УДК 621.31

Бугайчук О.А., студент, 3 курс, гр. ЗЕТ-1
Державний університет «Житомирська політехніка»
Безвесільна О.М., д.т.н., професор
НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»
Ткачук А.Г., к.т.н., доцент
Державний університет «Житомирська політехніка»

ЦИФРОВІ ДВІЙНИКИ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ РЕЖИМІВ РОБОТИ РОЗПОДІЛЕНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ

Сучасна енергетика зазнає суттєвих трансформацій у напрямку децентралізації та інтеграції відновлюваних джерел енергії, зокрема сонячних і вітрових електростанцій, мікротурбін, паливних елементів тощо. У зв'язку з цим актуалізується необхідність оптимізації режимів роботи розподілених енергетичних систем (РЕС), забезпечення їхньої стабільності, підвищення ефективності керування навантаженнями, а також зменшення загальних енергетичних втрат. Одним із провідних технологічних інструментів для вирішення цих завдань є концепція цифрових двійників (Digital Twins), яка передбачає створення віртуальних моделей фізичних об'єктів із можливістю динамічного оновлення їхнього стану в режимі реального часу на основі телеметричних даних та SCADA-систем.

Цифровий двійник, як складова цифрової трансформації енергетики, дозволяє не лише моделювати поточні режими функціонування об'єктів енергосистеми, а й прогнозувати наслідки прийняття керуючих рішень, здійснювати виявлення потенційних відмов у роботі обладнання, реалізовувати адаптивне обслуговування й проводити оперативне налаштування системи з урахуванням змін зовнішнього середовища. З метою практичної реалізації в межах дослідження була запропонована концептуальна архітектура цифрового двійника локальної розподіленої енергетичної системи, до складу якої входять джерела генерації на основі ВДЕ, накопичувачі енергії та споживачі з можливістю гнучкого управління навантаженням.

Функціональна структура моделі включає фізичний рівень із сенсорами струму, напруги, температури та частоти; аналітичне ядро, реалізоване на основі середовищ MATLAB/Simulink або Python, яке виконує математичне моделювання поведінки системи; хмарну платформу для зберігання та обробки інформації; інтерфейс взаємодії з оператором для моніторингу стану об'єктів і формування керуючих впливів. Запропонована модель дозволяє імітувати сценарії зміни інсоляції, вітрових навантажень або динаміки споживання енергії, а також адаптивно змінювати режими роботи інверторів, конвертерів і систем накопичення [1].

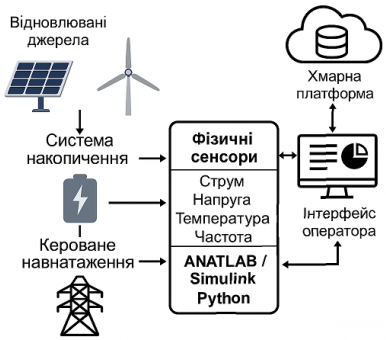

Рис. 1. Архітектура цифрового двійника розподіленої енергетичної системи

Результати чисельного моделювання засвідчили доцільність і ефективність застосування цифрових двійників у задачах оптимізації: зокрема, було зафіксовано зниження пікових навантажень на 12–18 %, підвищення коефіцієнта корисної дії (ККД) системи на 8–10 %, а також покращення стабільності напруги у вузлових точках споживання. Таким чином, цифрові двійники розглядаються як ключовий елемент формування інтелектуальних енергетичних систем нового покоління, що здатні забезпечити високий рівень адаптивності, надійності та ефективності в умовах зростання частки ВДЕ та необхідності інтеграції розподілених ресурсів. Подальші наукові дослідження доцільно спрямувати на розвиток цифрових двійників у контексті їхньої інтеграції з платформами Smart Grid та Smart City, а також на створення комплексних систем централізованого енергоменеджменту з урахуванням гібридного характеру сучасних джерел живлення.

Список використаних джерел:

1. Мельник С.І., Ткаченко С.В. Інтелектуальні системи управління енергетикою. – К.: Ліра-К., 2020.

УДК 004.94

Хобта Ю.Ю., студент, 3 курс, гр. ЕТ-1
Ткачук А.Г., к.т.н., доцент
Кравчук А.Р., доктор філософії, доцент
Державний університет «Житомирська політехніка»

СИСТЕМИ ДІАГНОСТИКИ СТАНУ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЙ МАШИННОГО ЗОРУ

Забезпечення надійної та безперервної роботи електротехнічного обладнання є критично важливим завданням для підприємств енергетичного, промислового та інфраструктурного секторів. Відмова або неконтрольований знос окремих елементів електрообладнання може призвести до аварійних ситуацій, перебоїв у постачанні електроенергії, виходу з ладу критичних систем та фінансових втрат. Традиційні методи технічної діагностики, засновані на планово-профілактичному обслуговуванні, візуальному огляді та періодичних вимірюваннях параметрів, є обмеженими в частині виявлення прихованих дефектів на ранніх стадіях їхнього розвитку. У зв'язку з цим зростає актуальність впровадження автоматизованих систем технічного діагностування нового покоління, зокрема — на основі технологій машинного зору.

Машинний зір передбачає застосування сукупності апаратних (відеокамери, сенсори, освітлювальні модулі) та програмних засобів (алгоритми обробки зображень, комп'ютерне бачення, машинне навчання) з метою здійснення безконтактного, високоточного та об'єктивного контролю технічного стану поверхонь, контактів, ізоляційних елементів, клемних з'єднань, роз'ємів та корпусів обладнання. Аналіз візуальних даних виконується із використанням методів сегментації зображень, виявлення контурів (edge-detection), кластеризації, порівняння текстур, морфологічної фільтрації, а також глибоких згорткових нейронних мереж (CNN), які дають змогу проводити автоматичну класифікацію пошкоджень, визначати їх локалізацію, форму та рівень небезпеки.

У межах дослідження розроблено експериментальний прототип системи діагностики електротехнічного обладнання, орієнтований на виявлення ознак термічного перегріву, механічних пошкоджень, корозійного зносу та забруднення електричних контактів. У якості апаратної платформи обрано мікрокомп'ютер Raspberry Pi 4, який керує роботою відеокамери з роздільною здатністю 12 Мп, системою освітлення на основі світлодіодних модулів, а також здійснює обробку зображень із використанням бібліотеки OpenCV та глибоких моделей TensorFlow. Система функціонує у напівавтоматичному режимі, виконуючи захоплення зображень контрольованої зони за графіком або у відповідь на зовнішній тригер. Зібрані дані порівнюються з еталонною базою, на основі чого генеруються діагностичні висновки.

Результати експериментальних досліджень продемонстрували високу ефективність запропонованого підходу. Середній час обробки одного зображення не перевищував 0,6 с, а точність виявлення дефектів (випробувано на базі понад 1000 тестових зразків) становила понад 93 %. Зафіксовано зменшення часу виявлення потенційно небезпечних змін у стані обладнання на 30–50 % порівняно з традиційними методами контролю. Окрім того, застосування машинного зору дозволило знизити залежність від людського фактора та підвищити об'єктивність діагностики.

Системи машинного зору демонструють високий потенціал як інструмент цифрової діагностики стану електротехнічного обладнання. Їх впровадження сприяє розвитку концепцій Smart Maintenance та Predictive Diagnostics, що є складовими цифрової трансформації енергетичних підприємств. Подальші дослідження доцільно зосередити на масштабуванні систем для роботи в умовах електричних підстанцій, високовольтних щитів, а також на інтеграції з SCADA та IIoT-платформами для реалізації комплексного підходу до управління технічним станом електроустановок.

Список використаних джерел:

1. Computer Vision [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://library.huree.edu.mn/data/202295/2024-06-03/Computer%20Vision%20-%20Algorithms%20and%20Applications%202nd%20Edition,%20Richard%20Szeliski.pdf
2. Convolutional Neural Networks (CNN) — Architecture Explained [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://medium.com/@draj0718/convolutional-neural-networks-cnn-architectures-explained-716fb197b243.
3. Автоматизація та комп'ютерні технології систем управління : наук.- допом. бібліогр. покажч. / [упоряд.О. В. Олабоді] ; Нац. ун-т харч. технол., Наук.-техн. б-ка. – Київ, 2021. – 171 с.

УДК 621.88

Бойчук Я.Ю., студентка, 4 курс, гр. АТ-32
Ткачук А.Г., к.т.н., доцент
Янчук В.М., к.т.н., доцент
Державний університет «Житомирська політехніка»

СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ АВТОМАТОМ ДЛЯ ЗБОРУ І СОРТУВАННЯ ВИКОРИСТАНОЇ ТАРИ

Проблема поводження з відходами, особливо вживаною тарою, є одним із найзначущіших викликів сучасної екологічної політики. Автоматизація процесів збору, сортування та переробки пакувальних матеріалів допомагає зменшити навантаження на сміттєзвалища, підвищити ефективність сортування та створити економічно привабливі умови для повторного використання ресурсів. Впровадження автоматизованих приймальних станцій для тари, відомих як таромати, обладнаних інтелектуальними системами управління, суттєво покращує швидкість і точність обробки використаних упаковок, включаючи пластикові та скляні пляшки, банки тощо.

Ціль цього дослідження — розробка системи управління автоматом для збору та сортування тари, здатної ідентифікувати тип матеріалу, сортувати його за категоріями (такими як тип, об'єм або вага), а також накопичувати дані для подальшого аналізу. Запропонована система базується на застосуванні сенсорного обладнання, включаючи інфрачервоні та ультразвукові датчики, вагові модулі, камери машинного зору та мікроконтролер STM32, для реалізації логіки управління.

Архітектура системи складається з кількох ключових модулів: приймальної зони для тари, сенсорної області для визначення матеріалу, механізму сортування (такого як ротаційні або напрямні заслінки), контейнерів для збору матеріалів і блоку взаємодії з користувачем (екран, QR-код або зчитувач штрих-коду). Програмне забезпечення побудоване на мові програмування C для мікроконтролера та Python для аналізу зображень з камер. Основний алгоритм керування передбачає послідовне визначення типу матеріалу на основі оптичних властивостей, аналіз геометричних параметрів тари, розпізнавання маркування і відповідне керування сортувальними компонентами згідно зі встановленими правилами.

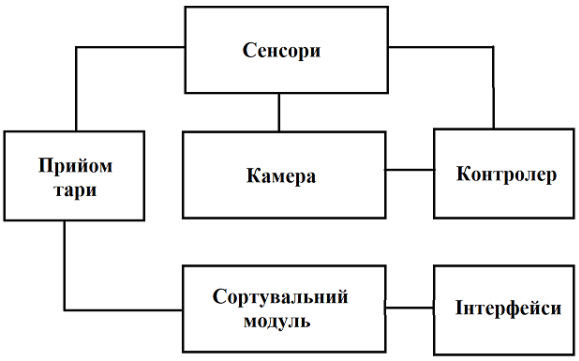

Рис. 1. Функціональна структура

Лабораторні експерименти довели, що точність класифікації тари перевищує 92% за умови належного позиціонування об'єктів. Час обробки однієї одиниці тари не перевищує 1,2 секунди. Також реалізовано функцію накопичення даних у базі для моніторингу кількості зданої користувачами тари, що дає змогу інтегрувати систему в програми бонусного або компенсаційного характеру (наприклад, повернення коштів за тару чи винагорода за екологічну активність).

