

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Таврійський національний університет
імені В.І. Вернадського
Навчально-науковий інститут муніципального управління
та міського господарства
Кафедра інженерних систем та технологій

На правах рукопису

Кваліфікаційна робота на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ КОТЕЛЬНІ ШЛЯХОМ
ВПРОВАДЖЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ
НАСОСНИМ ОБЛАДНАННЯМ

Здобувача вищої освіти
Балацького Анатолія Анатолійовича
Освітня програма
«Автоматизація та комп'ютерно-
інтегровані технології»
(Спеціальність
174 «Автоматизація, комп'ютерно-
інтегровані технології та
робототехніка»)

(підпис)

Науковий керівник:
д.т.н., професор Медведєв М.Г.

(підпис)

Національна шкала _____
Кількість балів _____
Оцінка: ECTS _____

Таврійський національний університет імені В. І. Вернадського
Навчально-науковий інститут муніципального управління
та міського господарства
Кафедра Інженерних систем та технологій
Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр
Спеціальність 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та
робототехніка»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Завідувач кафедри
_____ Наталія ОМЕЦИНСЬКА
« ____ » _____ 2025 року

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Балацького Анатолія Анатолійовича

1. Тема роботи: Підвищення енергоефективності котельні шляхом
впровадження автоматизованої системи керування насосним обладнанням

керівник роботи: д.т.н., професор Медведєв М.Г.

затверджені Наказом ТНУ імені В.І Вернадського:
від «7» листопада 2025 № 138/1-ОД

2. Строк подання студентом роботи: 25.05.2026

3. Вихідні дані до роботи: Твердопаливна котельня загальною встановленою
потужністю 5,0 МВт на базі двох автоматичних котлоагрегатів ретортного
типу LIKA KBT-2500M.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки: Проаналізувати будову та
експлуатаційні характеристики сучасних твердопаливних котельних агрегатів;
Обґрунтувати доцільність впровадження системи автоматичного керування
насосним обладнанням на базі векторних перетворювачів частоти; Розробити
апаратно-програмну структуру автоматизованої системи моніторингу та
диспетчеризації технологічних процесів котельні; Дослідити вплив сучасних
мікропроцесорних засобів автоматизації та підвищення енергоефективності
теплогенеруючого об'єкта; Провести аналіз вимог охорони праці під час
експлуатації електроустановок котельні в надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу: графічна робота виконана у вигляді
мультимедійної презентації

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	професор Микола МЕДВЕДЄВ		
Розділ 2	професор Микола МЕДВЕДЄВ		
Розділ 3	професор Микола МЕДВЕДЄВ		
Розділ 4	професор Микола МЕДВЕДЄВ		

7. Дата видачі завдання _____ 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської роботи	Термін виконання етапів роботи	Заключний документ етапу
1	Вибір теми бакалаврської роботи, призначення керівника	до 31.10.2025	Затвердження переліку тем бакалаврських робіт
2	Пошук і відбір літератури по темі роботи, складання плану бакалаврської роботи	до 14.12.2025	Список літературних джерел, план роботи
3	Визначення об'єкта, предмета, мети, завдань та методів дослідження, написання вступу до теми бакалаврського дослідження	до 25.01.2026	Текст вступу
4	Написання тексту бакалаврської роботи відповідно до її структури:	26.01.2026-17.05.2026	Текст розділів
	4.1 I розділ	26.01.2026-6.03.2026	Текст розділу
	4.2 II розділ	9.03.2026-27.03.2026	Текст розділу
	4.3 III розділ	30.03.2026-17.04.2026	Текст розділу
	4.4 IV розділ	20.04.2026-8.05.2026	
5	Підготовка графічних матеріалів чи іншого унаочнення	11.05.2026-15.05.2026	Роздатковий матеріал, презентація
6	Оформлення кінцевого списку використаних джерел та додатків	11.05.2026-15.05.2026	Список літературних джерел
7	Оформлення та попередній захист бакалаврської роботи	18.05.2026-22.05.2026	Бакалаврська робота, рішення кафедри про допуск до захисту
8	Внесення коректив та кінцеве редагування бакалаврської роботи	25.05.2026-29.05.2026	Бакалаврська робота
9	Реєстрація бакалаврської роботи на кафедрі	1.06.2026-5.06.2026	Бакалаврська робота внесена до журналу реєстрації випускових робіт
10	Захист бакалаврської роботи	10.06.2026-28.06.2026	Рішення Екзаменаційної комісії про захист

ЗМІСТ

ВСТУП	08
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ БУДОВИ ТА КЛАСИФІКАЦІЯ СУЧАСНИХ КОТЕЛЬНИХ АГРЕГАТІВ	10
1.1 Опис котельної установки	10
Висновок до розділу 1	14
РОЗДІЛ 2 АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ТВЕРДОПАЛИВНОЇ КОТЕЛЬНІ	16
2.1 Автоматизація твердопаливної котельні	16
2.2 Перетворювач частоти векторний ПЧВ204-11К-В	20
2.3 Локальна панель оператора ЛПО2	23
2.4 Сенсорні панелі оператора СП307-Р	24
2.5 Призначення та функціональні особливості терморегулятора 2TRM1	28
2.6 PR200. Програмоване реле	30
2.7 ПД100-ДІ-111/171/181. Датчики тиску загальнопромислові	32
2.8 БП15, БП30, БП60 для промислової автоматики	34
2.9 Високотемпературні термопари на основі КТМС	36
2.10 Термоперетворювачі опору з комутаційною головкою	39
Висновок до розділу 2	41
РОЗДІЛ 3 ПРОГРАМНО-АПАРАТНИЙ РІВЕНЬ КЕРУВАННЯ ТА ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РЕЖИМІВ	43
3.1 Використання автоматизованої системи моніторингу та управління	43
Висновок до розділу 3	51
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	53
4.1 Поняття охорони праці	53
4.2 Правила технічної експлуатації електроустановок	60
4.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях	68
Висновок до розділу 4	70
ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК	72
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	74

АНОТАЦІЯ

Балацький А. А. Підвищення енергоефективності котельні шляхом впровадження автоматизованої системи керування насосним обладнанням. – Рукопис.

Кваліфікаційна бакалаврська робота за спеціальністю 174 "Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка". – Таврійський національний університет імені В.І. Вернадського, Київ, 2026 рік.

У бакалаврській кваліфікаційній роботі досліджено будову та експлуатаційні характеристики сучасних твердопаливних котельних агрегатів, обґрунтовано доцільність впровадження системи автоматичного керування насосним обладнанням на базі векторних перетворювачів частоти. Розроблено апаратно-програмну структуру автоматизованої системи моніторингу та диспетчеризації технологічних процесів котельні з використанням мікропроцесорних засобів, зокрема програмованого реле ПР200, перетворювача частоти ПЧВ204 та сенсорної панелі СП307-Р. Практичне значення полягає у можливості впровадження розробленої системи для оптимізації витрат електроенергії та палива, а також підвищення надійності роботи твердопаливних котелень.

Об'єкт дослідження – процес керування технологічним і насосним обладнанням твердопаливної котельні.

Предмет дослідження – методи, алгоритми та апаратно-програмні засоби автоматизації для підвищення енергоефективності котельних установок.

Мета роботи – підвищення енергоефективності твердопаливної котельні шляхом розробки та впровадження комплексної автоматизованої системи керування насосним обладнанням.

Методи дослідження – системний аналіз технологічних процесів, теорія автоматичного керування, проектування апаратно-програмних засобів.

Ключові слова: енергоефективність, твердопаливна котельня, автоматизована система керування, насосне обладнання, перетворювач частоти, програмоване реле, диспетчеризація, SCADA-система.

ABSTRACT

Balatsky A. A. Increasing the energy efficiency of a boiler house by implementing an automated pumping equipment control system. – Manuscript.

Qualification bachelor's thesis in specialty 174 "Automation, computer-integrated technologies and robotics". – V.I. Vernadsky Tavrichesky National University, Kyiv, 2026.

The bachelor's qualification work investigated the structure and operational characteristics of modern solid fuel boiler units, and substantiated the feasibility of implementing an automatic control system for pumping equipment based on vector frequency converters.

The hardware and software structure of an automated system for monitoring and dispatching technological processes in a boiler house using microprocessor tools, in particular the PR200 programmable relay, the PCHV204 frequency converter, and the SP307-R touch panel, has been developed.

The practical significance lies in the possibility of implementing the developed system to optimize electricity and fuel consumption, as well as increase the reliability of solid fuel boilers.

The object of research is the process of controlling technological and pumping equipment of a solid fuel boiler house.

The subject of research is methods, algorithms and hardware and software automation tools to increase the energy efficiency of boiler plants.

The purpose of the work is to increase the energy efficiency of a solid fuel boiler house by developing and implementing a comprehensive automated pumping equipment control system.

Research methods – system analysis of technological processes, automatic control theory, hardware and software design.

Keywords: energy efficiency, solid fuel boiler house, automated control system, pumping equipment, frequency converter, programmable relay, dispatching, SCADA system.

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

CPU — центральний модуль

ПЧВ204-11К-В — Перетворювач частоти векторний

DE/DA — цифрові модулі введення/виводу

ЛПО2 — Локальна панель оператора

СП307-Р — Сенсорні панелі оператора

ПР200-24.2.2.0 — Програмоване реле

ПД100-ДІ1,0-111-1,0 — Датчики тиску загальнопромислові

ДТПК125-0914.800.1 — Високотемпературні термопари на основі КТМС

ДТС065-РТ1000.В3.60 — Термоопори з комутаційною головкою

ВСТУП

На сьогоднішній день котельні установки середньої потужності становлять переважну частину парку теплогенеруючого обладнання, що експлуатується в межах діючих об'єктів житлово-комунального господарства, а також на промислових підприємствах. У більшості таких енергетичних вузлів як основне джерело енергії для нагрівання теплоносія використовується тверде паливо. Вибір саме цього енергоресурсу відкриває широкі можливості для повної автоматизації процесу спалювання, що, у свою чергу, дозволяє реалізувати максимально плавне та точне управління тепловими режимами роботи установок залежно від коливань температури зовнішнього повітря.

