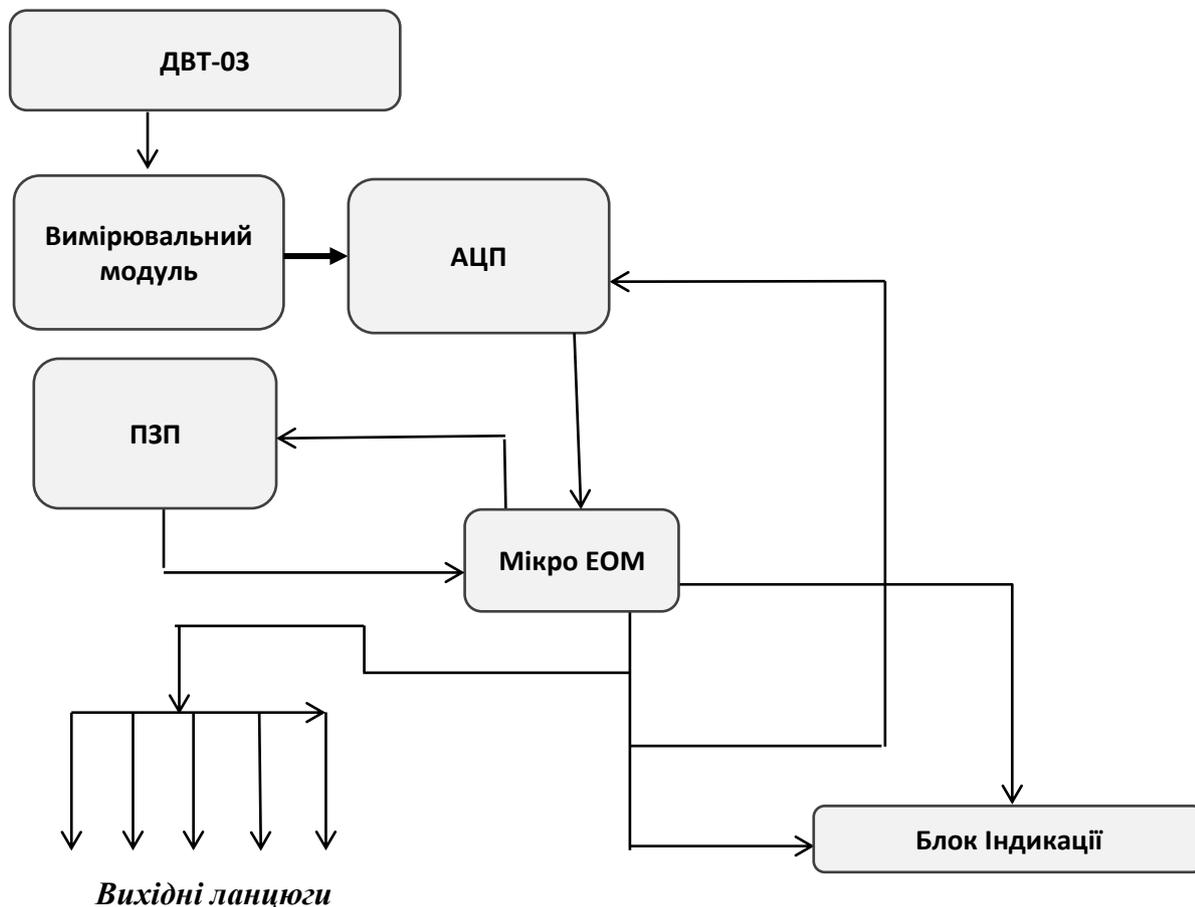


Рис. 1. Функціональна схема вимірювального каналу для інкубатору

Обраний датчик ДВТ-03, який має вихідний сигнал з діапазоном 4...20 мА, більш стійкий до перешкод та має меншу похибку, ніж замінені датчики. Датчик забезпечує вимірювання температури та вологості, він має два виходи 4...20 мА. Для подальшої передачі сигналів встановлений вимірювальний модуль, який забезпечує перетворення сигналів від датчику у сигнал напруги, придатний для реалізації аналого-цифрового перетворення. Також вимірювальний

модуль забезпечує гальванічну розв'язку. Після аналого-цифрового перетворення вимірювальні сигнали потрапляють до мікроЕОМ, де вони обробляються та зберігаються.