Запропонована система управління автоматом для збору та сортування може стати важливим елементом міської інфраструктури роздільного збору відходів. Вона здатна не лише підвищити рівень повторного використання матеріалів, а й сприяти екологічній свідомості населення. Подальші розробки передбачають масштабування системи до промислового рівня, інтеграцію в міські «розумні» екосистеми (Smart City) та впровадження повністю автоматизованої логістики для збору й обробки використаної тари.

Список використаних джерел:

1. Redmon J., Farhadi A. YOLOv4: Optimal Speed and Accuracy of Object Detection. arXiv preprint, 2020.

УДК 004.8

Бобков Я.А., магістрант, група АТ-29м,
Покляченко О.В., ст. викл.
Добржанський О.О., к.т.н., доцент
Державний університет «Житомирська політехніка»

ПЕРСПЕКТИВИ СУМІСНОГО ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ШІ ТА ТРАДИЦІЙНИХ ПЛК У СФЕРІ ТЕПЛОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

У сучасних умовах, коли енергетичні та екологічні проблеми загострюються, а традиційні методи та рішення втрачають ефективність, підвищення енергоефективності та забезпечення стійкості енергетичних систем стають пріоритетними завданнями. Зокрема, у сфері опалення та теплопостачання необхідно впроваджувати інноваційні технології для підвищення ефективності та екологічної безпеки.

Одним із ключових підходів у цьому напрямку є використання штучного інтелекту в системи малої автоматизації, що сприятиме підвищенню їхньої автономності та гнучкості. Основою для реалізації таких рішень можуть стати програмовані логічні контролери (ПЛК), які забезпечують високий рівень керованості та адаптивності технологічних процесів.

Завдяки поєднанню сучасних інформаційних технологій із швидким розвитком моделей штучного інтелекту значно розширюються можливості автоматизованого управління та аналізу даних, що має важливе практичне значення. Зокрема, системи автоматизації на основі програмованих логічних контролерів (ПЛК) та елементів ШІ дозволяють модернізувати традиційні опалювальні системи, перетворюючи їх на гнучкі та енергоефективні рішення.

Використання штучного інтелекту забезпечує не лише автономність та адаптивність таких систем, а й підвищує рівень контролю за їхньою роботою. Завдяки активному моніторингу стану обладнання можливе оперативне виявлення змін та своєчасне коригування параметрів, що сприяє оптимізації процесів і підвищенню ефективності функціонування всієї системи.

Елементи ШІ базуються на використанні машинного навчання, нейронних мереж, алгоритмів оптимізації та інших методів, що дозволяють моделювати складні когнітивні процеси. Традиційні елементи автоматики на базі ПЛК охоплюють автоматизоване управління, дистанційне керування, технологічний захист, терморегулювання, блокувальні механізми та систему сигналізації. Автоматичне регулювання забезпечує стабільне функціонування безперервних процесів у теплових системах, зокрема горіння, перегріву води тощо. Використання можливостей ШІ у таких системах сприяє підвищенню рівня моніторингу та контролю безпеки, а також забезпечує автономне формування звітності щодо роботи обладнання. Використання ШІ дозволяє оптимізувати технологічні процеси, зменшити вплив людського фактору та підвищити ефективність експлуатації теплових установок.

Автоматизація параметрів з інтегрованим ШІ ймовірно надає значні переваги:

1) забезпечує скорочення людського фактору та необхідності контролю системи;
2) збільшується процент моніторингу за системою;
3) підвищується точність підтримки параметрів нагрітої води;
4) підвищує безпеку і надійність обладнання;
5) підвищується ККД системи.

Розробка та впровадження системи автоматизації для теплотехнічних систем з використанням штучного інтелекту та програмованих логічних контролерів має мати за мету оптимізацію роботи і підвищення ефективності теплотехнічної системи. Предметом дослідження слід обрати процес розробки, аналізу та моделювання системи автоматизації для теплотехнічної системи з використанням штучного інтелекту, вибір та інтеграцію необхідних компонентів, розробку алгоритмів керування, створення програмного забезпечення, плану впровадження та налагодження системи.

Важливим аспектом дослідження є оптимізація функціонування теплотехнічних систем шляхом впровадження автоматизованого управління. Це передбачає розробку та реалізацію алгоритмів, що враховують широкий спектр факторів, зокрема зовнішню температуру, індивідуальні потреби мешканців, наявність і якість енергоносіїв тощо. Якраз цей аспект пропонується забезпечити за рахунок впровадження блоку ШІ аналізу та корекції.

Список використаних джерел:

1. Implementation of Artificial Intelligence in Modular Boiler Automation. – White Paper, Omron Corporation. – 2023.

2. Василенко О. С., Дяченко П. Ю. Штучний інтелект у керуванні тепловими процесами // Науково-технічний журнал «Автоматизація технологічних процесів». – 2022.

УДК 681.5

Ільїнський А.Ю., магістрант, група АТ-29м
Добржанський О.О., к.т.н., доцент
Державний університет «Житомирська політехніка»

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПЕРЕРОБКИ ПЛАСТИКОВИХ ВІДХОДІВ У ФІЛАМЕНТ ДЛЯ ПРИСТРОЇВ 3D-ДРУКУ

В сучасному світі проблема утилізації пластикових відходів набуває все більшої актуальності. Згідно з дослідженнями, щорічно у світі виробляється понад 300 мільйонів тонн пластику, значна частина якого після використання стає відходами, що забруднюють довкілля. Пластикові відходи негативно впливають на екосистеми, здоров'я людей та тварин, а також спричиняють значні економічні втрати. Незважаючи на глобальні зусилля щодо переробки та спалювання пластикових відходів, лише 9% з них переробляється, а 12% спалюється, що призводить до потрапляння 79% пластикових відходів в океани, на звалища та інші природні середовища. Щорічно, за підрахунками, близько 12 мільйонів тонн пластику опиняється в океанах. Токсичність пластикових відходів може тривати від сотень до тисяч років: волосінь зберігається 600 років, пластикові пакети – 20 років, пляшки з-під напоїв – 450 років, пластикові стаканчики – 50 років, а недопалки – 5 років. Це спричиняє значну шкоду навколишньому середовищу, забруднюючи водні джерела, орні землі та потрапляючи в харчовий ланцюг. 3D-друк має значний потенціал для впровадження принципів циклічної економіки завдяки зменшенню споживання первинних матеріалів, використанню перероблених матеріалів, оптимізації процесів проєктування та виробництва, а також сприянню місцевому та децентралізованому виробництву.

На тлі цих проблем все більше уваги приділяється розробці ефективних методів переробки вторинного пластику та його повторного використання. Одним з перспективних напрямків який набирає розголос є переробка пластику у філамент для 3D-принтерів. Адитивне виробництво, або 3D-друк, стає все більш популярним у різних галузях, включаючи промисловість, медицину, освіту та побутове використання. Виробництво філаменту з вторинного пластику не тільки сприяє зменшенню кількості відходів, але й дозволяє створювати нові матеріали з високою доданою вартістю.

Автоматизація цього процесу є важливим кроком до підвищення ефективності та зниження витрат на виробництво. Автоматизовані системи дозволяють оптимізувати процеси сортування, очищення, подрібнення та екструзії пластику, забезпечуючи стабільну якість кінцевого продукту. Крім того, автоматизація сприяє зменшенню енергоспоживання та мінімізації людського втручання, що підвищує безпеку виробничих процесів. Мета досліджень щодо заявленої тематики полягає у розробці та впровадженні автоматизованої системи переробки вторинного пластику у філамент для 3D-принтерів. У ході дослідження необхідно розглянути сучасні технології переробки пластику, розроблені технічні вимоги до автоматизованої системи, створено прототип виробничої лінії та проведені експериментальні випробування. Для досягнення поставленої мети передбачається вирішення наступних завдань:

1. Аналіз сучасних тенденцій та вимог. Провести аналіз сучасних тенденцій у галузі автоматизації процесів переробки пластику, визначити основні вимоги до системи автоматизації екструдера для виготовлення 3D-філамента з огляду на ефективність, надійність та сталість.
2. Вибір компонентів системи. Вибрати та обґрунтувати компоненти системи автоматизації, включаючи програмовані логічні контролери, датчики температури, швидкості подачі матеріалу, діаметру філамента, а також виконавчі механізми для управління екструзією.
3. Розробка алгоритмів керування. Розробити алгоритми автоматичного керування, моніторингу та оптимізації процесу екструзії, забезпечити адаптацію до різних видів пластикових матеріалів та умов роботи.
4. Реалізація програмного забезпечення. Розробити програмне забезпечення для програмованих логічних контролерів із використанням сучасних програмних інструментів та мов програмування, а також графічний інтерфейс для візуального контролю параметрів процесу.
5. Теоретична реалізація. Провести теоретичну реалізацію розроблених алгоритмів та програмного забезпечення на віртуальних моделях екструдера для оцінки їхньої ефективності та працездатності.
6. Аналіз результатів та висновки. Провести аналіз отриманих результатів теоретичної реалізації, зробити висновки про можливість практичного застосування розробленої системи.

Список використаних джерел:

1. Соколов В. В. Системи автоматизації у виробничих процесах. – Львів: Видавництво ЛНУ, 2021.
2. Smith J., Brown T. Advances in polymer extrusion for 3D printing filament production // Materials Science Journal, 2020.

УДК 681.5

Ненько О.В., студентка, 3 курс, гр. ЗЕТ-1
Ткачук А.Г., к.т.н., доцент
Ткачук Д.Ю., асистентка
Державний університет «Житомирська політехніка»

ЗАСТОСУВАННЯ SCADA-СИСТЕМ У МОНІТОРИНГУ ТА АВТОМАТИЗОВАНОМУ УПРАВЛІННІ ЕНЕРГЕТИЧНИМИ ОБ'ЄКТАМИ

У сучасній енергетичній галузі цифрові технології відіграють дедалі важливішу роль, виступаючи інструментом підвищення надійності, енергоефективності та керованості технологічних процесів. Одним із ключових засобів цифрової трансформації енергетичних об'єктів є SCADA-системи (Supervisory Control and Data Acquisition), що забезпечують централізований моніторинг, диспетчерське керування, аналіз технологічних параметрів у реальному часі, а також підтримку прийняття оперативних рішень на основі великого обсягу даних.

SCADA-системи впроваджуються в широкому спектрі об'єктів – від локальних трансформаторних підстанцій і розподільчих мереж до промислових енергетичних вузлів, котелень та автономних систем електропостачання. Архітектура типових SCADA-систем є багаторівневою і включає: польовий рівень (датчики, виконавчі механізми, логічні контролери), середній рівень (RTU/PLC – пристрої збору, обробки та передавання даних) і верхній рівень (серверна частина, HMI – інтерфейс оператора, база даних, аналітичні модулі, засоби інтеграції з іншими інформаційними платформами).