Для глибшого розуміння процесу варто детально розглянути саме поняття автоматизації котелень, проаналізувати її ключові переваги, різновиди та функціональні особливості. Етимологія терміна «автоматика» походить від поняття «самодіючий», що безпосередньо вказує на здатність технічного пристрою самостійно, без безпосереднього втручання людини, виконувати заздалегідь визначений алгоритм операцій. Таким чином, автоматизація котелень є комплексом заходів щодо забезпечення необхідного режиму функціонування всього обладнання за допомогою спеціалізованих технічних засобів.

Залежно від глибини впровадження таких рішень, автоматизацію прийнято класифікувати на повну, комплексну та часткову. При реалізації повної автоматизації присутність обслуговуючого персоналу безпосередньо на об'єкті не передбачена, а роль людини зводиться виключно до періодичного дистанційного нагляду за роботою систем та оперативного усунення можливих несправностей. Комплексна автоматизація передбачає постійний моніторинг роботи обладнання з боку персоналу. У випадку ж часткової автоматизації під управлінням автоматичних систем перебувають лише окремі агрегати або навіть їхні конструктивні вузли. Важливо

наголосити, що згідно з нормами безпеки, експлуатація сучасних котелень без належних засобів автоматики суворо заборонена.

Сучасні автоматичні системи в котельних установках виконують низку критично важливих функцій, серед яких вимірювання та контроль, сигналізація, управління, регулювання, а також захист. Функція автоматичного вимірювання та контролю дозволяє за допомогою датчиків безперервно або дискретно відстежувати кількісні та якісні характеристики технологічного циклу. До таких параметрів належать тиск у системі, наявність факела в топці, повнота згоряння палива, рівень і температура теплоносія тощо. Отримані дані передаються на пульт управління і, за необхідності, архівуються в журналах реєстрації.

Система автоматичної сигналізації розроблена для оперативного інформування персоналу про поточний стан обладнання та будь-які відхилення параметрів від встановлених норм. Вона поділяється на кілька типів: світлова та звукова (попереджувальна, що сповіщає про пуск або початок процесу), виконавча (підтверджує виконання команди, наприклад, загоряння лампи при відсічці газу) та аварійна (негайно повідомляє про порушення технологічного регламенту).

Автоматичне управління фокусується на процесах пуску та зупинки основних і допоміжних механізмів: котлів, насосних груп, вентиляторів та димососів. Паралельно з цим, функція автоматичного регулювання забезпечує підтримку заданих параметрів протягом тривалого часу з високою точністю без участі оператора. Нарешті, автоматичний захист є критичною ланкою, призначеною для миттєвого реагування та попередження серйозних пошкоджень дороговартісного обладнання у разі виникнення небезпечних передаварійних ситуацій.

РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ БУДОВИ ТА КЛАСИФІКАЦІЯ СУЧАСНИХ КОТЕЛЬНИХ АГРЕГАТІВ

1.1 Опис котельної установки

Котельним агрегатом або котлом прийнято називати спеціалізований технічний пристрій, у якому для одержання пари або нагрівання теплоносія до стану з тиском, що перевищує атмосферний, використовується теплова енергія. Цей теплоносій згодом застосовується за межами самого пристрою. Процес базується на використанні тепла, що виділяється безпосередньо при спалюванні палива, а також енергії тепловідхідних газів, які утворюються в результаті цього хімічного процесу.

Кожна котельна установка складається з низки фундаментальних частин, кожна з яких виконує свою функцію: топка, де відбувається згорання; поверхні нагріву, що забезпечують передачу тепла; пароперегрівач для підвищення температури пари; економайзер для підігріву води; повітропідігрівач; тривкий каркас із відповідними драбинами та майданчиками для зручного обслуговування; захисна обмуровка; система газоходів, а також повний набір арматури та гарнітури.

Топка в конструкції котла призначена безпосередньо для ефективного спалювання палива та подальшої передачі одержаного при цьому тепла теплоносію, що нагрівається. Ця передача відбувається через поверхні нагріву, які фактично покривають або екранують топку. Після виходу з топки продукти згорання потрапляють у газоходи котла, де здійснюється подальший інтенсивний теплообмін між димовими газами та теплоносієм, який нагрівається, проходячи через конвективні поверхні нагріву. Самі поверхні нагріву — це елементи котла, у яких безпосередньо проходить передача тепла від полум'я і продуктів згорання до теплоносія, яким може бути вода або пара. В інженерній практиці розрізняють радіаційну поверхню, що отримує тепло в основному шляхом випромінювання, і конвективну поверхню, яка працює за принципом конвективного теплообміну. Площі таких поверхонь нагріву в котлах прийнято вимірювати в квадратних метрах

(m²) саме з газової сторони.

Радіаційними поверхнями є спеціальні екрани, розміщені безпосередньо на стінках топки. Вони виконують подвійну роль: нагрівають воду та огорожують ці стінки від руйнівної дії надвисоких температур. Залежно від свого розташування в об'ємі топки, розрізняють фронтові, бокові, задні та стельові екрани. Окремо виділяють так звані двосвітні екрани — це конструкції у вигляді труб, що розміщені безпосередньо в топочному просторі та обігріваються полум'ям з двох сторін одночасно. Газоходи ж представляють собою клапани або канали, утворені обмуровкою котла, а також шамотними чи чавунними перегородками. Вони призначені для чіткого спрямування продуктів згорання палива та раціонального розміщення конвективних поверхонь нагріву. Однією з таких поверхонь є котельний пучок, що являє собою групу труб конвективної поверхні, які вварені або ввальцьовані в загальні колектори чи барабани.

Для попередньої підготовки повітря використовується повітропідігрівач — пристрій для підігріву повітря перед безпосередньою подачею його на пальники котла. Весь агрегат тримається на каркасі — це потужна металічна конструкція з колон, балок і зв'язків, що встановлені на міцному фундаменті та призначені для надійного з'єднання і підтримки всіх елементів котла. Зовнішнім основним огороженням котла є обмуровка.

Котли класифікують за багатьма ключовими ознаками. За призначенням вони поділяються на опалювальні, виробничо-опалювальні та потужні енергетичні. За матеріалом конструкції їх розрізняють на чавунні та сталеві. За характером теплоносія, що виробляється, системи бувають парові та водогрійні. За аеродинамічним режимом топки виділяють котли з розрідженням і ті, що працюють під наддувом. Також важливою є класифікація за напрямком переміщення продуктів згорання і води: існують газотрубні котли (зокрема жаротрубні із димогарними трубами), у яких гази рухаються всередині труб; водотрубні, у яких вода або пароводяна суміш рухається всередині труб; а також комбіновані водотрубно-газотрубні моделі.

За конструктивними особливостями котли бувають циліндричні,

горизонтально-водотрубні та вертикально-водотрубні. За характером циркуляції робочого тіла (теплоносія) їх ділять на системи з природною або примусовою циркуляцією, а також прямоточні котли. За ознакою транспортабельності вони бувають стаціонарні та пересувні. Варто зауважити, що нагрів води в котельних, де встановлені виключно парові котли, проводять у спеціальних водонагрівачах (бойлерах) за рахунок тепла, що надходить від пари. Котел, у якому такий водопідігрівач розміщений безпосередньо в паровому просторі або включений у загальну схему природної циркуляції води, називають котлом-бойлером. Якщо ж як джерело тепла в паровому або водогрійному котлі використовуються гарячі гази стороннього технологічного процесу, такий пристрій називають котлом-утилізатором.

Відповідно до діючого маркування, стаціонарні парові котли позначаються буквами залежно від схеми циркуляції:

Е — з природною циркуляцією;

Еп — з природною циркуляцією із проміжним перегрівом пари;

Пр — з примусовою циркуляцією;

Пп — з прямоточним і проміжним перегрівом пари;

Кп — з комбінованою циркуляцією та проміжним нагрівом пари.

До цього літерного позначення зазвичай додають показник паропродуктивності в t/h , значення абсолютного тиску в kgf/cm^2 , а також індекс типу топки (Г — газ, М — мазут). Якщо топка працює під наддувом, додається буква Н. Водогрійні котли з теплопродуктивністю від 4 до 180 Гкал/год позначають буквами КВ, додаючи вид палива, потужність у Гкал/год (або МВт) та цільову температуру нагріву води в градусах Цельсія ($^{\circ}C$).

Топкою або топочним пристроєм називається та частина котельного агрегату, яка призначена безпосередньо для спалювання палива з метою перетворення його внутрішньої хімічної енергії в тепло. Це камера, яка може бути з колосниками або без них; вона також включає зольник — пристрій для подачі палива з мінімальними втратами тепла. У топці відбувається основна

тепловіддача шляхом випромінювання (радіації) до екранів. За способом спалювання палива всі топки класифікують на шарові та камерні. Шарові топки призначені для спалювання твердого кускового палива на колосниковій решітці, а камерні — для спалювання пилоподібного твердого, рідкого або газоподібного палива. Простір, що знаходиться безпосередньо під колосниковою решіткою, називається піддувалом.

За розташуванням топки відносно котла розрізняють внутрішні, нижні та виносні варіанти. Внутрішні топки майже повністю обмежені поверхнями нагріву, що сприймають променеве тепло, і в них ефективно спалюють газ чи мазут. Нижні топки розташовані під котлами (переважно під горизонтально-чи вертикально-водотрубними) і підходять для всіх видів палива, крім дуже вологих. Виносні топки розміщують спереду котла для спалювання палива з високою вологістю, як-от дрова чи торф. Шарові топки за способом завантаження поділяють на ручні, напівмеханічні та механічні. У камерних топках колосникова решітка відсутня, а об'єм являє собою призматичну камеру. За аеродинамікою камерні топки бувають факельні (паливо рухається разом із повітрям) та вихрові (циклонні), де процес базується на транспортуючій здатності вихорів.