При розрахунку сумарної похибки вимірювального каналу слід враховувати похибку первинного вимірювального перетворювача, а також похибки, що вносяться вимірювальним модулем та АЦП. Спосіб розрахунку результуючої похибки або невизначеності вимірювального каналу залежить від функцій розподілу щільності ймовірності похибок результату вимірювань, отриманого на виході вимірювального каналу. Оскільки канал складається з декількох компонентів, то функція розподілу результату являє собою композицію розподілів для n складових похибок, вносимих кожним компонентом:

$$\delta_{\Sigma} = \delta_{TB} \oplus \delta_{BM} \oplus \delta_{АЦП} \oplus \delta_{зв} \oplus \delta_{об}, \quad (1)$$

де δ_{TB} – похибка первинного датчика температури та вологості (нормується окремо для кожного вимірюваного параметру); δ_{BM} - похибка вимірювального модуля; $\delta_{АЦП}$ - похибка аналого-цифрового перетворення; $\delta_{зв}$ - похибка зв'язуючого компонента (похибки, які виникають у лінії зв'язку за рахунок спотворень сигналів вимірювальної інформації та завад); $\delta_{об}$ - похибка обчислювальних компонентів каналу, у тому числі алгоритмів обробки експериментальних даних; \oplus - позначення процедури статистичного сумування складових результуючої похибки.

Для розрахунку дисперсії сумарного (композиційного) розподілу скористуємося теоремою складання дисперсій [4], відповідно отримаємо наступний вираз для оцінки сумарної дисперсії, яка виступає характеристикою розсіювання результатів вимірювань на виході вимірювального каналу:

$$\sigma_{BK}^2 = \sum_{i=1}^n \sigma_i^2, \quad (2)$$

де σ_i^2 – оцінка дисперсії розподілу для i -ого компоненту вимірювального каналу.

Для отримання кількісного значення результуючої похибки вимірювального каналу у вигляді меж довірчого інтервалу необхідно зробити обґрунтований вибір коефіцієнту Стьюдента. Для цього слід володіти інформацією про закон композиційного розподілу похибки каналу. Оскільки згідно з записаним рівнянням (1), кількість компонентів каналу складає 5, то можна скористатися центральною граничною теоремою та у якості функції розподілу щільності ймовірності прийняти нормальну. Тоді з рівняння (2) можна розрахувати межі довірчого інтервалу сумарної похибки вимірювального каналу:

$$\delta_{BK} = \pm t_p \sigma_{BK},$$

де t_p - коефіцієнт Стьюдента.

Перелік посилань

1. Схиртладзе А.Г. Технологические процессы автоматизированного производства / А.Г.Схиртладзе, А.В. Скворцов.-Симферополь: «Таврида», 2011. – 153 с.
2. Миронов Є.Г. Метрологія технічних вимірів / Є.Г.Миронов. – Харків: «Кнорус», 2015. – 422 с.
3. Вимірювальні перетворювачі (сенсори): Підручник / В. М. Ванько, Є. С. Поліщук, М. М. Дорожовець, В. О. Яцук, Ю. В. Яцук. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2015. – 584 с.
4. Вентцель Е. С. Теория вероятностей: учебник для вузов. 6-е изд., стереотип / Е. С. Вентцель. - М. : Высш. шк., 1999. – 289 с.