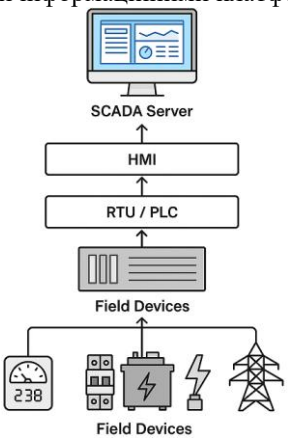

Рис. 1. Схема архітектури SCADA-системи, яка відображає її ключові компоненти

У рамках проведеного дослідження розроблено та апробовано програмно-апаратний стенд SCADA-системи для моніторингу енергетичних параметрів локального об'єкта. Основу комплексу складають контролер Siemens S7-1200, сенсорна панель оператора (HMI), а також середовище розробки TIA Portal, що забезпечує гнучке налаштування алгоритмів та візуалізацію даних. Реалізована система виконує функції контролю напруги, струму, частоти, температури обладнання, стану резервного живлення, а також фіксує обсяг споживаної енергії. Додатково передбачено модуль архівації, дистанційного керування навантаженням і автоматичного увімкнення резерву в разі зникнення напруги основного джерела.

Результати тестування підтвердили стабільну роботу комплексу з високою точністю вимірювання (похибка не перевищує ±1,5 %), швидкістю реагування на події менше 200 мс і здатністю обробляти понад 100 змінних у режимі реального часу. Експлуатаційні випробування показали, що впровадження SCADA-моніторингу знижує середній час виявлення та ліквідації порушень у 3,5 раза, а витрати на обслуговування енергетичного об'єкта можуть бути зменшені до 20 %.

SCADA-технології є ключовими елементами автоматизованого управління енергетикою, сприяючи підвищенню надійності систем, зниженню втрат та інтеграції енергетичних об'єктів у єдині інформаційно-керуючі платформи. Перспективними напрямами розвитку є хмарні SCADA-системи, інтеграція з модулями предиктивної аналітики та впровадження штучного інтелекту для підтримки стратегічного енергоменеджменту.

Список використаних джерел:

1. SCADA [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.iqytechnicalcollege.com/Scada_%20Supervisory%20Control%20And%20Data%20Acquisition.pdf

УДК 681.5

Москаленко М.Ю., магістрант, група АТ-29м,
Покляченко О.В., ст. викл.
Добржанський О.О., к.т.н., доцент
Державний університет «Житомирська політехніка»

ДОСЛІДЖЕРННЯ ШЛЯХІВ ОПТИМІЗАЦІЇ РОБОТИ ЦИРКУЛЯЦІЙНОГО НАСОСУ

Циркуляційні насоси набувають все більшого застосування в побуті за останні роки. А зумовлено це тим, що вони доволі надійні та ефективні за своїм призначенням. Перші насоси з'явилися ще у стародавні часи. Вони зазвичай працювали за принципом механічної дії на рідину, використовуючи людську силу, або силу тварин. Але перший циркуляційний насос, який працював за принципом використання обертового руху, для перекачування рідини винайшли лише у 17-18 столітті. Вже з появою електродвигунів у 19 столітті, циркуляційні насоси почали вдосконалюватися. Вони стали більш ефективними та потужнішими. Електродвигуни дозволили автоматизувати роботу насосів і почали забезпечувати більш високу продуктивність.

У сучасному світі насос став невід'ємною частиною діяльності людини. Він має широкий спектр та галузь застосування включаючи промисловість, будівництво, комерційну та житлову нерухомість, системи опалення та охолодження, водопостачання, а також енергетичну промисловість.

Маючи такий широкий спектр використання, можна дійти до висновку, що прогрес у розробці насосів не стоїть на місці, і саме тому насосні установки потрібно вдосконалювати для більш раціонального та економічного їх використання.

Основними критеріями автоматизації циркуляційного насосу є наступні його параметри: керування та регулювання потоку, автоматичне вимкнення/увімкнення, моніторинг та діагностика роботи, енергоефективність та захист від перенавантаження чи аварій.

Доцільно виконати дослідження щодо розробки стенду циркуляційного насосу і впровадження системи автоматизованого вимірювання затраченої потужності та витрати води в системі водопостачання; виконання автоматизованого керування механізмом управління за допомогою комп'ютерних систем та управління мікроконтролером; зчитування даних та їх перенесення на накопичувач даних; моніторинг даних в режимі реального часу. Для досягнення поставленої мети передбачається вирішення наступних завдань: 1) Забезпечити вимірювання перепаду тисків між напірним та всмоктуючим патрубками циркуляційного насосу. 2) Забезпечити вимірювання продуктивності та витрати рідини яку перекачує насос. 3) Вимірювання температури, тиску в системі автоматизації. 4) Забезпечити управління 2-ходовим клапаном. 5) Вибір компонентів системи. Вибрати та обґрунтувати компоненти системи автоматизації, включаючи насос, датчики температури, тиску та інші вимірювальні пристрої, а також виконавчий механізм. 6) Розробка алгоритмів керування. Розробити алгоритми автоматичного керування, моніторингу та оптимізації роботи стенду циркуляційного насосу, забезпечити адаптацію до різних умов експлуатації. 7) Реалізація програмного забезпечення. Розробити програмне забезпечення для мікроконтролера використовуючи мову програмування. 8) Теоретична реалізація. Провести теоретичну реалізацію розроблених алгоритмів та програмного забезпечення на віртуальних моделях модульної котельні для оцінки їхньої ефективності та працездатності. 9) Аналіз результатів та висновки. Провести аналіз отриманих результатів ході практичного експерименту. На основі отриманих даних зробити висновок по роботі автоматизованої системи та обґрунтувати її подальше використання в побуті та на підприємствах.

Підсумовуючи вище сказане, система, в якій встановлено циркуляційний насос і існує можливість зміни потоку використовуючи заслінку, може мати як позитивні так і негативні показники ефективної роботи. Потрібно враховувати, яка система потребує зменшення потоку, і чи не буде для даної системи зміна потоку нести негативні наслідки. Тому при виборі насосу, потрібно враховувати його характеристики та підібрати правильні компоненти для системи автоматики, з метою забезпечити її стабільну та безвідмовну роботу.

Список використаних джерел:

1. Теоретичні основи циркуляційних насосів [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://theengineeringmindset.com/circulating-pump-basicshow-a-pump-works-hvac-heating-pump-working-principle/

2. Теоретичні основи датчика тиску [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://my.avnet.com/abacus/solutions/technologies/sensors/pressuresensors/media-types/water/

УДК 681.5

Кучинський А.Л., магістрант, група АТ-29м,
Добржанський О.О., к.т.н., доцент
Державний університет «Житомирська політехніка»

АВТОМАТИЗАЦІЯ ЛОГІСТИЧНИХ ПОТОКІВ У ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ ПРОМИСЛОВОЇ ОБРОБКИ СКЛА

Промислові системи обробки скла є комплексними структурами, які включають в себе різноманітні компоненти та підсистеми, такі як обладнання – столи різки скла, мийки, обробка кромки, складання склопакетів, гартування, ламінування та інші; безпосередньо система управління – за допомогою системи управління виконується прийом та обробка замовлень, контроль залишків матеріалів, підготовка робочого завдання на виробництво, моніторинг ходу виробництва та планування відвантаження готової продукції.

Деякі системи включають фінансовий (управлінський) облік, розрахунок вартості замовлень, собівартості на основі обліку вартості всіх компонентів – комплектуючі, брак, оплата праці, відхід на різних процесах, транспортування та інші.

В якості предмету дослідження доцільно розглянути такий функціонально-зв’язаний перелік напрямів автоматизації: розробка та впровадження системи автоматизації для логістичного керування переміщенням внутрішньо-цехової транспортуючої арфа піраміди між виробничими ділянками з використанням програмованих логічних контролерів з метою оптимізації роботи та підвищення ефективності управління технологічним та логістичним потоком.

З огляду на це важливим є процес розробки та імплементації системи автоматизації для управління логістичним потоком транспортуючих арфа пірамід. Це включає в себе вибір та інтеграцію необхідних компонентів, розробку алгоритмів керування, підготовку даних запевним стандартом для передачі до системи управління виробництвом, та навпаки, отримання даних з системи управління.

Отже, об’єкт та предмет дослідження, що включають в себе аналіз, проектування та реалізацію системи автоматизації для внутрішньо-цехової логістики транспортуючої арфа піраміди для скла, спрямовані на підвищення ефективності технологічного та логістичного потоку в технологічному процесі промислової обробки скла.

Рис. 1. Транспортуюча арфа-піраміда

Арфа-піраміда в цеху скла - це спеціальна конструкція для зберігання, сортування та переміщення скляних виробів. Її основна функція - забезпечення безпечного та зручного транспортування та розміщення скла, особливо тих, що мають невеликий формат. Піраміда виготовляється з металевого каркасу, часто обшитого дерев'яними або гумовими елементами для захисту скла від пошкоджень. Арфа-піраміди широко використовуються в цехах скляного виробництва для перевезення та зберігання скла між різними стадіями виробництва, а також для зберігання скла на складах та в процесі формування замовлень. Доцільним є розв'язання наступних задач: 1) Провести аналіз сучасних тенденцій у галузі автоматизації промислової переробки скла. 2) Вибрати та обґрунтувати компоненти системи автоматизації, включаючи програмовані логічні контролери, датчики, інші компоненти. 3) Розробити алгоритми керування, моніторингу та взаємодії з об’єктом автоматизації. 4) Розробити програмне забезпечення для програмованих логічних контролерів.

Такий підхід дозволить здійснити комплексний аналіз та тестування системи автоматизації на етапі теоретичної реалізації, що підготує шлях для її подальшої практичної реалізації та впровадження.

Список використаних джерел:

1. Сміт Дж. Програмовані логічні контролери в системах автоматизації.
2. Андерсон К. Програмування ПЛК.

УДК 621.039.7

Грицький-Дорощук В.С., студент, 3 курс, гр. ЗЕТ-1
Ткачук А.Г., к.т.н., доцент
Крижанівська І.В., к.т.н., доцент
Державний університет «Житомирська політехніка»

АВТОМАТИЗОВАНЕ КЕРУВАННЯ АВАРІЙНИМИ РЕЖИМАМИ В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ СЕРЕДНЬОЇ НАПРУГИ

Надійність електропостачання є одним із ключових показників ефективності функціонування сучасних енергетичних систем. Особливо це актуально для мереж середньої напруги (6–35 кВ), які забезпечують енергозабезпечення промислових підприємств, житлових масивів та критичної інфраструктури.

Виникнення аварійних режимів — таких як короткі замикання, перевантаження, порушення ізоляції або механічні пошкодження ліній — може спричинити масштабні відключення споживачів, тривалі перерви в енергопостачанні та значні економічні втрати. У зв'язку з цим особливого значення набуває питання автоматизації процесів виявлення, локалізації, ізоляції аварій та відновлення нормального режиму роботи мережі.

Автоматизовані системи керування аварійними режимами (СКАР) покликані забезпечити високу швидкість реагування на порушення в мережі та мінімізацію втручання персоналу. Основними функціональними компонентами таких систем є мікропроцесорні пристрої релейного захисту та автоматики (РЗА), цифрові трансформатори струму (ТС) та напруги (ТН), пристрої збору телеметричної інформації, а також програмні засоби аналізу та прийняття рішень. Істотну роль відіграють інтелектуальні електронні пристрої (IED), які здійснюють локальну обробку сигналів, реалізують алгоритми захисту, АПВ (автоматичного повторного включення), АВР (автоматичного введення резерву), логічної селекції та передають дані до SCADA- або DMS-платформ. Системи диспетчерського керування такого типу дозволяють візуалізувати стан мережі, аналізувати розвиток аварій та автоматизувати процеси комутації у реальному часі.