Для економічної роботи температура газів на виході з топки має бути: 950°C для зольних палив (торф, сланці), $1100\text{--}1200^{\circ}\text{C}$ для кам'яного вугілля та $1200\text{--}1300^{\circ}\text{C}$ для газу та мазуту. Економічність оцінюють за тепловою потужністю (кількість тепла в MJ/s) та об'ємним тепловим навантаженням (зазвичай $0,18\text{--}0,35 \text{ MJ/m}^3$). Можливе форсування топки — підвищення потужності шляхом спалювання додаткового палива, але це обмежено зростанням втрат тепла (хімічне та механічне недоспалювання).

Для роботи котла необхідна сила тяги — зовнішня примусова сила, що забезпечує надходження повітря в топку та відведення газів через димові труби. Тяга буває природною (за рахунок димової труби) та штучною (через димосос). Природна тяга працює за принципом сполучених посудин: важке атмосферне повітря виштовхує легші гарячі гази ($130\text{--}400^{\circ}\text{C}$) з труби в атмосферу. Сила тяги зростає при збільшенні висоти труби, зниженні

температури повітря або підвищенні температури газів. Труби бувають сталеві (до 35 м), цегляні (до 80 м із внутрішньою футеровкою вогнетривом) та залізобетонні (від 100 м). Тиск у газоходах називають розрідженням (він менше атмосферного). Розрідження зростає від 10–50 Па в топці до 100–300 Па (при природній тязі) або 1–2 кПа (при штучній) біля основи труби. Через високу температуру в топці може виникати самотяга, що іноді створює надлишковий тиск у її верхній частині, що може призвести до небезпечного вибивання полум'я.

Висновок до розділу №1

Проведений детальний аналіз технічних характеристик та конструктивних особливостей сучасного котельного обладнання дозволяє стверджувати, що установки середньої потужності відіграють стратегічну роль у забезпеченні життєдіяльності об'єктів житлово-комунального господарства та промислового сектору. Застосування твердого палива в таких системах залишається економічно доцільним завдяки впровадженню сучасних технологій автоматизації, які дають змогу здійснювати прецизійне управління тепловими процесами та адаптувати роботу агрегатів до коливань температури зовнішнього середовища.

Розгляд внутрішньої структури котельних агрегатів підтверджує, що вони є високотехнологічними системами, де кожен функціональний вузол — від екранованих радіаційних поверхонь у топці до конвективних пучків та економайзерів — працює на максимізацію коефіцієнта корисної дії. Різноманітність класифікацій за типом теплоносія, аеродинамічним режимом та характером циркуляції свідчить про гнучкість інженерних рішень, що дозволяє оптимізувати параметри паропродуктивності та тиску під конкретні вимоги технологічних процесів.

Впровадження засобів автоматизації виступає базовим фундаментом сучасної теплоенергетики, виконуючи функції безперервного контролю, регулювання та протиаварійного захисту. Це не лише підвищує загальну енергоефективність системи, а й гарантує дотримання суворих вимог

промислової безпеки, мінімізуючи ризики, пов'язані з людським фактором. Повна або комплексна автоматизація стає обов'язковим стандартом, без якого експлуатація сучасних котелень є неможливою та недопустимою згідно з нормативними актами.

Особливе значення для стабільної роботи має правильна організація аеродинамічних режимів тяги та дуття. Розуміння фізичних процесів, що відбуваються в димових трубах та газоходах, а також врахування явищ самотяги та розрідження, дозволяє забезпечити оптимальні умови для спалювання палива та безпечного відведення продуктів згоряння. Ці аспекти створюють необхідну теоретичну та практичну базу для подальшої модернізації теплогенеруючих потужностей та проектування інноваційних енергоефективних систем.

РОЗДІЛ 2 АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ТВЕРДОПАЛИВНОЇ КОТЕЛЬНОЇ

2.1 Автоматизація твердопаливної котельні

Сучасний стан розвитку теплоенергетики вимагає впровадження високоефективних рішень, тому на базі передового обладнання компанії ОВЕН було розроблено та реалізовано проект повністю автоматизованої котельні, що функціонує на твердому паливі. Даний енергетичний об'єкт має загальну встановлену потужність 5,0 МВт і спроектований для роботи на альтернативних видах палива, що є економічно вигідним рішенням у сучасних умовах. Технологічне серце котельні складається з двох автоматичних котлоагрегатів моделі LIKA KBT-2500M. Потужність кожного з цих котлів становить 2500 кВт, а їх виробництво здійснюється на відомому вітчизняному підприємстві — Житомирському Котлозаводі ТОВ «Ліка-Світ». Ці установки спеціально адаптовані для повної автоматизації всіх циклів теплогенерації.

Технічне оснащення даної котельні включає широкий перелік складного обладнання, що працює як єдиний механізм. До складу об'єкта входять чотирьохходові футеровані котли ретортного типу серії LIKA KBT-2500M, які забезпечують високий ККД спалювання палива. Керування ними здійснюється через спеціалізовані системи управління LIKA, оснащені ергономічними сенсорними панелями для оператора. Для очищення димових газів та утилізації тепла використовуються мультициклони-утилізатори моделі LIKA COY-3000, а примусове відведення продуктів згоряння забезпечують димососи LIKA Д-7,5. Важливою особливістю є наявність пневматичних систем для видалення сажі, робота яких підтримується компресорними установками, що керуються безпосередньо інтелектуальною автоматикою котла. Окрім цього, реалізовано повний цикл автоматичного золовидалення, який охоплює як самі котли, так і блоки мультициклонів-утилізаторів.

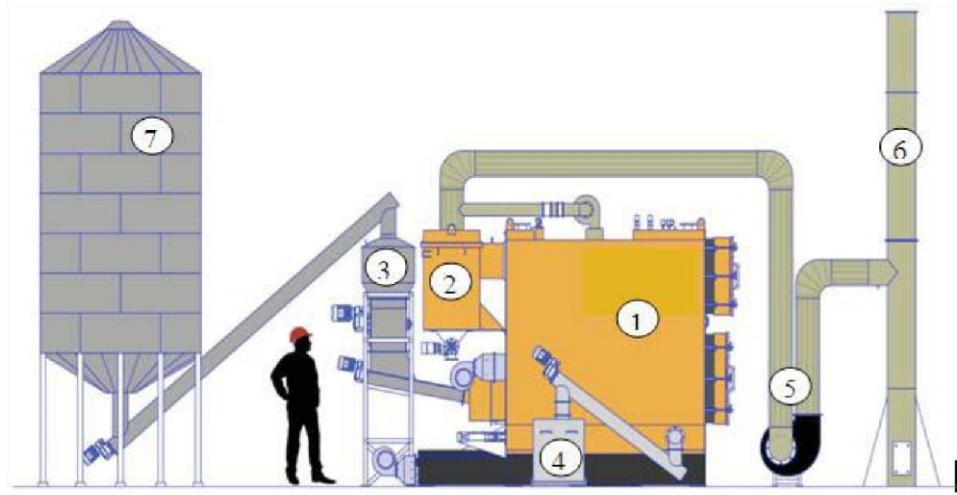


Рисунок 2.1 Технологічна схема твердопаливної котельні

Для детального розуміння принципів роботи системи необхідно розглянути функціональну схему, яка ілюструє взаємозв'язок усіх вузлів. На схемі під номером 1 позначено безпосередньо котел, а номер 2 відповідає за мультициклон. Паливо зберігається у витратному бункері (3), звідки воно подається в систему. Відходи горіння збираються у золотому контейнері (4), а рух газів забезпечує димосос (5), що спрямовує їх у димову трубу (6). Основним місцем зберігання палива є склад у вигляді бункера типу «силос» (7). Внутрішня конструкція котла включає димогарний трубчатий теплообмінник (8) та колосникову решітку (9). Видалення попелу з топки здійснюється спеціальним шнеком (10). Для підтримання процесу горіння встановлені вентилятори первинного (11) та вторинного (12) повітря, а також вентилятор рециркуляції димових газів (13). Транспортування пелет забезпечується шнеком подачі з бункеру (14) через шлюз-дозатор (15) безпосередньо в топку котла за допомогою шнека (16). Гідравлічна частина представлена гідростанцією з циліндричним поршнем (17). Також передбачено шнек видалення золи з мультициклону (18), насос рециркуляції (19) та потужний насос для подачі гарячого теплоносія безпосередньо до тепломережі (20).

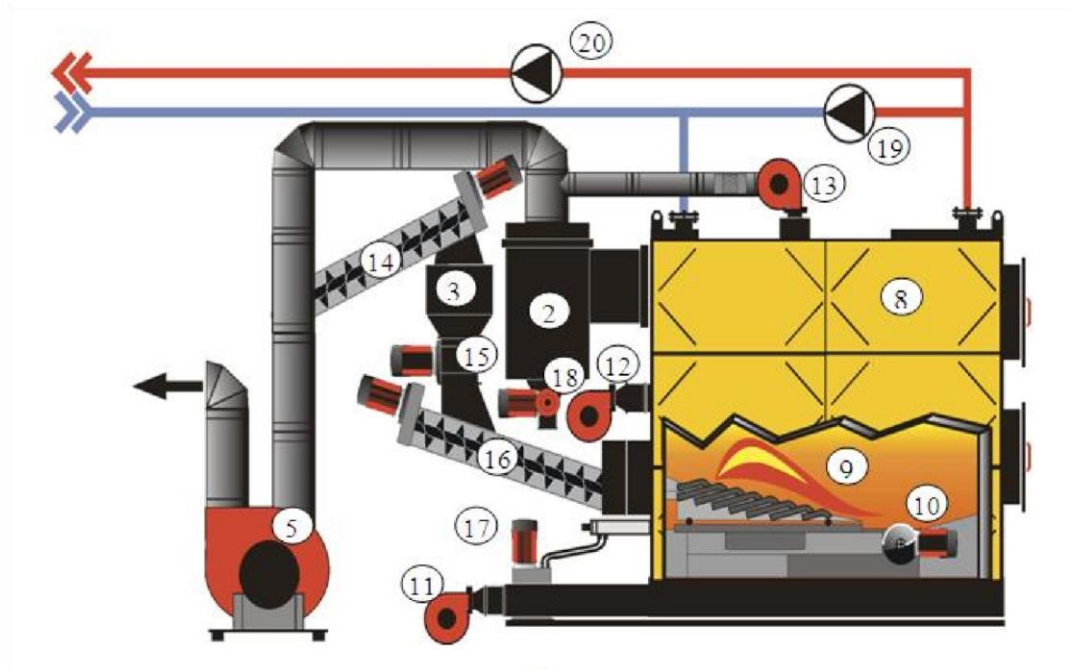


Рисунок 2.2 Функціональна схема твердопаливної котельні

Аналіз функціональної схеми твердопаливної котельні (Рисунок 2.2) дозволяє детально простежити шлях енергоносія від моменту зберігання до перетворення його на теплову енергію та подальшого транспортування до споживача. Схема демонструє інтегрований комплекс механізмів, де кожен етап суворо синхронізований за допомогою засобів автоматизації.