ЗМІСТ

Лазаренко В.А., Леонов Д.В., Хоменко В.І. АВТОНОМНЕ ЗАРЯДНЕ ДЖЕРЕЛО ЖИВЛЕННЯ НА БАЗІ СОНЯЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ	4
Кузнецов В.В., Строна О.А., Кузнецова А.В., Трипутень М.Н. ЩОДО НЕОБХІДНОСТІ МОДЕРНІЗАЦІЇ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ КРАНОВИХ МЕХАНІЗМІВ.	6
Кузнецов В. В., Швачко А.А., Кузнецова А. В., Трипутень М. Н. О НЕОБХОДИМОСТИ МОДЕРНИЗАЦИИ КОЛЕСОТОКАРНЫХ СТАНКОВ	10
Кузнецов В.В., Кузнецова А.В., Трипутень М.Н. ОСНОВНЫЕ ПРИЧИНЫ ОТКЛОНЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ОТ НОРМИРУЕМЫХ.	12
Кузнецов В.В., Кузнецова А.В., Трипутень М.Н. КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЦЕХОВЫХ СЕТЯХ ПРЕДПРИЯТИЙ.	14
Кузнецов В.В., Трипутень Н.М., Карамушка М.Н., Кузнецова А. В., Трипутень М. Н. О НОРМИРОВАНИИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ	16
Бойко С.М. ДО ПИТАННЯ ВПРОВАДЖЕННЯ ВІТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СТАНЦІЙ В МЕЖАХ ТЕРИТОРІЇ ВАТ «ПОЛТАВСЬКИЙ ГЗК»	18
Кобрін Ю.Г. ЗАЛЕЖНОСТІ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ДРОБЛЕННЯ МАТЕРІАЛІВ ВІД МАСИ ТА ШВИДКОСТІ МОЛОТКІВ РОТОРНОЇ ДРОБАРКИ.	19
Дрешпак Н.С., Випанасенко С.І. ПРО ОСОБЛИВОСТІ КОНТРОЛЮ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ПРОМИСЛОВИМ ПІДПРИЄМСТВОМ.	20
Власенко Р.В., Якимець С.М. ОБМЕЖЕННЯ СТРУМУ СИЛОВОГО АКТИВНОГО ФІЛЬТРА В УМОВАХ ПЕРЕВАНТАЖЕННЯ ТА КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ.	22
Хілов В.С., Кобилянський С.В. ЕНЕРГОЕФЕКТИВНА СИСТЕМА ПУСКУ ЕЛЕКТРОДВИГУНА ЗМІННОГО СТРУМУ.	25
Ломов М.І. СИМЕТРУВАННЯ НАВАНТАЖЕННЯ ТЯГОВОЇ ПІДСТАНЦІЇ ЗМІННОГО СТРУМУ.	27
Кремнева К.В., Кузнецова М.М. ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОБНИЦТВА ДЕРЕВНОГО ВУГІЛЛЯ З УТИЛІЗАЦІЄЮ ВІДХОДІВ ЛІСНОГО ТА СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА.	29
Остренко Д.О., Колларов О.Ю. ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ ПРОБЛЕМ ВИКОРИСТАННЯ ВОДНЄВО-КИСНЕВИХ ПАЛИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ В АВТОТРАНСПОРТІ.	31
Стьопкін В.В., Цапко В.В., Баль М.І. МОДЕЛЮВАННЯ ПЕРЕХІДНИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ ЧАСТОТНОМУ СКАЛЯРНОМУ КЕРУВАННІ ШВИДКІСТЮ АСИНХРОННОГО ДВИГУНА.	34
Смородін В.Р., Шевченко І.А. ЗАКОНОМІРНОСТІ ПОДРІБНЕННЯ МАТЕРІАЛІВ.	37

Таначова Ю.С., Желдак Т.А. ОПТИМІЗАЦІЯ ВИКИДУ ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН ТА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТЕС ВІДПОВІДНО ДО ЕНЕРГЕТИЧНОЇ СТРАТЕГІЇ УКРАЇНИ.	39
Лучинська А.В., Новицький І.В., Гаранжа Д.М. ЗАСТОСУВАННЯ ЕВРИСТИЧНОГО АЛГОРИТМУ ДО ПРОЕКТУВАННЯ ПРОМИСЛОВИХ МЕРЕЖ.	42
Касаткіна І.В., Єрмоєнко Л.В. ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ СИНХРОННОГО ДВИГУНА З ПОСТІЙНИМИ МАГНІТАМИ В ГІБРИДНИХ ТЯГОВИХ ЕЛЕКТРОПРИВОДАХ.	44
Пересунько І.І. ОЦІНКА ПЕРСПЕКТИВИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ГОЛОВНИХ ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ УСТАНОВОК ЗАЛІЗОРУДНИХ ШАХТ.	45
Антонов А.В., Білий О.М., Варюхін О.О. ПЕРЕДМОВИ РОЗРОБКИ МОДЕЛЕЙ ВЗАЄМОДІЇ КОНТАКТНИХ ПІДВІСОК ТА СТРУМОПРИЙМАЧІВ ЗАЛІЗНИЧНОГО ЕЛЕКТРОРУХОМОГО СКЛАДУ	47
Антонов А.В., Гребенников О.О. УДОСКОНАЛЕННЯ ЗАЗЕМЛЕННЯ ОПОР КОНТАКТНОЇ МЕРЕЖІ ЕЛЕКТРИФІКОВАНИХ ЗАЛІЗНИЦЬ ЗМІННОГО СТРУМУ.	48
Антонов А.В., Аброськін Л.О. НАПРЯМКИ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ КОВЗНОГО СИЛЬНОСТРУМОВОГО КОНТАКТУ В УМОВАХ МІСЬКОГО ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ.	49
Кравець О.В., Данилов О.А. АНАЛІЗ ВПЛИВУ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ТЯГОВОЇ ПІДСТАНЦІЇ НА ЯКІСТЬ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ.	50
Степаненко Ю.В., Папаїка Ю.А., Лисенко О.Г. ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМУ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ В ШАХТНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ.	52
Степаненко Ю.В., Папаїка Ю.А., Лисенко О.Г. ПИТАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ АВТОМОБІЛІВ З ЕЛЕКТРИЧНОЮ СИЛОВОЮ УСТАНОВКОЮ.	54
Сінчук І.О., Берідзе Т.М., Дозоренко О.В. МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ КЕРУВАННЯ ЕНЕРГОПОТОКАМИ ПІДЗЕМНИХ ЗАЛІЗОРУДНИХ ПІДПРИЄМСТВ.	55
Хоменко В.І. ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ АВТОНОМНОЇ ГЕНЕРУЮЧОЇ УСТАНОВКИ ПРИ ПІД-КЛЮЧЕННІ СПОЖИВАЧІВ СПІВСТАВНОЇ ПОТУЖНОСТІ.	57
Касаткіна І.В., Власюк В.П. ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ АСИНХРОНІЗОВАНОГО ВЕНТИЛЬНОГО ДВИГУНА НА БАЗІ МІКРОПРОЦЕСОРНОГО КЕРУВАННЯ ТА ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ СИНХРОННОГО ДВИГУНА.	59
Волков В.О. ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧЕ КЕРУВАННЯ ШВИДКІСТЮ ЧАСТОТНО-РЕГУЛЬОВАНОГО КОМПЕНСОВАНОГО СИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОДВИГУНА В ПУСКО-ГАЛЬМІВНИХ РЕЖИМАХ.	61