У рамках проведеного дослідження запропоновано архітектуру СКАР для мереж середньої напруги з використанням мікропроцесорного захисту типу РЗА-35, оснащеного модулями диференційного захисту, логікою вибору резервного живлення та адаптивним АПВ. Застосовано підхід, за яким кожен елемент мережі — підстанція, лінія або вузол навантаження — є окремою автоматизованою одиницею, що функціонує як частина інтегрованої системи.

На основі телеметричних даних про параметри струму, напруги, частоти та фазового зсуву виконується оцінка стану елементів мережі, а при виявленні аномалії автоматично формується команда на відключення аварійної ділянки та введення резерву.

Математичне та імітаційне моделювання системи виконано у середовищі MATLAB/Simulink з використанням пакета Simscape Power Systems. Змодельовано ряд типових аварійних ситуацій, включаючи однофазне та трифазне коротке замикання, обрив фази, несиметричне навантаження та перенавантаження трансформаторів. Оцінено динаміку параметрів системи, час реакції захисту, тривалість знеструмлення та ступінь відновлення живлення після втручання автоматизованої системи.

Результати моделювання продемонстрували, що застосування запропонованої архітектури дозволяє скоротити середній час відновлення енергопостачання на 40–60 % у порівнянні з ручним або напівавтоматичним управлінням. Кількість відключених споживачів у середньому зменшувалася у 1,8 раза, а загальний коефіцієнт готовності системи до аварій зростав на 15–20 %. Отже, впровадження автоматизованих систем керування аварійними режимами у мережах середньої напруги є необхідною умовою формування надійної, адаптивної та безпечної інфраструктури сучасної цифрової енергетики.

Подальші дослідження доцільно зосередити на створенні інтелектуальних прогнозуючих алгоритмів для раннього виявлення ознак аварійних станів, інтеграції з технологіями штучного інтелекту, а також кіберзахисті каналів керування в умовах цифровізації енергетичних об'єктів.

Список використаних джерел:

1. Автоматизація електропостачання [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://vukladach.pp.ua/MyWeb/manual/%D0%B5lektroenergetuka/Avtomotuzacia_tehnologihnuh_procesiv_i_sustemu_avtomatuhnogo_keryvanna/7/7.1.htm

УДК 681.5

Білоусов Д.О., магістрант, група АТ-29м
Добржанський О.О., к.т.н., доцент
Державний університет «Житомирська політехніка»

НОВІ ПІДХОДИ ОГРАНІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПАКУВАННЯ ПРОДУКЦІЇ

Пакування продукції відіграє ключову роль у збереженні якості товарів, їх транспортуванні та маркетинговому позиціонуванні. Сучасні тенденції у сфері пакування спрямовані на підвищення екологічності, функціональності та інтеграцію цифрових технологій. У цій статті розглядаються новітні розробки та підходи до пакування продукції, що формують майбутнє галузі. Одним із головних напрямків розвитку пакувальної індустрії є використання біорозкладних та компостованих матеріалів. Наприклад, рослинні біополімери та паперові альтернативи набувають популярності завдяки їхній здатності до природного розкладання. Використання RFID-міток та смарт-етикеток дозволяє покращити простежуваність товарів та забезпечити автентифікацію продукції. Крім того, нанотехнології у пакуванні сприяють підвищенню захисту від підробок.

Сучасні пакувальні рішення орієнтовані на зменшення використання матеріалів без втрати захисних властивостей. Це сприяє зниженню витрат та екологічному впливу. Інноваційними матеріалами та технологіями у пакувальному виробництві вважаються такі: використання біорозкладних пластиків – спеціальних пластиків, створених на основі кукурудзяного крохмалю або цукрової тростини; застосування активного пакування – пакування, що містить компоненти, що продовжують термін зберігання продуктів; використання наноматеріалів – новітні матеріали з особливими зв’язками та властивостями на мікрорівні можуть забезпечити додатковий захист від зовнішніх факторів.

Попри значний прогрес, галузь пакування стикається з такими викликами: висока вартість екологічних матеріалів, необхідність адаптації виробничих процесів, регуляторні вимоги щодо безпеки та утилізації пакувальних матеріалів.

Новітнє пакувальне обладнання спрямоване на автоматизацію, екологічність та гнучкість. Впровадження роботизованих систем, інтелектуального управління та модульних рішень дозволяє виробникам підвищити ефективність та відповідати сучасним вимогам ринку. Сучасні машини для пакування порошкових продуктів, такі як Oral Dosage Powder Packaging Machines, забезпечують автоматичне дозування, герметизацію та маркування порошкових речовин у різних форматах (саше, пакети, контейнери). Вони широко використовуються у фармацевтичній, харчовій та нутрицевтичній промисловості. Компанія Asahi Beverages запустила нову $60-мільйонну лінію для пакування напоїв у банки. Це високотехнологічне обладнання здатне виробляти до 400 мільйонів банок на рік, що відповідає зростаючому попиту на алюмінієві банки замість скляних пляшок. У 2025 році автоматизовані системи наповнення, закупорювання та маркування стають все більш інтелектуальними та автономними. Новітнє обладнання дозволяє легко адаптуватися до різних розмірів продуктів, форм контейнерів та типів закупорювання. Це особливо корисно для малих та середніх підприємств, які хочуть швидко змінювати виробничі параметри без значних інвестицій у нові машини.

Роботи відіграють ключову роль у сучасному пакуванні продукції, забезпечуючи автоматизацію, точність та ефективність виробничих процесів. Роботи використовуються для швидкого та точного розміщення продуктів у упаковку (Pick-and-Place - Захоплення та розміщення). Це особливо важливо, коли необхідно обробляти великі обсяги продукції з мінімальним ризиком пошкодження. Наприклад, роботизовані системи FANUC можуть автоматично розміщувати салямі, печиво або овочі у пакети, використовуючи комп'ютерний зір для точного позиціонування. Роботи широко використовуються для автоматичного укладання коробок на палети, що значно зменшує фізичне навантаження на працівників та підвищує швидкість процесу. Роботи також виконують денестинг – це видалення пустої упаковки зі стосу, та депанінг – виймання готових продуктів із форм. Сучасні роботи оснащені штучним інтелектом, що дозволяє їм адаптуватися до змін у виробничому процесі та оптимізувати розміщення продукції

Новітні підходи у пакуванні продукції спрямовані на підвищення екологічності, функціональності та цифрової інтеграції. Використання біорозкладних матеріалів, смарт-технологій та мінімалістичних рішень формує майбутнє галузі. Водночас необхідно вирішити питання вартості, адаптації виробничих процесів та регуляторних вимог для успішного впровадження інновацій.

Список використаних джерел:

1. Клепач М. І., Кутя В. М. Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології – Рівне: НУВГП, 2019.

УДК 002.53

Дячук Д.А., магістрант, група АТ-29м,
Неведров Є.С., керівник ТОВ «ЄСТ»,
Добржанський О.О., к.т.н., доц.
Державний університет «Житомирська політехніка»

РЕЄСТРАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У ХМАРНИХ СХОВИЩАХ: СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

Збереження та аналіз технологічних параметрів технічних систем у хмарних сховищах є важливим аспектом сучасної автоматизації та цифровізації виробництва. Використання хмарних технологій дозволяє забезпечити централізоване управління даними, швидкий доступ до інформації та оптимізацію процесів.

Основні технології хмарного зберігання даних: об'єктне сховище даних (використовується для збереження великих обсягів неструктурованих даних, таких як лог-файли, відео та сенсорні показники, наприклад, Google Cloud Storage пропонує оптимальні рішення для збереження та аналізу даних); розподілені бази даних (використання NoSQL-баз, таких як MongoDB Atlas або Amazon DynamoDB, дозволяє ефективно зберігати та обробляти великі масиви технологічних параметрів у реальному часі); інтеграція з IoT-платформами (хмарні сховища активно використовуються для збереження даних, отриманих від інтернету речей, наприклад, IBM Cloud пропонує рішення для збереження та аналізу даних з промислових датчиків).

Практичні застосування накопичених технологічних даних може полягати в такому: моніторинг виробничих процесів (хмарні сховища дозволяють зберігати дані про стан обладнання та аналізувати їх для прогнозування несправностей); оптимізація енергоспоживання (використання хмарних технологій допомагає аналізувати споживання енергії та коригувати параметри роботи технічних систем); автоматизація управління (інтеграція хмарних сховищ із системами управління виробництвом дозволяє автоматично коригувати параметри роботи обладнання).

З іншого боку, попри значні досягнення, реєстрація технологічних параметрів у хмарних сховищах стикається з низкою викликів таких як: безпека даних – необхідність захисту виробничих систем від кібератак; сумісність – інтеграція хмарних рішень з існуючими технічними системами може вимагати значних змін у програмному забезпеченні; навчання персоналу – необхідність підготовки інженерів до роботи з новими технологіями.

У майбутньому очікується подальший розвиток технологій, зокрема вдосконалення алгоритмів машинного навчання для аналізу технологічних параметрів та розширення можливостей хмарних платформ.

Розглянемо приклад пропозиції на ринку хмарних систем, яку при мінімальних витратах можливо застосувати на промисловому підприємстві з метою організації реєстрації технологічних параметрів. Google Cloud пропонує широкий спектр можливостей для збереження та аналізу технологічних параметрів технічних систем у хмарних сховищах. Сервіс пропонує доступні безкоштовні плани. Cloud Storage – надійне сховище для великих обсягів даних, включаючи лог-файли та сенсорні показники. BigQuery – аналітична платформа для обробки великих масивів даних у реальному часі. IoT Core – рішення для збору та управління даними з промислових датчиків. Cloud Pub/Sub – сервіс для потокової передачі даних між системами. Cloud Functions – автоматизація обробки даних та інтеграція з іншими сервісами. Google Cloud пропонує безкоштовний рівень (Free Tier), який включає: 5 ГБ стандартного сховища Cloud Storage щомісяця, 1 ТБ запитів у BigQuery щомісяця, 2 мільйони запитів у Cloud Run щомісяця, 120 хвилин збірки в Cloud Build щодня, 10 ГБ повідомлень у Pub/Sub щомісяця, крім того, нові користувачі отримують $300 кредиту на 90 днів для тестування платформи.

Таким чином, реєстрація технологічних параметрів у хмарних сховищах відкриває нові можливості для автоматизації виробництва, підвищення ефективності та зменшення витрат. Сучасні розробки, такі як Google Cloud Storage, IBM Cloud та MongoDB Atlas, демонструють значний потенціал цієї технології. Однак для її успішного впровадження необхідно вирішити питання безпеки, сумісності та навчання персоналу.