Процес починається з паливного складу — силосу (7), де зберігається запас пелет. За допомогою шнека (14) паливо транспортується до проміжного витратного бункера (3). Ключовим елементом безпеки та дозування тут виступає шлюз-дозатор (15), який запобігає зворотному займанню палива в каналі подачі та забезпечує рівномірне надходження пелет до шнека (16), що закидає їх безпосередньо в топку котла (1). Усередині топки паливо потрапляє на колосникову решітку (9), де відбувається його термічне розкладання та спалювання.

Важливу роль в інтенсифікації горіння відіграє аеродинамічна система. Вентилятор первинного повітря (11) подає кисень під колосникову решітку для підтримки основного горіння, тоді як вентилятор вторинного повітря (12) забезпечує повне допалювання летких газів над шаром палива. Додатково

передбачено вентилятор рециркуляції димових газів (13), що дозволяє оптимізувати температурний режим у топці та знизити викиди шкідливих речовин. Контроль за роботою рухомих елементів топки та інших гідравлічних вузлів забезпечує гідростанція з циліндричним поршнем (17).

Теплова енергія передається теплоносію через димогарний трубчатий теплообмінник (8). Продукти згоряння після виходу з котла потрапляють до мультициклону (2), де відбувається відцентрове очищення газу від великих часток попелу. Видалення золи реалізовано автоматично: шнек (10) виводить залишки з топки котла, а шнек (18) — з мультициклону, спрямовуючи їх у спільний золовий контейнер (4). Відпрацьовані димові гази за допомогою димососа (5) видаляються через димову трубу (6) в атмосферу.

Гідравлічна обв'язка котельні забезпечує циркуляцію води в системі. Насос рециркуляції (19) підтримує необхідну температуру теплоносія на вході в котел (захист від «точки роси»), а магістральний насос (20) здійснює безпосередню подачу нагрітої води до тепломережі споживача. Весь цей ланцюжок контролюється датчиками тиску та температури, що передають дані на контролери ОВЕН для підтримки заданого режиму роботи.

Основним видом палива для даного об'єкта обрано пелети, що виготовляються з відходів деревообробної промисловості, а також продукти переробки соняшнику, що підкреслює екологічність проекту. Процес паливоподачі повністю автоматизований: паливо транспортується зі сховища до котлів за допомогою високонадійних шнекових транспортерів моделі ЛІКА СПТ-115. Весь цей складний комплекс механізмів працює під управлінням високоточних приладів компанії ОВЕН. Для реалізації системи було використано наступну номенклатуру пристроїв: перетворювач частоти ПЧВ204-11К-В для точного регулювання обертів двигунів; локальна панель оператора ЛПО2; графічна сенсорна панель СП307-Р, що слугує основним інтерфейсом управління; та програмоване реле ПР200-24.2.2.0, яке виступає інтелектуальним ядром системи.

Крім контролерів, система насичена датчиками для безперервного моніторингу параметрів. Використовуються датчики тиску ПД100-ДП1,0-111-

1,0 та спеціалізовані перетворювачі тиску-розрідження ПД100-ДІВ0,0005-811-1,5 для контролю стану тяги в топочній камері. Стабільність енергопостачання компонентів автоматики гарантує блок живлення БП30Б-ДЗ-24[М01]. Температурний контроль здійснюється у двох діапазонах: для високотемпературних зон використовується термопара ДТПК125-0914.800.1, а для точного вимірювання температури теплоносія в трубопроводах застосовано термоперетворювач опору ДТС065-РТ1000.В3.60. Таке поєднання приладів дозволяє системі працювати стабільно, безпечно та з мінімальною участю обслуговуючого персоналу.

2.2 Перетворювач частоти векторний ПЧВ204-11К-В

Векторний перетворювач частоти серії ПЧВ204-11К-В представляє собою сучасний високоефективний пристрій, що входить до універсальної лінійки засобів керування електроприводами. Дане обладнання спроектоване для забезпечення точного та надійного контролю роботи асинхронних електродвигунів, які широко застосовуються в різних галузях промисловості, енергетики та об'єктах житлово-комунального господарства. Завдяки впровадженню передових алгоритмів обробки сигналів, ПЧВ забезпечує стабільне функціонування виконавчих механізмів навіть у складних експлуатаційних умовах, пропонуючи користувачеві широкий спектр інструментів для вирішення завдань частотного регулювання будь-якої складності.

Функціональні можливості приладу охоплюють повний цикл управління двигуном, починаючи від реалізації плавного пуску та закінчуючи контрольованою зупинкою. Система дозволяє здійснювати відкладений запуск або стартувати під значним навантаженням, використовуючи спеціальну S-подібну характеристику прискорення, що запобігає ривкам та механічним пошкодженням приводу. Окрім цього, перетворювач забезпечує ефективне балансування навантаження та динамічну компенсацію ковзання, що критично важливо для підтримання заданих обертів при змінному опорі на валу.

Користувачеві доступні два основні алгоритми керування: класичний вольт-частотний режим (U/f) та більш прогресивний векторний метод, який гарантує високу точність моменту на низьких частотах. Процес налаштування значно спрощується завдяки функції автоматичної адаптації до параметрів електродвигуна, яка виконується без необхідності фізичного повороту вала. Особливу увагу в конструкції приділено енергоефективності: вбудований режим автоматичної оптимізації енергоспоживання (АЕО) дозволяє пристрою динамічно підлаштовувати вихідну потужність під реальну потребу механізму, що суттєво знижує витрати електроенергії в масштабах всього підприємства.

Надійність експлуатації гарантується комплексною системою апаратної та функціональної діагностики, яка в режимі реального часу відстежує стан ПЧВ та захищає його від критичних перевантажень. Для боротьби з мережевими завадами та гармоніками в конструкцію вже інтегровано мережевий дросель та дросель у ланці постійного струму. Більше того, наявність вбудованого ПІ-регулятора дає змогу створювати замкнуті контури управління для стабілізації таких технологічних параметрів, як тиск у системі, температура теплоносія або рівень рідини, без використання зовнішніх логічних пристроїв.

Для вирішення специфічних інженерних завдань, що потребують особливої точності або виконання складних логічних послідовностей, у перетворювач вбудовано програмований логічний контролер (ПЛК). Це дозволяє реалізовувати сценарії позиціонування приводів та складні цикли роботи обладнання. Прилад також підтримує роботу із зовнішніми інкрементальними енкодерами, що забезпечує стабільне обертання на надмалих частотах із високою роздільною здатністю. У разі необхідності швидкої зупинки інерційних мас передбачено режим динамічного гальмування з можливістю підключення зовнішніх гальмівних резисторів.

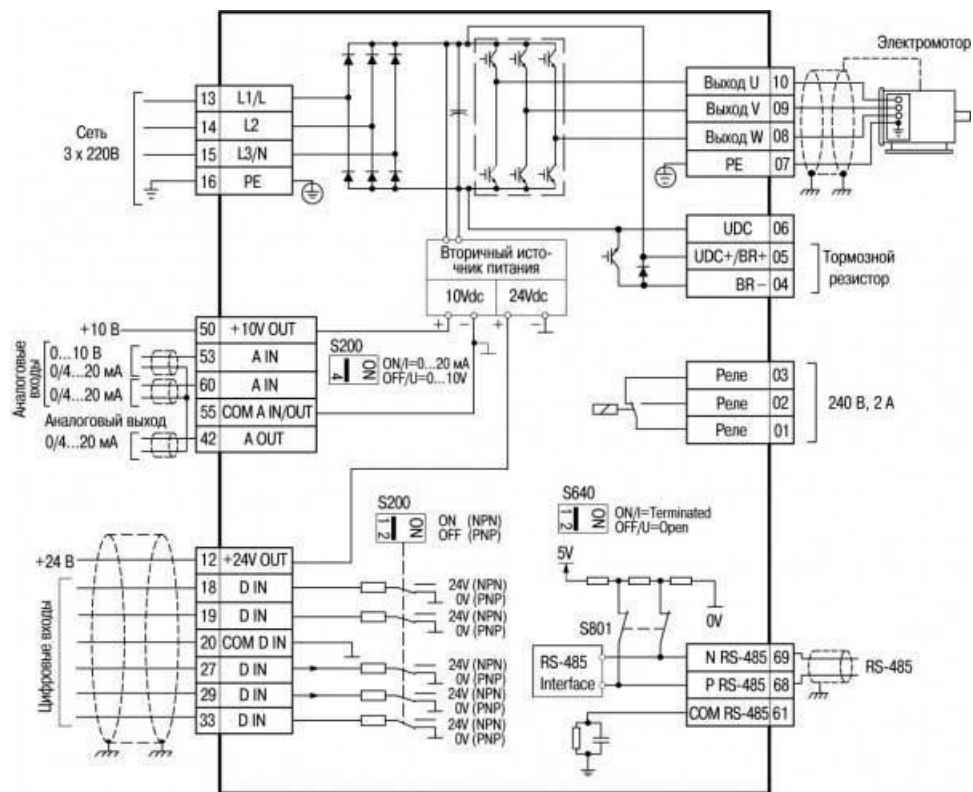


Рисунок 2.3 Схема електричних з'єднувань всіх клем перетворювача частоти

Інтеграція в сучасні системи автоматизації та диспетчеризації здійснюється через гнучку структуру керування, яка підтримує одночасну роботу через фізичні входи/виходи та цифровий інтерфейс RS-485. Налаштування пристрою відрізняється простотою завдяки використанню зрозумілого російськомовного конфігуратора або локальної панелі оператора (ЛПО). Для типових завдань передбачені «швидкі меню» та готові бібліотеки конфігурацій, що мінімізує час на запуск обладнання.