Лябагова Т.В., Іванов О.Б. РОЗРАХУНОК ВАРТОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ВІТРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ В УМОВАХ УКРАЇНИ.	63
Борисов П.А., Бородай В.А. СПОСІБ БЕЗПЕРЕРВНОЇ ПІДТРИМКИ ПРОЦЕСУ ГЕНЕРАЦІЇ ЕНЕРГОНОСІЯ В БІОГАЗОВИХ УСТАНОВКАХ.	65
Шихов С.К., Бородай В.А. ДОСВІД РОЗРОБКИ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ ПНЕВМО-ІМПУЛЬСНОЇ ОЧИСТКИ ВАКУУМНИХ ПРИЛАДІВ.	67
Глоба О., Колб А.А. ПЕРЕТВОРЕННЯ СМІТТЯ В ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТУ ЕНЕРГІЮ.	69
Ярошенко Я.В., Циценков Д.В. ЛОКАЛЬНА СОНЯЧНА ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯ З НЕСТАНДАРТНИМ РОЗТАШУВАННЯМ	71
Федоров С.І. ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ, РАБОТАЮЩИХ В УСЛОВИЯХ ПЕРЕГРЕВА.	76
Колосов Д.Л., Онищенко С.В. ЛІФТОВІ СИСТЕМИ НОВОГО ПОКОЛІННЯ З ВИСОКИМ РІВНЕМ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ.	77
Галиновский А.М., Бобер В.А., Баран С.Л. ДИАГРАММЫ ТОКОВ КОРОТКОЗАМКНУТОЙ АСИНХРОННОЙ МАШИНЫ.	79
Ткачов В. В., Бойко О.О., Бубліков А. В., Аксьонов Д. І. ДОСЛІДЖЕННЯ ТА СИНТЕЗ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ЗАПОБІЖНИМ ГАЛЬМОМ ПІДЙОМНОЇ МАШИНИ.	82
Соснін К.В., Кропівницький Є.С. ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ТЕМПЕРАТУРОЮ НАГРІВУ ЗЕРНА У ЗЕРНОСУШАРЦІ.	84
Бойко О.О., Куксін Д.С. РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПІДТРИМКИ ОПТИМАЛЬНОЇ ТЕМПЕРАТУРИ В ОФІСІ В ЗИМОВИЙ ПЕРІОД РОКУ.	86
Бойко О.О., Погрібняк І.О. ПРОЕКТУВАННЯ ТА РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОМИСЛОВО-ВИХ КОНТРОЛЕРІВ НА БАЗІ ГРАФІВ СТАНІВ ТА МОВИ STRUCTURED TEXT.	88
Козарь М.В., Бойко О.О., Погрібняк І.О. ПРОЕКТУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ПІДТРИМКИ МІКРОКЛІМАТУ В КІМНАТНІЙ ТЕПЛИЦІ.	90
Лагно О.В. РОЗРОБКА МЕТОДИКИ КАЛІБРУВАННЯ ПІРОМЕТРІВ.	93
Зибалов Д.С. ЕКСПЕРТНА СИСТЕМА НЕЧІТКОГО КЕРУВАННЯ СОНЯЧНОЮ ФОТОЕЛЕКТРИЧНОЮ УСТАНОВКОЮ.	96
Трипутень М.М., Вершиніна А.О. АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ДЕШЛАМАЦІЇ В ЛІНІЇ ЗБАГАЧЕННЯ ГЗК.	100