Список використаних джерел:

1. Design an optimal storage strategy for your cloud workload [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://cloud.google.com/architecture/storage-advisor

2. Free cloud features and trial offer [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://cloud.google.com/free/docs/free-cloud-features

УДК 644.6

Кучер Н.В., вчитель фізики
Відокремлений підрозділ «Науковий ліцей» Державного університету «Житомирська політехніка»
Підтиченко О.В., ст. викл.
Державний університет «Житомирська політехніка»
Щербань А.І., учень 10-Д групи
Відокремлений підрозділ «Науковий ліцей» Державного університету «Житомирська політехніка»

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ПІДІГРІВОМ ҐРУНТУ ДЛЯ МІНІТЕПЛИЦЬ

Для існування та росту рослинам необхідні певні сприятливі кліматичні умови, адже гарний врожай прагнуть отримати не лише приватні домоволодіння, а й фермери, які вирощують овочі для продажу та отримання прибутку. Такі умови можуть бути забезпечені у теплицях. За рахунок вирощування рослин в теплиці можна споживати свіжі фрукти та овочі протягом усього року, не чекаючи весни чи літа, а також вирощувати рослини в країнах, де кліматичні умови є несприятливими. В наш час багато людей займаються вирощуванням різноманітних плодово-овочевих або декоративних рослин в домашніх умовах (на балконах, присадибних ділянках тощо). Для цього створюються міні-теплиці, часто саморобні. Тим не менше, створення таких міні-теплиць для вирощування рослин потребує також і створення відповідних систем керування параметрами їх роботи, адже ручне неавтоматизоване керування вимагає постійної участі людини-оператора в процесі керування, займає значний час та може бути не точним. З іншої сторони, використання готових рішень часто є досить вартісним. Тому актуальним питанням є створення простих та дешевих рішень для автоматизації керування міні-теплицями, в тому числі власного виготовлення, які можуть використовуватися у приватних господарствах. Дана робота присвячена питанню автоматизованого керування одним із важливих параметрів у міні-теплицях – температурою ґрунту, що покращує умови вирощування.

Одним із простих та дешевих підходів до побудови простих систем керування, в тому числі для власних потреб приватних осіб, який набув останній час широкого поширення, є побудова пристроїв та систем керування на основі популярної модульної мікропроцесорної платформи Arduino. В даній роботі для реалізації автоматизованого керування температурою ґрунту міні-теплиці обрано саме цю апаратно-програмну платформу. Платформа Arduino на сьогоднішній день користується великою популярністю завдяки зручності і простоті мови програмування, відкритій архітектурі, великій множині існуючих апаратних модулів та наявних програмних бібліотек, що значно заощаджує час для розробки систем та написання програм.

Сказане визначило **мету** даної роботи, якою є створення макету системи автоматизованого керування температурою ґрунту для міні-теплиць на базі платформи Arduino, що дозволяє виконувати підігрів ґрунту невеликих за площею теплиць, що можуть використовуватися для приватних господарств.

Для досягнення вказаної мети виконано розробку конструкції установки, визначено склад керованих та контрольованих параметрів, розроблено функціональну схему автоматизації із вказанням контурів керування (рис. 1). Установка реалізує автоматизоване керування температурою ґрунту в міні-теплиці шляхом зчитування даних з датчиків температури та, при необхідності, за допомогою насосів, комутованих двома реле, подачі гарячої води по трубкам, прокладеним всередині ґрунту, для підігріву двох секцій теплиці. Температура, до якої потрібно гріти ґрунт, встановлюється на пульті керування.

В установці реалізоване керування трьома параметрами – температурою води (теплоносія) у баку, а також двома температурами у зонах ємності для ґрунту міні-теплиці. Макет ємності для ґрунту (об’єкт керування) має дві зони. Розділення теплиці на 2 зони демонструє ідею керування теплицями різних площ (коли це можливо реалізувати засобами локального керування, тобто за допомогою одного контролера). Для достовірності зчитування поточного значення керованого параметру температури в межах кожної зони передбачено встановлення декількох датчиків ТЕ, розподілених по площі зони (у створеному макеті їх взято в кількості три штуки), значення яких усереднюються. Керування температурами ділянок (зон) ґрунту забезпечується логікою керування ТС шляхом порівняння поточного значення із заданим та прийняття рішення – вівмкнення/вимкнення прокачування підігрітої води насосами за релейним законом керування. Керування температурою теплоносія (води) виконується контролером ТС шляхом підігрівання ТЕНами. Також передбачено контроль на предмет аварійної ситуації – відсутності чи витоку теплоносія у системі (за рахунок граничного датчика рівня рідини LE), за що відповідає головний рівень керування. В разі недостатнього рівня води в ємності, всі виконавчі механізми в системі вимикаються.

Для побудови системи керування виконано вибір необхідного обладнання (датчиків, виконавчих механізмів, елементної бази контролера), розроблено структурну схему системи керування (рис. 2) та електричну принципову схему системи керування. Основну керуючу функцію виконує контролер на платі Arduino Mega. Для введення значень параметрів та спостереження за процесом роботи стенду передбачено

пульт керування, реалізований за допомогою LCD Keypad Shield. Живлення ТЕНів виконується за допомогою чотирьох блоків живлення з метою відсутності використання небезпечного рівня напруги промислової мережі.

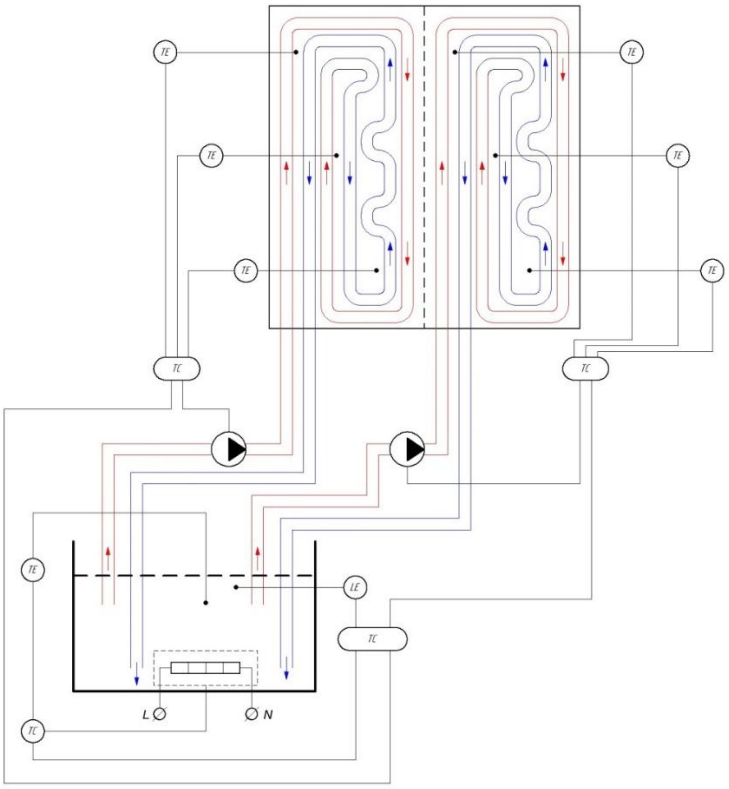

Рис. 1. Функціональна схема автоматизації керування температурою ґрунту в мінітеплиці

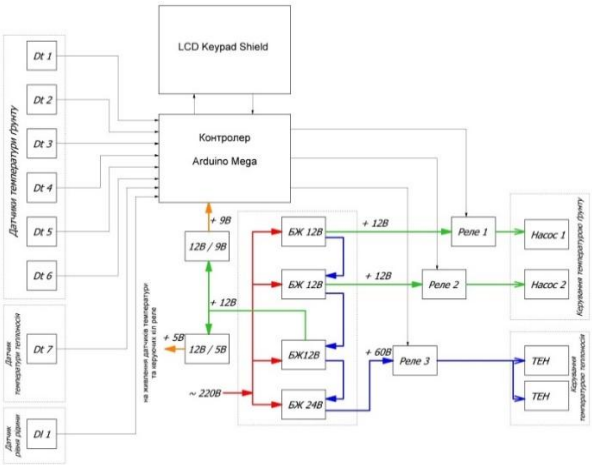

Рис. 2. Схема структурна системи керування

Логіка керуючого контролера реалізована в розробленому алгоритмічному та програмному забезпеченні. Всі розробки втілено практично. Для цього створено макет міні-теплиці (зокрема ємності для ґрунту) та побудовано стенд, що реалізує систему керування температурою ґрунту теплиці на основі розроблених схем та програмного забезпечення.

Список використаних джерел:

1. Arduino Mega 2560 Rev3. URL: https://store.arduino.cc/products/arduino-mega-2560-rev3 (Дата звернення 30.12.2024).

2. Індикаторний модуль LCD1602 з клавіатурою для Ардуіно. URL: https://arduino.ua/prod235-lcd-keypad-shield (Дата звернення 29.12.2024).

УДК 621:317

Перепелиця М.О., бакалавр
Гуменюк А.А., к.т.н., доцент
Державний університет «Житомирська політехніка»

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ВЕНТИЛЯЦІЇ ПРИМІЩЕННЯ ВИРОБНИЧОЇ МАЙСТЕРНІ

Автоматизована система вентиляції є ключовим елементом у забезпеченні безпечного та ефективного мікроклімату в приміщенні виробничої майстерні. Вона виконує низку важливих функцій, серед яких – видалення забрудненого повітря, подача свіжого повітря, підтримка температурного та вологісного режиму, а також зниження рівня пилу, газів і шкідливих випарів. Системи вентиляції можуть бути різного типу – витяжні, припливно-витяжні з рекуперацією тепла, а також комбіновані з системами фільтрації та кондиціювання. Основними факторами, що впливають на якість вентиляції, є правильний розрахунок повітрообміну, вибір ефективних фільтрів та вентиляторів, а також якісне налаштування автоматики для безперервного моніторингу параметрів повітря.

Для забезпечення ефективної роботи системи вентиляції важливо дотримуватись проектних норм і стандартів. Наприклад, у типовій майстерні на 100 м² може знадобитися система, що забезпечує обмін повітря обсягом від 300 до 600 м³/год, в залежності від специфіки робіт. Вентиляційна система повинна бути змонтована таким чином, щоб уникати застійних зон і забезпечити рівномірний розподіл повітря.

Метою даного дипломного проєкту є автоматизація системи вентиляції в майстерні. Глобальними завданнями для досягнення мети стали розробка та створення автоматизованої вентиляційної системи, що забезпечує подачу чистого повітря з відповідним рівнем вологості та температури (для виключення замерзання камери зволоження та для відсутності конденсату в шахті вентиляції) в залежності від пори року та умов роботи.

Дана система дозволяє підтримувати належну якість повітря у приміщенні шляхом моніторингу ключових параметрів — температури, вологості та чистоти повітря. Встановлене обладнання здійснює контроль цих показників у реальному часі, а також забезпечує необхідну кількість повітрообмінів (N м³) у заданий період.

В системі реалізовано кілька функціональних контурів, включаючи контур зволоження повітря на основі ультразвукового випромінювача, попередній контур нагріву повітря перед зволоженням, а також калорифер для додаткового підігріву повітря в міжсезоння. Система адаптована для роботи в усі сезони року, що забезпечує стабільні та комфортні умови праці.

На рис.1 функціональна схема зображує систему припливно-витяжної вентиляції, призначену для забезпечення оптимального мікроклімату в майстерні. У верхній частині схеми розміщено витяжну систему, яка складається з чотирьох вентиляторів з двигунами M1, M2, M3 та M4. Вони відповідають за видалення відпрацьованого повітря з приміщення, забезпечуючи постійний повітрообмін.