Технічні характеристики ПЧВ204-11К-В відповідають високим промисловим стандартам. Живлення пристроїв можливе як від однофазної мережі 220 В (для моделей від 0,18 до 2,2 кВт), так і від трифазної мережі 380 В (для діапазону потужностей від 0,37 до 22 кВт). Вихідна частота може регулюватися до 400 Гц при діапазоні регулювання швидкості до 1:1000. Виняткова точність підтримання частоти обертання становить до 0,1%, а точність за моментом — до 0,5% від фактичних значень, що робить цей перетворювач ідеальним вибором для автоматизації котельних установок.

2.3 Локальна панель оператора ЛПО2

Локальна панель оператора (скорочено — ЛПО) є невід'ємним інструментарієм для повноцінної експлуатації та обслуговування перетворювачів частоти серії ПЧВ. Основним функціональним призначенням цього пристрою є створення зручного інтерфейсу для взаємодії людини з автоматикою. За допомогою ЛПО технічний персонал має можливість здійснювати точне налаштування внутрішніх параметрів приладу, виконувати програмування складних алгоритмів роботи, а також проводити візуальний моніторинг поточного стану системи. Окрім інформаційної функції, панель забезпечує оперативне ручне керування перетворювачем, що є критично важливим під час пусконаладжувальних робіт або в разі виникнення позаштатних ситуацій на об'єкті.

Виробником передбачено кілька модифікацій панелей, кожна з яких має свої конструктивні особливості та сферу застосування. Модель ЛПО1 відрізняється наявністю вбудованого поворотного потенціометра безпосередньо на лицьовій стороні, що дозволяє плавно регулювати частоту вручну. На противагу їй, обрана для даного проекту модель ЛПО₂ не має фізичного потенціометра на панелі, що підвищує захищеність пристрою від ненавмисних механічних змін налаштувань. Обидва типи цих панелей (ЛПО1 та ЛПО₂) уніфіковані для встановлення на корпуси перетворювачів частоти серій ПЧВ1 та ПЧВ2.

Окремо в лінійці стоїть модель ЛПО₃, яка має вузьку спеціалізацію і встановлюється виключно на частотні перетворювачі серії ПЧВ3. Як і в моделі другого типу, потенціометр на її лицьовій частині відсутній. Важливою технологічною особливістю ЛПО₃ є те, що після завершення процесу програмування та збереження всіх необхідних уставок, перетворювач частоти здатний функціонувати в автономному режимі без підключеної панелі. Така конструктивна гнучкість дозволяє оптимізувати витрати: при закупівлі великої партії обладнання з кількох одиниць ПЧВ3, їх можна комплектувати лише однією панеллю ЛПО₃, яка використовуватиметься по черзі як переносний термінал для налаштування

кожного окремого пристрою.

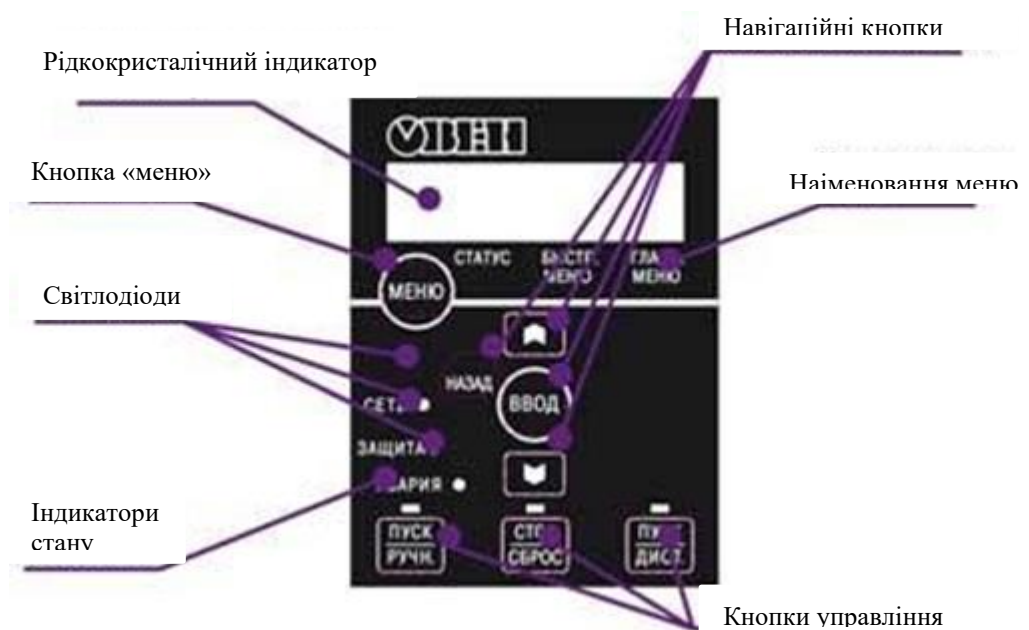


Рисунок 2.4 ЛПО2. Локальна панель оператора

Для реалізації завдань даної кваліфікаційної роботи та забезпечення стабільного керування приводами котельної установки було обрано саме локальну панель оператора моделі ЛПО2. Цей вибір обґрунтований необхідністю надійного цифрового введення параметрів та відображення даних на рідкокристалічному дисплеї, що виключає похибки, притаманні аналоговим способам регулювання. Панель кріпиться безпосередньо на передню кришку ПЧВ204-11К-В, забезпечуючи оператору миттєвий доступ до структури меню, кодів помилок та поточних значень вихідної напруги і частоти струму.

2.4 Сенсорні панелі оператора СП307-Р

Сучасна лінійка сенсорних панелей оператора серії СП3хх, до якої належить модель СП307-Р, розроблена спеціально для створення ергономічного інтерфейсу взаємодії між людиною та автоматизованою системою. Основним призначенням цих пристроїв є візуалізація технологічних параметрів у реальному часі, забезпечення оперативного дистанційного керування виконавчими механізмами, а також ведення детальних архівів подій та значень датчиків. Процес проектування графічного

інтерфейсу та конфігурування логіки панелі здійснюється у спеціалізованому програмному середовищі «Конфігуратор СП300», яке має інтуїтивно зрозумілий інструментарій. Дані панелі є ідеальним рішенням для спільної експлуатації з іншим обладнанням компанії ОВЕН, зокрема з програмованими логічними контролерами (ПЛК), інтелектуальними реле (ІР), перетворювачами частоти (ПЧВ) та вимірювачами-регуляторами (ТРМ).

Важливою перевагою серії є гнучкість у роботі з мережевими протоколами, що дозволяє панелям виступати як у ролі майстра мережі (Master), так і в ролі підлеглого пристрою (Slave). На Рисунку 2.5 схематично відображено принцип функціонування панелей у межах промислової мережі, де СП3хх об'єднує різноманітні пристрої в єдину інформаційну систему. Це дозволяє оператору не лише бачити поточний стан об'єкта, а й втручатися в роботу кожного окремого вузла автоматизації безпосередньо з одного робочого місця.

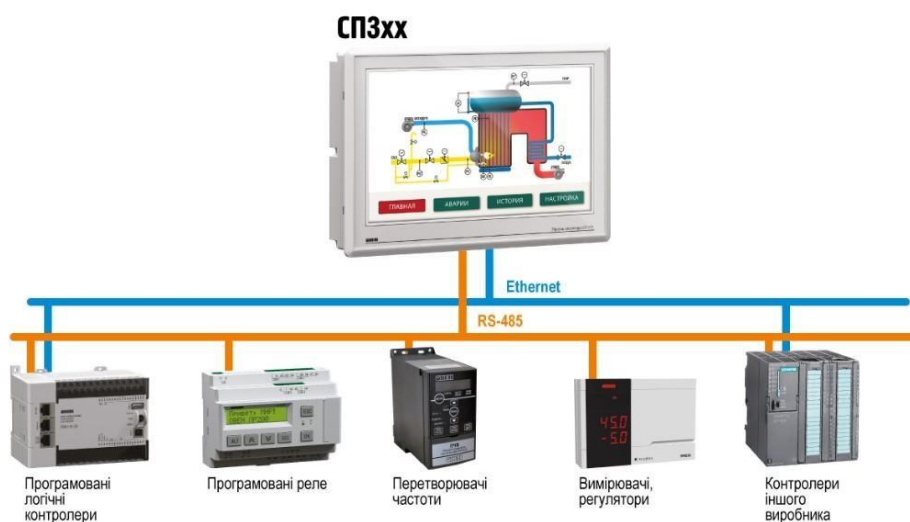


Рисунок 2.5 Схема роботи панелей серії СП3хх у мережі

Розглядаючи функціональні особливості операторської панелі СП307-Р, варто виділити зручність оновлення програмного забезпечення. Завантаження користувацької програми на пристрій може здійснюватися двома основними способами. Перший спосіб передбачає використання стандартного USB-кабелю для підключення панелі до персонального комп'ютера. Для початку роботи технічному спеціалісту достатньо встановити ПЗ «Конфігуратор СП300», що вже містить необхідні вбудовані

драйвери, та з'єднати пристрої. Другий спосіб реалізований через використання зовнішніх USB-flash-накопичувачів, що доступно в розширених модифікаціях, таких як СП307-Р та СП310-Р. Ця функція є надзвичайно корисною в польових умовах або на об'єктах, де пряме підключення ноутбука до встановленої в щит панелі є фізично складним або неможливим.