Проценко С.М., Віт В.В. ПРОЕКТУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ПІДТРИМКИ ТЕМПЕРАТУРИ СЕКЦІЙНОЇ ПЕЧІ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ТРУБНОЇ ПРОДУКЦІЇ.	102
Проценко С.М., Гаврилов Д.І. АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ПІДТРИМКИ ТЕМПЕРАТУРИ В ВІДПАРНІЙ КОЛОНИ.	105
Заславський О.М., Гладкий Д.В. ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ РОЗУМНИХ ЕЛЕКТРООБГРІ- ВАЧІВ.	108
Бойко О.О., Зайцев Д.М. АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗВАРНОЇ СІТКИ.	111
Трипутень М. М., Карамушка М. М. СТВОРЕННЯ І ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСОМ ДРОБЛЕННЯ НА ГЗК.	113
Проценко С.М., Климов О.М. РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПЕРЕТВОРЮВАЧЕМ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ З МЕТОЮ ЕФЕКТИВНОГО ВИКОРИСТАННЯ ПОТУЖНОСТІ СОНЯЧНОЇ БАТАРЕЇ.	115
Бойко О.О., Корінь Д.В. АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ПІДТРИМКОЮ ОПТИМАЛЬНОЇ ТЕМПЕРАТУРИ В ОФІСІ В ЛІТНІЙ ПЕРІОД РОКУ.	117
Бойко О.О., Москаленко А.А. АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ПІДТРИМКИ ТЕМПЕРАТУРИ В АВТОКЛАВІ	119
Воскобойник Є.К., Бойко О.О., Самойленко Т.А. ВИЗНАЧЕННЯ МОДЕЛІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ВИГОТОВЛЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ РІЗУЧОГО ОРГАНУ ВИДОБУВНОГО КОМБАЙНУ.	121
Воскобойник Є.К., Сероус К.В. АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ КЕРУВАННЯ ДЕАЕРАТОРОМ ДЛЯ ФІЛЬТРАЦІЙ ЖИВИЛЬНОЇ ВОДИ НА ТЕС.	123
Проценко С.М., Бойко О.О., Терентьєва К.А. МОДЕЛЮВАННЯ ЗМІНИ МІКРОКЛІМАТУ СКЛАДСЬКОГО ПРИМІЩЕННЯ.	125
Проценко С.М., Шевченко К.В. АВТОМАТИЗАЦІЯ КОЛОНИ, ЩО РОЗДІЛЯЄ, В ТЕХНОЛОГІЧНОМУ ПРОЦЕСІ ОДЕРЖУВАННЯ БЕНЗОЛУ З ВУГІЛЛЯ.	127
Воскобойник Є.К., Чеснов П.В. АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ КЕРУВАННЯ ЖИВИЛЬНИМ ЕЛЕКТРОНАСОСОМ МАСЛОСТАНЦІЇ НА ПРОМИСЛОВІЙ ТЕС.	129
Глухова Н.В., Кононенко А.В. УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ОПЕРАТИВНОГО ОБЛІКУ ПАРАМЕТРІВ ПУЛЬПИ.	132
Заєць І.О. ОСОБЛИВОСТІ РОЗРОБКИ МЕТОДИКИ КАЛІБРУВАННЯ КАЛІБРАТОРІВ-ВИМІРЮВАЧІВ УНІФІКОВАНИХ СИГНАЛІВ.	134
Глухова Н.В., Яременко Є.П. УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ КЛІМАТ-КОНТРОЛЮ ІНКУБАТОРУ.	136