У нижній частині схеми знаходиться припливна частина системи вентиляції, яка включає чотири двигуни припливних вентиляторів – M5, M6, M7 та M8. Вони нагнітають свіже повітря до приміщення через систему обробки, що включає тени для нагрівання та зволожувальну установку. Таким чином, перед подачею повітря до майстерні, воно проходить кондиціювання, завдяки чому підтримується необхідна температура і вологість.

Контроль параметрів повітря в приміщенні здійснюється за допомогою низки сенсорів. Температурні датчики TE1, TE2, TE3 і TE4 розташовані по кутах майстерні і відслідковують температурні умови в різних зонах. Датчики вологості BE1, BE2, BE3 та BE4 контролюють рівень вологості, що особливо важливо для комфортної роботи та збереження обладнання. Датчики чистоти повітря GE1 та GE2 оцінюють рівень забрудненості повітря, на основі вмісту пилу чи інших частинок, що дозволяє оперативно реагувати на погіршення якості повітря.

У припливному блоці встановлено датчик швидкості повітря SE1, який фіксує швидкість потоку після обробки і до подачі у приміщення. Також передбачено амплітудний датчик тиску AE1, що контролює перепад тиску на фільтрі і дає змогу визначити його ступінь забруднення. Якщо тиск занадто високий, це вказує на необхідність очищення або заміни фільтра.

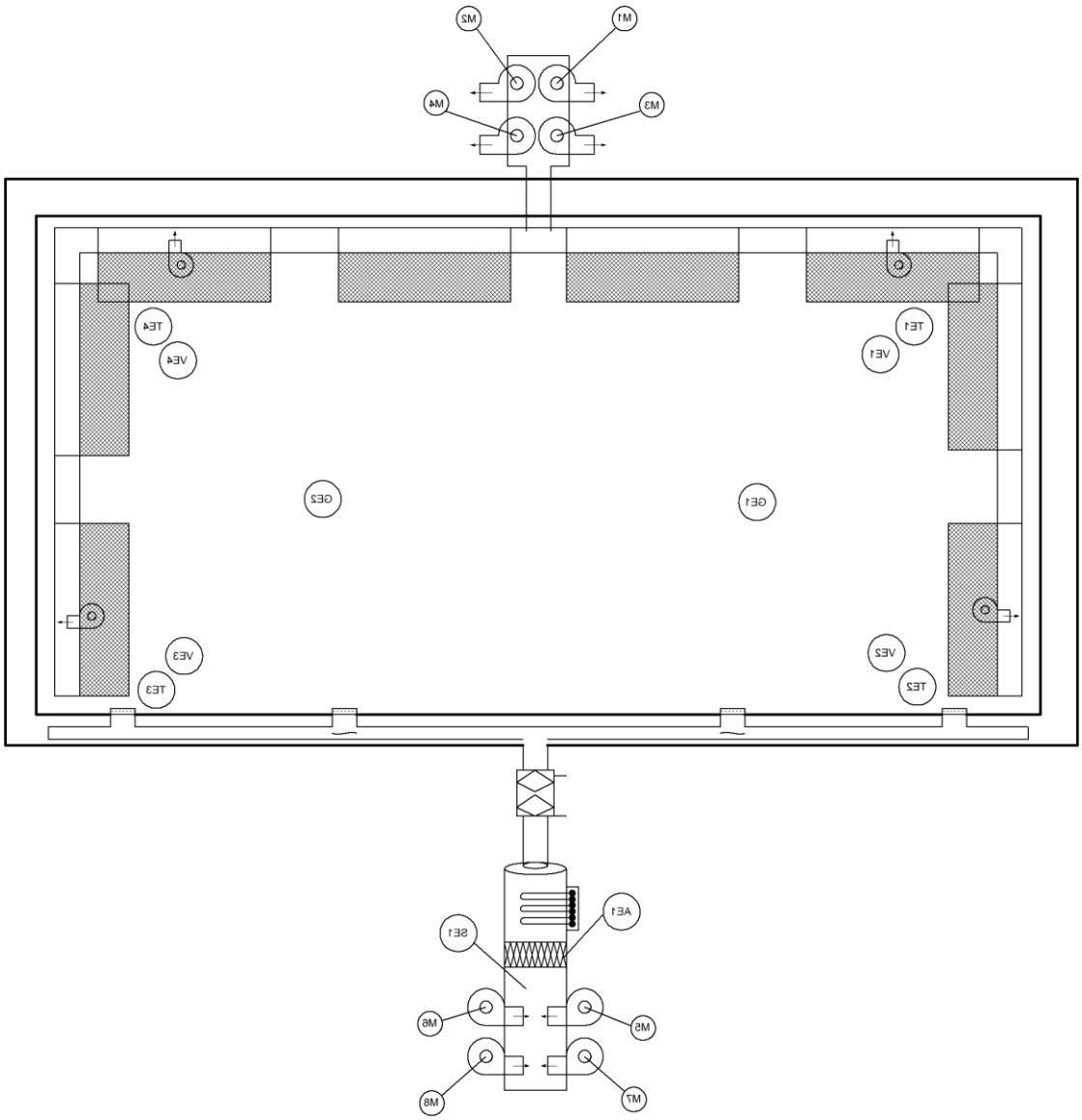

Рис. 1. Функціональна схема вентиляції приміщення

Запропонована система вентиляції забезпечує стабільний мікроклімат у виробничій майстерні, незалежно від зовнішніх умов. Вона підтримує оптимальні параметри повітря завдяки автоматичному контролю температури, вологості та чистоти. Використання сенсорів і системи реагування підвищує ефективність роботи обладнання та зменшує потребу в обслуговуванні. Це сприяє створенню безпечного середовища для персоналу й підвищує ефективність виробничого процесу.

Список використаних джерел:

1. Промислова вентиляція [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.lvz.com.ua/promyslova-ventylyacziya-vydy-ta-osoblyvosti-montazhu/

УДК 681.3

Ткачук А.Г., к.т.н., доцент
Крижанівська І.В., к.т.н., доцент
Ільченко А.А., студент, 3 курс, гр. ЗЕТ-1
Державний університет «Житомирська політехніка»

ЗАСТОСУВАННЯ IoT ДЛЯ ВІДДАЛЕНОГО КОНТРОЛЮ ТА КЕРУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИМИ ПРИСТРОЯМИ

У контексті зростаючої потреби в енергоефективності та цифровій трансформації енергетичного сектору, дедалі більшого значення набувають технології Інтернету речей (IoT – Internet of Things). Їх застосування у сфері моніторингу та віддаленого керування енергетичними пристроями дозволяє забезпечити підвищений рівень автоматизації, зменшення втрат електроенергії, а також своєчасне виявлення відхилень у роботі обладнання. Суть підходу полягає у використанні вбудованих мікроконтролерів, датчиків струму, напруги, температури та інших параметрів, об'єднаних у єдину систему з бездротовою передачею даних у хмарне середовище або локальний сервер.

На основі аналізу сучасних архітектур IoT-систем доцільним є впровадження рішення на базі мікроконтролера ESP32, який підтримує Wi-Fi та Bluetooth-з'єднання, забезпечує достатню обчислювальну потужність і гнучкість програмування. Передбачено інтеграцію датчиків типу ACS712 для вимірювання струму, датчиків напруги ZMPT101B, а також сенсорів температури та вологості. Для обміну даними пропонується використання протоколу MQTT, що забезпечує легку масштабованість та мінімізацію затримок при передачі інформації. Отримані дані будуть виводитись на вебінтерфейс або мобільний застосунок, а також архівуватись для подальшого аналізу.

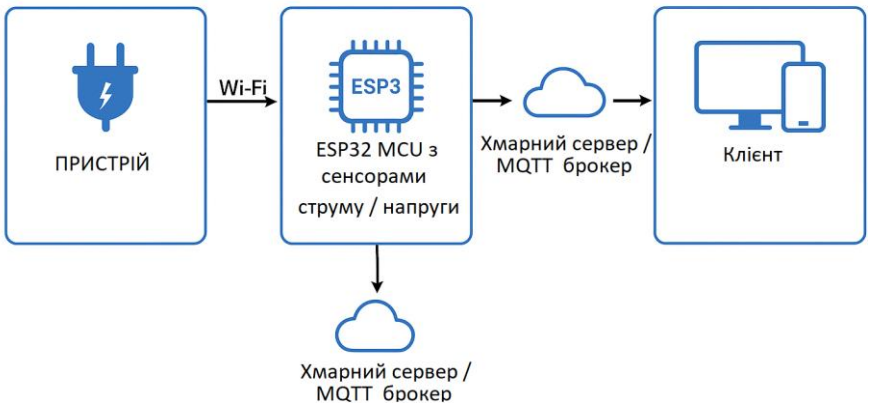

Рис. 1. Типова архітектура IoT-системи для моніторингу та керування енергетичними пристроями [1]

Алгоритми автоматичного керування енергетичними навантаженнями реалізуються на основі порогових значень споживання потужності, що дозволяє реалізувати динамічну адаптацію до зміни навантаження або аварійних ситуацій. З метою запобігання перенавантаженням передбачено автоматичне відключення окремих споживачів або перенаправлення енергопотоку на резервні канали. Таким чином, створюється система, здатна не лише оперативно реагувати на зміни параметрів, а й забезпечувати стабільне та безпечне функціонування енергетичних пристроїв.

Результати дослідження свідчать про перспективність застосування IoT у побутових і промислових умовах. Теоретичне моделювання і прототипування на експериментальному стенді дозволили підтвердити доцільність обраної архітектури та алгоритмів керування. Досягнуто зниження енергоспоживання на 18 % у порівнянні з традиційною системою без автоматичного регулювання, а також зменшення часу реакції системи на зміну параметрів на понад 30 %.

Застосування IoT-технологій для віддаленого контролю та керування енергетичними пристроями дозволяє суттєво підвищити ефективність енергоспоживання, надійність системи, а також її адаптивність до динамічних змін експлуатаційних умов. Подальші дослідження спрямовані на масштабування системи для роботи з відновлюваними джерелами енергії та інтеграцію з платформами енергоменеджменту.

Список використаних джерел:

1. Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S. and Palaniswami, M. (2013) Internet of Things (IoT): A Vision, Architectural Elements, and Future Directions. Future Generation Computer Systems, 29, 1645-1660. http://dx.doi.org/10.1016/j.future.2013.01.010

УДК 621:317

Леус Н.В., бакалавр
Гуменюк А.А., к.т.н., доцент
Державний університет «Житомирська політехніка»

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ВИГОТОВЛЕННЯ ШИХТИ ДЛЯ ВИПЛАВКИ СКЛА

Скло є найбільш поширеним матеріалом в світі його використовують для медицини, оздоблення та будування житла. Скло буває різних видів таких як силікатне, германатне, боросилікатне, фторидне та сульфідне. У виробництві скла важливо дотримуватися пропорцій для виготовлення міцного та якісного скла, потрібно виключити всілякі домішки при його виготовленні та суміш для виплавки повинна бути якісно перемішана, для одночасного сплавлення компонентів в печі. Найбільш головними факторами виступають правильні пропорції та якість матеріалів. Для виготовлення звичайного натрій-кальцієво-силікатного скла є кварцовий пісок, сода та вапняк. Пісок забезпечує необхідну кількість кремнезему – головного структурного елементу скла. Соду додають для зниження температури плавлення суміші, що полегшує процес скловаріння, тоді як вапняк вводиться з метою стабілізації скла, щоб готовий продукт мав високу хімічну стійкість і був менш схильний до дії вологи. Іноді до складу також включають доломіт, який впливає на міцність і термічну стабільність. У типовому рецепті на 100 кілограмів шихти ця сировинна суміш може містити приблизно сімдесят дві кілограми піску, чотирнадцять кілограмів соди, десять кілограмів вапняку та близько чотирьох кілограмів доломіту. Такий склад забезпечує оптимальний баланс між легкістю варіння, міцністю та довговічністю скла. Проте ці пропорції не є незмінними: залежно від того, які саме властивості очікуються від готового скла – його прозорість, опір до високих температур або хімічна інертність – співвідношення компонентів у шихті може коригуватись.