Крім оновлення ПЗ, USB-flash-накопичувачі використовуються для розширеного архівування даних. Запис інформації виконується у загальноприйнятому форматі CSV, що дозволяє легко обробляти дані на зовнішніх комп'ютерах за допомогою редакторів таблиць, таких як Microsoft Excel або Google-таблиці. Таким чином, зібрану інформацію можна перетворити на наочні звіти, наприклад, побудувати графік коливань температури в котлі за цілий рік. Окрім функції запису, передбачена можливість зчитування даних із накопичувача назад у пам'ять панелі СП3хх для подальшого відображення у вигляді внутрішніх таблиць, графіків або передачі цих значень по мережі у ПЛК для корекції алгоритмів керування.

Функціональність інтерфейсу значно розширюється завдяки можливості створення скриптів. Користувач може писати невеликі програмні модулі на мові, подібній до мови «CІ» (C-family), що дозволяє реалізувати допоміжну логіку, яку важко забезпечити стандартними графічними елементами. Проте слід пам'ятати, що такі скрипти слугують лише доповненням до візуалізації і не призначені для повноцінного керування складними технологічними процесами. Для безпосереднього керування в асортименті виробника існують спеціалізовані панельні контролери (СПК).

Для наочності подання інформації в СП307-Р реалізовано потужний інструментарій побудови графіків. Доступно кілька типів елементів: ХУ-графік для побудови кривих за відповідними координатами; графік зі збереженням історії, який дозволяє переглядати динаміку змін однієї або декількох змінних за тривалий минулий період (наприклад, аналіз температури за минулий місяць); та графік реального часу, який відображає лише поточні зміни, що суттєво заощаджує внутрішню пам'ять пристрою.

Окрім графіків, панель підтримує роботу з таблицями, які ідеально підходять для ведення журналів подій та аварій. В таких таблицях оператор може не лише переглядати хронологію станів, а й підтверджувати (квітувати) аварійні повідомлення простим натисканням на відповідний рядок.

Естетика та інформативність інтерфейсу також підвищуються завдяки можливості завантаження зовнішніх графічних зображень у форматі JPG. Їх можна використовувати як фонові малюнки (технологічні підкладки) або як активні елементи керування, наприклад, створювати унікальні кнопки з реалістичним виглядом. Безпека експлуатації гарантується багаторівневою системою обмеження прав доступу. В системі можна налаштувати до 12 рівнів доступу, де для кожного рівня (від оператора до головного інженера) встановлюється індивідуальний логін та унікальний пароль, що запобігає несанкціонованим змінам у критичних налаштуваннях обладнання.

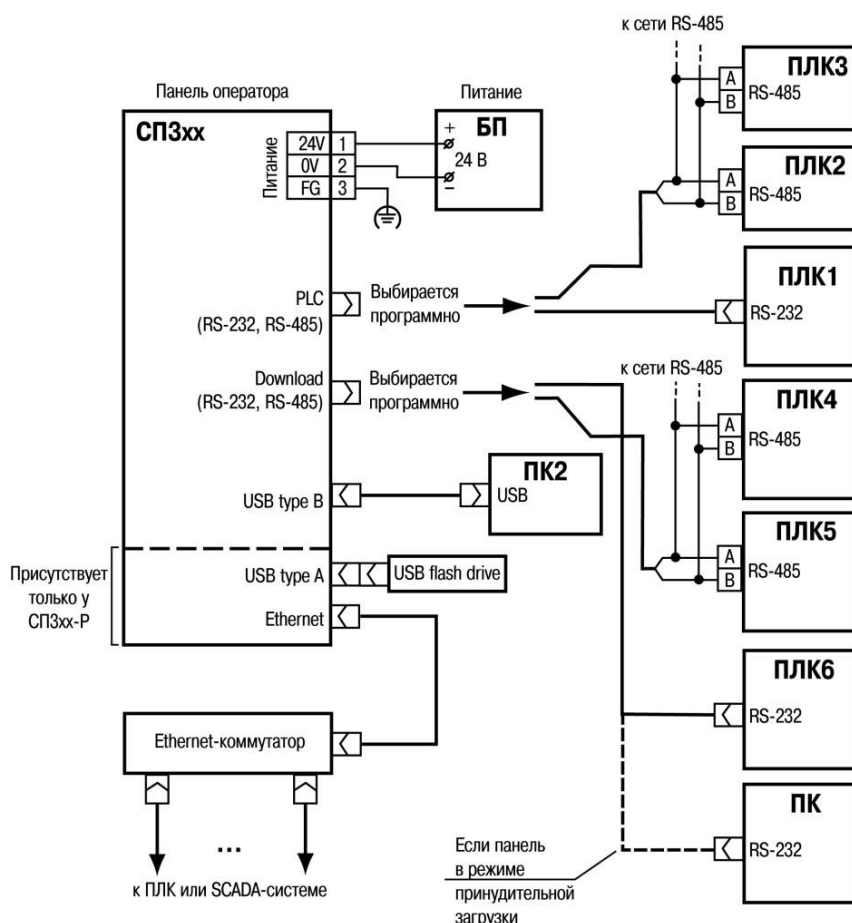


Рисунок 2.6 Схема підключення панелей серії СПЗхх у мережі

На Рисунку 2.6 продемонстровано фізичну реалізацію підключення панелі до мережі. Завдяки наявності декількох комунікаційних портів, панель

СП307-Р здатна одночасно обмінюватися даними з різними групами пристроїв, виконуючи роль центрального вузла збору інформації та керування в автоматизованій котельні.

2.5 Призначення та функціональні особливості терморегулятора 2TRM1

Промисловий терморегулятор ОВЕН 2TRM1 є багатофункціональним мікропроцесорним пристроєм, що спеціально розроблений для високоточного вимірювання, безперервної реєстрації або автоматичного регулювання температурних режимів теплоносіїв та різноманітних середовищ. Завдяки своїй універсальності, даний прилад знаходить широке застосування в холодильній техніці, сушильних шафах, промислових печах різного технологічного призначення, а також в іншому складному обладнанні. Окрім температурних показників, пристрій здатен обробляти та контролювати інші фізичні параметри, такі як тиск, вага, вологість або витрата, що робить його ключовим елементом у системах автоматизації. Прилад характеризується високими метрологічними показниками: клас точності становить 0,5 при роботі з термопарами та підвищується до 0,25 при використанні інших типів сигналів. Виробник пропонує гнучкість монтажу, випускаючи регулятор у п'яти різних типах корпусів, що дозволяє обрати оптимальний варіант під конкретні умови експлуатації: настінний Н, на DIN-рейку Д або щитові Щ1, Щ11 та Щ2.

Основним функціональним ядром вимірювача ОВЕН 2TRM1 є наявність двох універсальних входів, до яких можна під'єднувати широкий спектр первинних перетворювачів. Прилад підтримує два незалежні канали регулювання або реєстрації вхідних величин. Користувачу доступні режими двопозиційного регулювання та аналогового П-регулювання, що дозволяє здійснювати реєстрацію параметрів через струмовий вихід 4...20 мА. Для забезпечення чистоти даних передбачена цифрова фільтрація сигналів, корекція похибок датчиків та масштабування шкали. Технологічні можливості включають спеціальні функції, такі як розрахунок квадратного

кореня та обчислення математичної різниці між двома вхідними сигналами. Надійність живлення забезпечується імпульсним джерелом, а вбудоване джерело живлення 24 В дозволяє жити активні датчики безпосередньо від приладу.

Особливий інтерес для систем автоматизації котелень становить режим роботи приладу за обчислюваною різницею значень (дельта температур). Це необхідно, наприклад, для контролю перепаду температур між прямою та зворотною магістралями тепломережі або для управління змішувальними вузлами. Для реалізації такого режиму підтримки заданої різниці температур налаштування приладу виконується за чітким алгоритмом через вбудоване меню. Першочергово необхідно зайти в рівень програмування параметрів входу та встановити типи датчиків для обох каналів (параметри in.t1 та in.t2). Після фізичного підключення термоперетворювачів опору або термопар, прилад починає отримувати два незалежні сигнали.

Наступним критичним кроком є конфігурування логічного пристрою (ЛП). У параметрах вибору вхідної величини для логічного пристрою необхідно вказати код, що відповідає різниці значень (dtn.1 або dtn.2). У цьому випадку регулятор автоматично віднімає значення другого входу від першого. Після цього встановлюється робоча уставка (SP), яка в даному контексті буде означати не абсолютну температуру, а саме цільову різницю в градусах Цельсія, яку система має підтримувати. Якщо 2TRM1 працює як двопозиційний регулятор (компаратор), необхідно також задати гістерезис (H) — зону нечутливості, яка запобігатиме занадто частому спрацюванню вихідного реле при незначних коливаннях різниці температур навколо заданої точки.

Завершальний етап налаштування включає вибір режиму роботи вихідного пристрою. Якщо завданням є підігрів для збільшення різниці, обирається режим «нагрівач» (пряма логіка), якщо охолодження для зменшення перепаду — режим «охолоджувач» (зворотна логіка). Також можна встановити параметри затримки вмикання та вимикання реле для захисту виконавчих механізмів, наприклад, циркуляційних насосів або

електроприводів клапанів, від перевантаження. Завдяки універсальним входам, такий алгоритм дозволяє підтримувати не тільки різницю температур, а й, наприклад, перепад тиску, якщо на входи подати сигнали з датчиків тиску 4...20 мА. Усі введені уставки надійно зберігаються в енергонезалежній пам'яті приладу, а доступ до них може бути обмежений паролем для захисту від несанкціонованого втручання персоналу, що забезпечує стабільність та безпеку всього технологічного процесу котельної установки.