Отже, метою даного дослідження є автоматизація виготовлення скла з високою якістю. Це буде реалізовано через автоматичну подачу до вібробункерів компонентів, покращення якості шихти, шляхом її фільтрації в вібробункерах, та автоматична подача відфільтрованих компонентів до змішувального танкеру.

Розроблена система збільшить якість виготовленого скла, зменшить час його виготовлення через точне дозування компонентів, це зменшить кількість браку при виробництві та підвищитися якість виготовленої продукції.

Данна система буде керуватися в 3 контурах, а саме вібробункери з компонентами, насоси для подачі компонентів та контроль за часом роботи танкеру для змішування шихти.

В системі виділено 3 контури. Оскільки є залежність значення ваги від продуктивності насосу та ввімкненням насосу від часу змішування, часу роботи вібромотору від ваги компонентів то контури включаються каскадно.

Основні елементи схеми автоматизації включають датчики ваги ME1–ME4, які встановлені під кожним з бункерів і під змішувачем. Вони передають сигнали про масу матеріалу в відповідні вузли мікроконтролера. Мікроконтролер (МК) приймає ці сигнали, приймає рішення про відкриття або закриття клапанів (НЕ) і вмикання двигунів (М). Мікроконтролер також має вбудований таймер (Т1), який контролює час виконання окремих етапів, наприклад, час змішування. Блок керування (БК) є вищою ланкою автоматизації, наприклад, операторською панеллю або SCADA-системою, яка передає мікроконтролеру команди, режими роботи або рецепти сумішей. Структура схема управління згідно з рисунком А. поділяється на три умовні частини.

Перша частина – контур дозування. У ньому використовуються двигуни живильників М1-М3 для подачі матеріалу з бункерів, а моторизовані клапани НЕ_1-НЕ_3 відкривають потік інгредієнтів. Мікроконтролер подає команди на ці виконавчі елементи на основі даних з вагових датчиків ME1-ME3. Як тільки вага досягає заданого значення, подача матеріалу зупиняється.

Друга частина – контур фільтрації. Двигуни М7-М9 відповідають за вібрацію для струшування матеріалу що не впав у трубопровід. Вентилятори М4 і М5 використовуються для прочищування трубопроводу. НЕ_4 – це трьох-ходовий клапан, який перемикається між подачею в змішувач та подачею в смітник.

Третя частина – контур змішування. Він включає двигун М6 що відповідає за змішування матеріалу в змішувачі. Ваговий датчик ME_4, розташований під змішувачем, контролює масу суміші перед змішуванням.

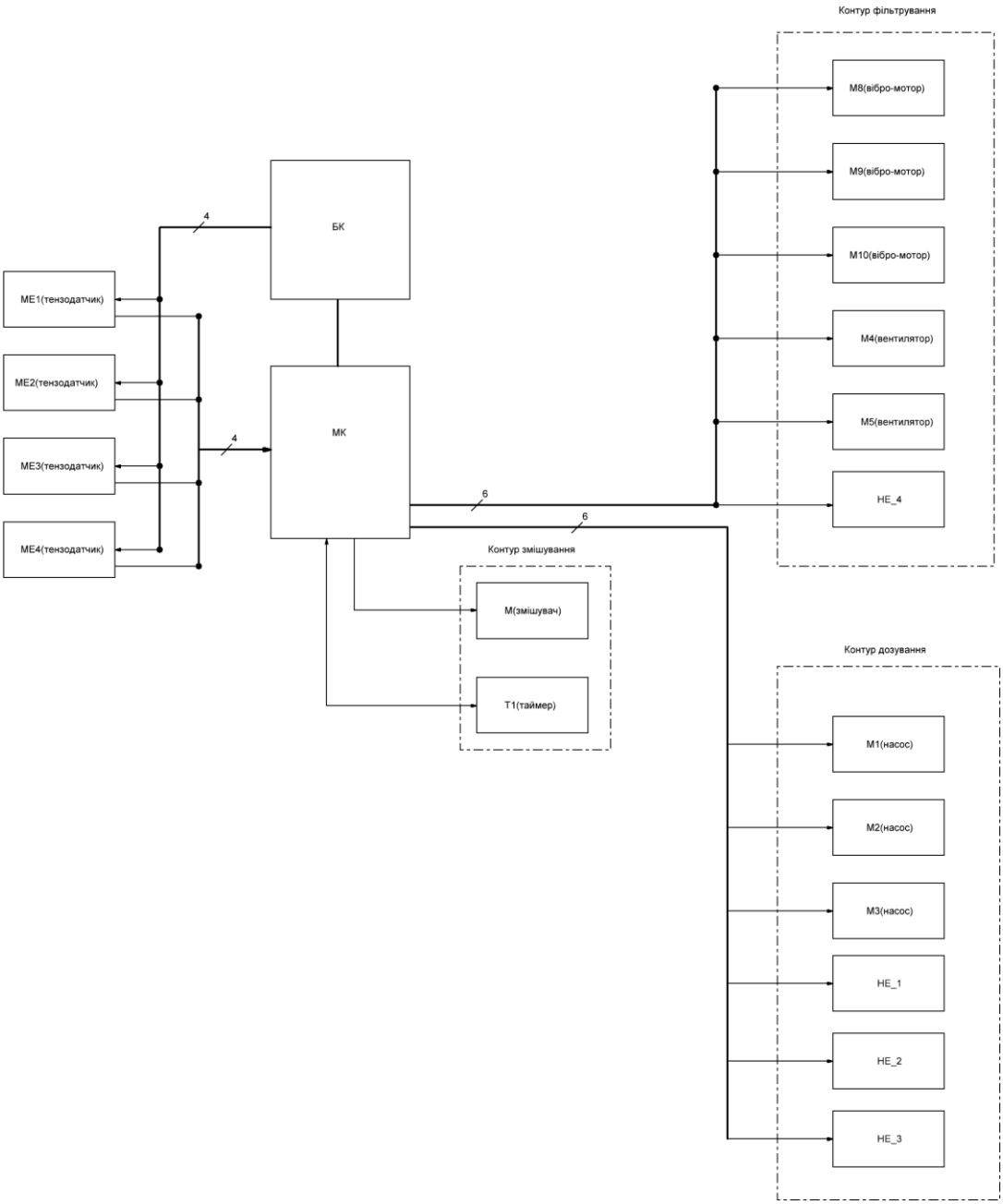

Рис. 1. Структурна схема обв’язки змішувача

Розроблена автоматизована система приготування шихти забезпечує високу точність дозування та стабільність усього технологічного процесу. Завдяки повному автоматичному керуванню знижуються втрати матеріалів, мінімізується вплив людського фактора та покращується якість готової продукції. Система є гнучкою до змін рецептур і створює умови для впровадження сучасних цифрових технологій управління та контролю якості у виробництві скла.

Список використаних джерел:

1. Технологія виробництва і обробка матеріалів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://nmetau.edu.ua/file/tehnologiya_virobnitstva_i_obrobka_materialiv.pdf

УДК 681.3

Коцюба С.Я., студент, 3 курс, гр. ЗЕТ-1
Ткачук А.Г., к.т.н., доцент
Богдановський М.В., ст. викл.
Державний університет «Житомирська політехніка»

РОЗРОБКА ПРОГРАМНО-АПАРАТНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ УПРАВЛІННЯ МІКРОЕЛЕКТРОСТАНЦІЄЮ

У сучасних умовах децентралізації енергетики та зростання ролі відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) важливим є забезпечення ефективного, надійного та автономного функціонування локальних енергосистем. Мікроелектростанції, що базуються на гібридному поєднанні ВДЕ (зокрема сонячної енергії), систем накопичення енергії та резервних генераторів, дедалі частіше використовуються для енергозабезпечення об'єктів у віддалених регіонах, а також у критичних інфраструктурних системах. У зв'язку з цим актуальним є завдання розробки програмно-апаратного комплексу (ПАК), який забезпечував би автоматизоване керування мікроелектростанцією в реальному часі з урахуванням зміни зовнішніх і внутрішніх умов експлуатації.

Запропонований програмно-апаратний комплекс орієнтовано на управління гібридною мікроелектростанцією, яка включає фотоелектричні модулі, акумуляторні батареї, інвертор, контролер заряду, а також дизельний генератор як резервне джерело живлення. Архітектура системи передбачає використання мікроконтролера STM32 як базової обчислювальної платформи, доповненої модулями бездротового зв'язку (Wi-Fi), а також комплектом датчиків для вимірювання електричних та кліматичних параметрів — струму, напруги, температури, рівня заряду та вологості.

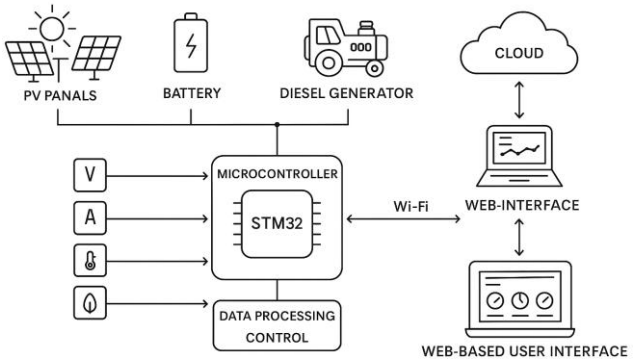

Рис. 1. Архітектура програмно-апаратного комплексу мікроелектростанці

Програмне забезпечення ПАК реалізує ключові функції: збір, фільтрацію та обробку телеметричних даних; динамічне балансування між генерацією, накопиченням та споживанням енергії; алгоритмічне прийняття рішень щодо перемикання між джерелами живлення на основі поточних показників і прогнозних моделей; візуалізацію інформації через вебінтерфейс. Програмна частина створена на основі мови C/C++ для мікроконтролерної логіки та Python для серверної обробки даних і формування звітності.

У ході лабораторного тестування підтверджено стабільність роботи ПАК при змінних навантаженнях, точність вимірювання параметрів у межах ±2 %, а також адекватну реакцію на зміну режимів генерації. Досягнуто зменшення часу перемикання між джерелами до 0,8 с і зниження енергетичних втрат при перетворенні на 6–9 %, що свідчить про ефективність запропонованих алгоритмів.

Розроблений програмно-апаратний комплекс може бути ефективно використаний для інтелектуального керування мікроелектростанціями в автономному або резервному режимах. Його застосування є доцільним як у побутових, так і в промислових умовах, зокрема у сільських регіонах, мобільних об'єктах або при надзвичайних ситуаціях. Подальший розвиток передбачає масштабування системи для керування мікромережами (Microgrid) з кількома джерелами генерації та накопичення, а також інтеграцію зі Smart Grid-середовищем.

Список використаних джерел:

1. Khalid M., Savkin A.V. A Method for Short-Term Load Forecasting for Microgrids Based on Deep Learning. Energies, 2019.

УДК 004.896

Біленький І.О., студент, ФКІТМР
Василевський Д.В., студент, ФКІТМР
Богдановський М.В., ст. викл.
Державний університет «Житомирська політехніка»

АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА РОБОТИЗАЦІЯ ПОБУТОВИХ ПРОЦЕСІВ

У сучасному світі автоматизація є невід'ємною частиною побуту. Частина домашніх завдань, таких як прибирання, прання, миття посуду й приготування їжі, частково або повністю автоматизовані завдяки різним інженерним і технічним рішенням. Проте, незважаючи на великий вибір на ринку побутової техніки, більшість процесів потребують часткового або повного контролю зі сторони людини.

Зокрема, прання та миття посуду вже досягли високого ступеня автоматизації. Сучасні пральні та посудомийні машини вимагають від користувача лише завантаження, вибору режиму та запуску. Іншими є справи з такими складнішими завданнями, як прибирання та приготування їжі. У сфері прибирання автоматизація обмежується геометрією житлового простору, наявністю перешкод, складністю поверхонь і варіативністю побутових умов. Роботи-пилососи, наприклад, ефективні лише у межах певного сценарію експлуатації й не здатні повноцінно замінити ручне прибирання в умовах складного планування або нестандартного інтер'єру.

Приготування їжі є ще складнішим завданням для автоматизації через необхідність виконання широкого спектра операцій, що включають обробку інгредієнтів, точне дозування, теплову обробку, перемішування, контроль температури та часу, а також дотримання рецептурних і органолептичних параметрів. Крім того, важливою є здатність до адаптації під індивідуальні смакові вподобання користувачів, що ще більше ускладнює алгоритмізацію процесу.

У контексті підвищення автоматизації побутових процесів перспективним є застосування сучасних досягнень робототехніки, зокрема технологій колаборативних роботів. Колаборативні роботи призначені для безпечної взаємодії з людиною в спільному робочому просторі. Вони характеризуються високою адаптивністю, чутливістю до зовнішнього середовища, гнучкістю у виконанні завдань, а також здатністю до інтеграції з існуючими побутовим приладдям. Використання таких роботів у домашньому середовищі може забезпечити новий рівень автоматизації, де машини не лише виконують окремі дії, а й здатні адаптуватися до змін, взаємодіяти з різними об'єктами, враховувати індивідуальні потреби користувача.

Рис. 1. Робот-бариста від компанії Orion Star Technology

Рис. 2. Робот Moley A AiR kitchen готує спагеті

Список використаних джерел:

1. OrionStar Robotics [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.orionstar.com/dabai

2. Two-handed robot [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.moley.com/a-air-kitchen/

УДК 004.94

Громовий О.А., к.т.н., доцент
Козяр Я.А., аспірант
Гордійченко О.В., аспірант
Державний університет «Житомирська політехніка»

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ УДАРНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ПІД ЧАС ЕКСПЛУАТАЦІЇ МОБІЛЬНИХ ПЛАТФОРМ

Розробка сучасних мобільних платформ потребує ефективного застосування систем автоматизованого проєктування для моделювання їх конструктивних особливостей з метою подальшого виготовлення їх деталей на сучасних верстатах з числовим програмним управлінням, оброблювальних центрах та дають можливість реалізації імітаційного моделювання їх руху. Важливим також є використання CAD/CAE/CAM систем моделювання для ударних навантажень, які виникають в процесі експлуатації.

Відомо, що для чисельних досліджень на ударні навантаження доцільно використовувати лінійні пружні ізотропні матеріали та білінійні пластичні по Мізесу.

На відміну від матеріалів з лінійною пружністю, пластичні по Мізесу матеріали можуть зазнавати залишкової деформації внаслідок удару.

У властивостях дослідження зазвичай використовують постановку задач для малого чи великого переміщення. Однак, за замовчуванням використовується постановка задачі для великого переміщення (нелінійне рішення) для всіх досліджень. Якщо всі матеріали є лінійно-пружними є можливість задавати малі переміщення. Якщо в моделі є пластичні по Мізесу матеріали, завжди використовується задачі для великих переміщень. Рішення з великим переміщенням дозволяє отримати більш точні результати.

Матеріалами корпусних деталей досліджуваної мобільної платформи є вуглецева сталь та гума (лінійні пружні ізотропні матеріали). Дослідження на ударне навантаження в Solidworks Simulation призначені для визначення впливу удару деталі або зборки об жорстку або гнучку плоску поверхню.

Для мобільної платформи визначено напрямок руху, швидкість $v = 5 - 25$ м/с та орієнтацію площини зіткнення, фізико-механічні характеристики конструктивних елементів мобільної платформи задані в Solidworks.

Загальний вигляд налаштувань напрямку руху мобільної платформи, площі дії сил тяжіння та площини удару при зіткненні показані на рис. 1.

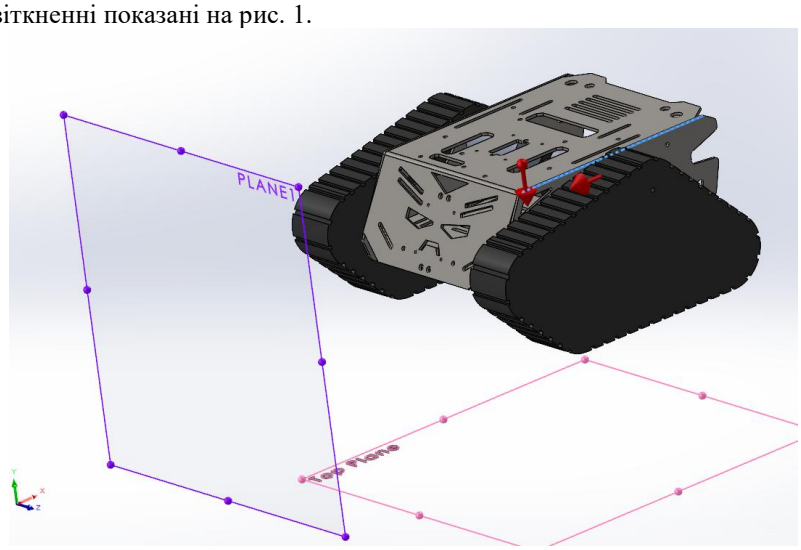

Рис. 1. Напрямок руху мобільної платформи, площі дії сил тяжіння та площини удару

Визначимо напруження, деформації та контактні сили. Вирішимо динамічну задачу у вигляді залежності всіх сил від часу.

Основне рівняння руху:

$$F_1(t) + F_D(t) + F_E(t) = R(t),$$

де $F_1(t)$ – сила інерції; $F_D(t)$ – сили демпфування; $F_E(t)$ – сили пружності; $R(t)$ – зовнішні сили, які включають гравітаційні сили та сили ударного навантаження.

Час моделювання контактних явищ визначено в межах 1000 мс.

Програма Solidworks Simulation автоматично визначає умови контакту між тілом та площину удару. Умови контакту компонентів збірки визначаються спряженнями, які були реалізовані під час

проектування – співпадіння поверхонь, співвісність, дотичність та інші. Допустимими для моделювання є умови відсутності зазорів або проникнення поверхонь.

Для оцінки можливості виникнення явища руйнування деталей платформи можна використати результати моделювання.

Доцільним є визначення максимальних напружень для прогнозування руйнування матеріалу та сили контакту для прогнозування відокремлення компонентів платформи.

На рис. 2 представлені результати моделювання руху мобільної платформи розробленої конструкції з вищевизначеними фізико-механічними характеристиками матеріалів компонентів платформи та відповідною швидкістю руху.

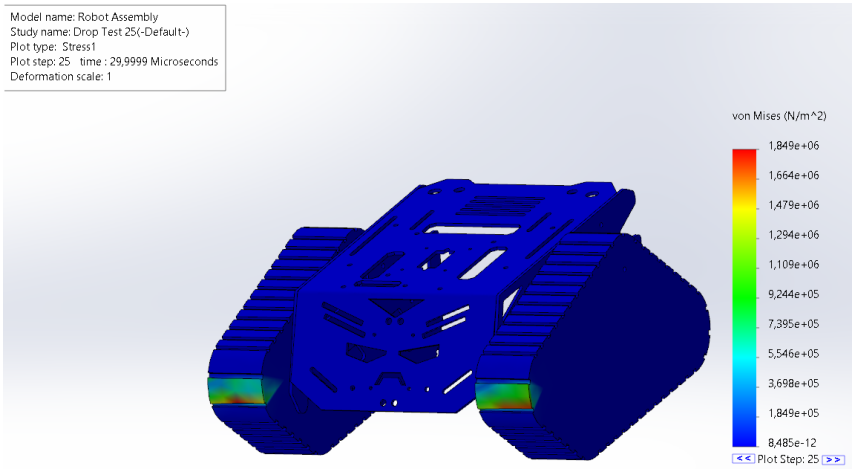

Рис. 2. Моделювання руху мобільної платформи та напружень при зіткненні зі швидкістю $v = 25$ м/с

Результати моделювання показують, що максимальні контактних напружень при ударі мобільної платформи в залежності при швидкості до 25 м/с не перевищують 1,85 МПа., що дає достатній запас міцності при виникненні ударних навантажень для даного матеріалу траку мобільної платформи.

Використання сталевих вставок дозволяє зменшити значення максимальних контактних напружень при ударному навантаженні, однак збільшує вартість мобільної платформи, збільшує загальну вагу та, відповідно, знижує час роботи від встановлених батареях живлення.

Перспективним також є використання у якості матеріалу траків мобільної платформи гуми NBR.

Гума NBR (або нітрилоакриловий каучук) – один з видів гуми, що найчастіше використовуються в промисловості, має високу стійкість до аліфатичного ряду вуглеводневих мастил і палаючих речовин.

NBR має високу еластичність та зносостійкість, стійкість проти атмосферних впливів та ароматичної нафти. Нітриловий каучук можна використовувати при температурі від -30°C до +140°C. NBR має хорошу стійкість до горючих палив та інших хімікатів. Нітриловий каучук також стійкий до аліфатичних вуглеводнів (пропан, бутан, бензин, мінеральні олії (мастило, гідравлічні олії груп H, H - L, H - LP).

Значення межі пружності для матеріалу NBR складає до $\delta_{\text{п}} = 1.48$ МПа. За результатими чисельного моделювання значення максимальних контактних напружень σ при застосуванні гуми NBR в якості матеріалу траків мобільної платформи не перевищують максимальних значень при ударі мобільної платформи на швидкостях, які не перевищують 20 м/с.

Вищенаведені результати дослідження показують, що в подальшому доцільним є моделювання конструктивних особливостей мобільних платформ, матеріалу їх компонентів з метою забезпечення необхідних експлуатаційних характеристик.