2.6 PR200. Програмоване реле

Інтелектуальне програмоване реле ОВЕН PR200 представляє собою сучасний багатофункціональний пристрій, спеціально розроблений для ефективного розв'язання широкого спектра завдань у сферах водопідготовки, водоочищення, а також для керування невеликими насосними групами та іншими системами локальної автоматизації. Даний пристрій зарекомендував себе як надзвичайно надійне рішення, яке вирізняється простотою як у процесі програмування, так і під час безпосередньої експлуатації на об'єкті. Важливою перевагою PR200 є те, що його програмування не вимагає від спеціаліста специфічних навичок написання складного програмного коду, оскільки весь процес реалізується у безкоштовному, інтуїтивно зрозумілому середовищі OWENLogic. Алгоритм роботи приладу створюється користувачем за допомогою графічної мови функціональних блоків (ФБ), що фактично базується на логіці релейних схем. Готова програма записується в пам'ять інтелектуального реле за допомогою стандартного MiniUSB-кабелю, що значно спрощує налагодження. Для розширення комунікаційних можливостей та інтеграції в мережі диспетчеризації передбачена можливість встановлення інтерфейсної плати ОВЕН PR-ІП485, яка додає підтримку протоколу RS-485.

Аналізуючи відмінні характеристики PR200, слід зазначити гнучкість системи живлення: залежно від обраної модифікації, пристрій може працювати від мережі змінного струму 230 В або від джерела постійного струму 24 В. У

модифікаціях, розрахованих на 230 В, передбачено вбудоване джерело постійної напруги 24 В, яке призначене для живлення аналогових каналів введення та виведення даних, що дозволяє відмовитися від використання зовнішніх блоків живлення для підключених датчиків. Аналогові входи пристрою мають універсальний характер і здатні приймати різноманітні сигнали, зокрема струм 4...20 мА, напругу 0...10 В або опір 0...4 кОм. Крім того, ці входи можуть бути налаштовані для роботи в режимі звичайного дискретного входу. Вибір конкретного режиму роботи здійснюється безпосередньо на платі приладу за допомогою переминок (джамперів). Також конструктори врахували потреби інженерів, інтегрувавши шунтувальний резистор для входу 4...20 мА безпосередньо всередину корпусу. Пристрій оснащений вбудованим годинником реального часу з терміном служби батареї до 10 років, а використання стандартного MiniUSB-кабелю для програмування, що постачається в комплекті, виключає потребу в дорогих спеціалізованих перетворювачах інтерфейсів.

Символьний індикатор, яким оснащено реле ПР200, значно розширює можливості моніторингу та локального керування. Видима частина дисплея складається з двох рядків по 16 символів у кожному, з повною підтримкою кирилиці та латиниці в меню. Важливою особливістю є те, що інформаційне поле екрана не обмежується лише видимою областю — користувач має можливість гортати вміст екрана вгору та вниз. На індикаторі можна не тільки відображати поточні параметри, а й створювати спеціальне "меню оператора" для оперативного коригування значень програми користувача. Крім того, існує окреме "меню налагоджувальника", призначене для глибокої зміни налаштувань самого пристрою. У цьому меню можна змінити типи датчиків, виконати масштабування вимірювальних шкал, відрегулювати яскравість підсвічування екрана або змінити параметри мережевих портів, що робить експлуатацію приладу максимально гнучкою.

З точки зору конструктивних особливостей, ПР200 виконаний у новому компактному форм-факторі, де довжина корпусу становить 7 стандартних модулів (7 DIN). Така конструкція дозволяє зручно розміщувати реле як у

великих промислових шафах керування, так і в невеликих розподільчих щитках поруч із звичайними автоматичними вимикачами. Для зручності монтажу та швидкої заміни пристрою передбачені знімні клемники. До комплекту постачання також входять спеціальні механічні "ключі", які встановлюються на клемники та надійно попереджають помилкове підключення дротів, що суттєво знижує ризик пошкодження обладнання через людський фактор під час проведення сервісних чи інсталяційних робіт.

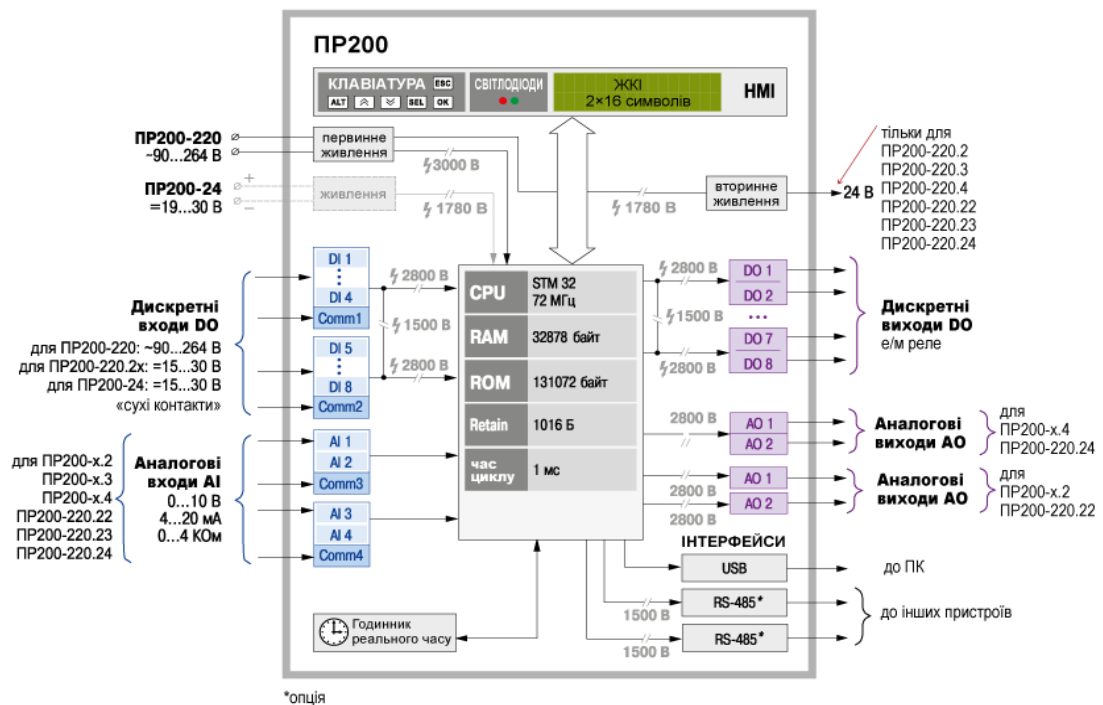


Рисунок 2.7 Програмоване реле PR200.

2.7 ПД100-ДІ-111/171/181. Датчики тиску загальнопромислові

Загальнопромислові перетворювачі тиску лінійки ОВЕН ПД100-ДІ, що представлені моделями 111, 171 та 181, є сучасними пристроями, розробленими для виконання завдань безперервного моніторингу та перетворення показників надлишкового тиску різноманітних середовищ. Дані датчики здатні працювати з рідкими та газоподібними субстанціями, які

за своїми хімічними властивостями є неагресивними щодо конструкційних матеріалів приладу. Ключовою функцією пристроїв є трансформація механічного тиску в уніфікований електричний сигнал постійного струму в діапазоні 4...20 мА. Важливою експлуатаційною перевагою цих моделей є їхня висока механічна стійкість до гідроударів, що забезпечує довговічність роботи у складних гідравлічних мережах.

Конструктивна надійність моделей 111, 171 та 181 базується на використанні передового сенсора з вимірювальною мембраною, виготовленою з високоякісної нержавіючої сталі марки AISI 316L, що є запорукою високої метрологічної точності. Технологічне виконання сенсора реалізовано за принципом «кремній на кремнії» (КНК), де тензорезистивний міст наноситься безпосередньо на монокристал кремнію методом дифузії. Штуцер приладу також виготовлений з корозійностійкої сталі марки AISI 304S. Для підключення до систем керування використовується стандартизований електричний роз'єм згідно з нормативом EN175301-803 (DIN43650 A). Завдяки своїм характеристикам, ці перетворювачі знаходять широке застосування в автоматизації об'єктів водопостачання, теплових пунктів, котелень, а також у системах газового господарства та пневмосистемах.

Технічні параметри перетворювача ОВЕН ПД100-ДІ охоплюють широкий діапазон вимірювань — від 16 кПа до 40 МПа. Прилади демонструють високу точність із основною зведеною похибкою 0,5% або 1,0% від верхньої межі вимірювань (ВМВ). Важливою характеристикою є перевантажувальна здатність, яка становить не менше 200% від номінального значення тиску. Корпус пристрою та його електрична частина надійно захищені за стандартом IP65, що дозволяє використовувати їх у приміщеннях з підвищеною вологістю та запиленістю. Завадостійкість приладів повністю відповідає суворим вимогам до промислового обладнання класу А.

Окрему групу обладнання для спеціалізованих завдань становлять датчики ПД100 моделей 811, 871 та 881, які оптимізовані для потреб котельної автоматики та систем вентиляції. Ці перетворювачі оснащені

сенсором типу «відкритий кремнієвий кристал з тензорезистивним мостом» і призначені для роботи з низькими тисками неагресивних газів, включаючи природний газ (метан) та повітря. Вони ідеально підходять для створення систем автоматичного регулювання розрідження в топках котлів або тиску в повітропроводах вентиляційних установок.

Основні характеристики перетворювачів моделей 811/871/881 дозволяють вимірювати не тільки надлишковий, а й вакуумметричний та навіть комбінований (надлишково-вакуумметричний) тиск у діапазоні від 0,2 до 100,0 кПа. Ці датчики вирізняються надзвичайно високою перевантажувальною здатністю, яка складає не менше 400% від верхньої межі вимірювань. Метрологічні властивості пристроїв варіюються залежно від потреб замовника, пропонуючи класи точності 1.5, 1.0, 0.5 та навіть прецизійний рівень 0.25% ВМВ. Як і загальнопромислові аналоги, ці моделі мають ступінь захисту IP65 та високу стійкість до промислових завад, що робить їх надійним інструментом для автоматизації котельних та теплових пунктів.

2.8 БП15, БП30, БП60 для промислової автоматики

Промислові блоки живлення лінійки ОВЕН БП15, БП30 та БП60 представляють собою спеціалізовані джерела енергії, розроблені для забезпечення стабілізованою напругою постійного струму широкого спектру радіoeлектронних пристроїв. Вони є незамінними компонентами систем автоматизації, оскільки забезпечують надійне живлення релейної автоматики, програмованих логічних контролерів, сенсорних панелей та інших інтелектуальних вузлів. Номінальна вихідна потужність пристроїв у цій серії складає відповідно 15, 30 та 60 Вт, що дозволяє оптимально підібрати джерело живлення під конкретне навантаження системи.

Для забезпечення максимальної універсальності кожен блок живлення випускається у модифікаціях із вісьмома номіналами вихідної напруги: 5, 9, 12, 15, 24, 36, 48 та 60 В. Такий широкий вибір параметрів дозволяє застосовувати ці пристрої не лише у промисловій автоматизації для живлення

датчиків та виконавчих механізмів, а й у багатьох інших галузях. До них належать транспортний сектор, охоронні та пожежні системи, комплекси відеоспостереження, системи контролю доступу, торговельне обладнання, термінали самообслуговування, а також світлодіодне освітлення, зовнішня реклама, телекомунікації та локальні інтернет-мережі.

Блоки живлення БП15, БП30 та БП60 виготовляються в ергономічних пластикових корпусах, конструкція яких передбачає швидке та надійне кріплення на стандартну DIN-рейку. Така форма виконання сприяє зручному монтажу в розподільчих щитах та дозволяє будувати системи електроживлення будь-якої складності, включаючи сучасні розподілені системи автоматизації. Основною функцією цих пристроїв є перетворення змінної або постійної вхідної напруги у постійну стабілізовану напругу з високими показниками якості.

Серед ключових функціональних переваг слід виділити здатність блоків до стабільної роботи у широкому діапазоні вхідної напруги без втрати вихідних характеристик. Пристрої забезпечують впевнений запуск навантажень із високими вхідними ємностями, таких як модеми або панелі оператора. Для гарантування безпеки передбачено багаторівневу систему захисту: від перенапруги та імпульсних завад на вході, а також від перевантаження, короткого замикання та перегрівання. Важливою особливістю є можливість точного регулювання вихідної напруги за допомогою внутрішнього підлаштовного резистора в діапазоні $\pm 8\%$ від номіналу, що дозволяє компенсувати падіння напруги на довгих лініях зв'язку. На лицьовій панелі кожного пристрою присутня світлова індикація, що сповіщає про наявність напруги на виході.

Система захисту від перевантаження за струмом має свої особливості залежно від моделі. У блоках живлення БП15Б-х та БП30Б-Д3 (із номіналами 5, 9, 15, 36, 48, 60 В) реалізовано захист типу «відсічка», що спрацьовує при досягненні 150% від номінального струму. Модель БП60Б-х використовує тип захисту «обмеження вихідного струму», який активується при навантаженні у 110% від номіналу. У разі виникнення короткого замикання

всі пристрої серії миттєво переходять у режим «відсічки» до моменту повного усунення несправності.

Аналогічно, захист від перегрівання переводить блоки живлення в режим «відсічки» при перевищенні критичної температури внутрішніх компонентів. Експлуатація пристроїв повинна здійснюватися з урахуванням графіка зниження потужності залежно від температури довкілля. Допустимий робочий діапазон навантажень та температур на графіку зазвичай виділяється затемненою областю, яка вказує користувачеві на межі безпечного функціонування блоку живлення, гарантуючи його довговічність та стабільність у промислових умовах.

2.9 Високотемпературні термопари на основі КТМС

Високотемпературні термопари, виготовлені на основі кабелю з мінеральною ізоляцією в сталевій оболонці (КТМС), представляють собою спеціалізований клас засобів вимірювальної техніки, що розроблені для експлуатації в екстремальних температурних умовах. Основним призначенням цих датчиків є безперервне та точне вимірювання температури, верхня межа якої може сягати 1250 °С. Об'єктами вимірювання можуть виступати різноманітні середовища: газоподібні суміші, рідини, а також тверді та сипкі матеріали, за умови, що вони не проявляють хімічної агресивності щодо матеріалів, з яких виготовлено захисний корпус датчика. Завдяки використанню технології КТМС, такі термопари мають підвищену гнучкість, вібростійкість та здатність витримувати значний зовнішній тиск.

Конструктивною особливістю високотемпературних термопар серії ДТПХХХ5 є їхня розбірна архітектура, що значно підвищує ремонтпридатність та зручність обслуговування обладнання. Внутрішня вставка, виконана безпосередньо з КТМС, вміщується у спеціалізовані захисні чохла, матеріал яких обирається залежно від інтенсивності теплового впливу. Це можуть бути чохла з жароміцної сталі марки ХН45Ю, здатної протистояти окисленню, або високоміцні чохла з корунду марки CER795 (Al₂O₃), що вирізняються винятковою вогнетривкістю та термічною

стійкістю. Завдяки такому захисту, датчики одержали широке розповсюдження у важкій промисловості, зокрема в металургійному секторі та на фарфорово-фаянсових підприємствах. Вони є незамінними для контролю технологічних процесів під час випалювання цегли, виготовлення керамічних виробів, а також для точного моніторингу температури димових газів у промислових котельних установках.

Важливим аспектом функціональності цих пристроїв є склад термоелектродів, які виготовляються з різних металевих сплавів. Це дозволяє створювати термопари з унікальними характеристиками, адаптованими під конкретні завдання. Наприклад, термопари типу хромель-копель (ХК, маркування L) демонструють високу точність та стабільність показань при нагріванні до $+600\text{ }^{\circ}\text{C}$. Універсальні термопари залізо-константан (ЗК, маркування J) є оптимальним вибором для вимірювань у діапазоні до $+750\text{ }^{\circ}\text{C}$. Для більш суворих умов використовують хромель-алюмель (ХА, маркування K), які відрізняються чудовою стійкістю до окислювальних процесів при температурах до $+1100\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Найбільш прогресивним рішенням у цій лінійці є термопари ніхросил-нісил (НН, маркування N). Даний сплав характеризується винятковою стабільністю термоелектрорушійної сили та здатністю працювати у надширокому температурному діапазоні від -40 до $+1250\text{ }^{\circ}\text{C}$. Такі характеристики роблять термопари типу N ефективною та економічно вигідною альтернативою дорогавартісним датчикам, виготовленим із платини та інших благородних металів. Використання КТМС у поєднанні з термоелектродами типу N дозволяє суттєво подовжити термін експлуатації датчика в умовах постійного впливу високих температур, що є критично важливим для стабільної роботи автоматизованих систем керування вогнетехнічними агрегатами.

Порівняльний аналіз експлуатаційних характеристик термопар типів K та N

При виборі датчика для тривалого моніторингу високотемпературних середовищ ключовим критерієм є стабільність термоелектрорушійної сили

(ТЕРС) протягом усього терміну експлуатації. Традиційні термопари типу К (хромель-алюмель) є найбільш розповсюдженими у промисловості завдяки своїй відносній дешевизні та здатності працювати при температурах до $+1100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Проте вони мають два суттєвих недоліки, які обмежують їхню точність: явище «зеленої гнилі» та ефект гістерезису при нагріванні вище $+200\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ці фізико-хімічні процеси призводять до поступового дрейфу показань, що у довгостроковій перспективі вимагає частої заміни датчиків для підтримання якості технологічного процесу.

На противагу типу К, термопари типу N (ніхросил-нісил) були розроблені як вдосконалена альтернатива, спеціально призначена для усунення проблем нестабільності сплавів хромель та алюмель. Сплав ніхросил містить більшу кількість хрому та доданий кремній, що дозволяє формувати на поверхні провідника щільну захисну плівку оксиду, яка практично припиняє подальше окислення металу навіть при температурах до $+1250\text{ }^{\circ}\text{C}$. Завдяки цьому термопари типу N демонструють у 5–10 разів вищу стабільність ТЕРС порівняно з типом К при роботі в ідентичних окислювальних середовищах.

Економічна доцільність використання термопар типу N стає очевидною при аналізі вартості життєвого циклу обладнання. Незважаючи на дещо вищу початкову ціну порівняно з типом К, термопари ніхросил-нісил забезпечують значно довший міжповірочний інтервал та загальний термін служби. У металургійних печах або котельних установках, де температура стабільно перевищує $+1000\text{ }^{\circ}\text{C}$, термопара типу К може втратити точність (дрейф більше 1% від ВМВ) вже за кілька місяців, тоді як тип N зберігатиме метрологічні характеристики протягом року і більше. Це робить тип N найкращим вибором для автоматизованих систем, де вимагається висока надійність без постійного втручання персоналу.

Нижче наведено підсумкову порівняльну таблицю, яка наочно демонструє технічну перевагу термопар на основі сплаву ніхросил-нісил:

Характеристика	Тип К (Хромель-Алюмель)	Тип N (Ніхросил-Нісил)
Максимальна	до $+1100\text{ }^{\circ}\text{C}$	до $+1250\text{ }^{\circ}\text{C}$

температура (тривало)		
Стійкість до окислення	Середня (схильна до внутрішньої корозії)	Дуже висока (завдяки кремнієвій пасивації)
Стабільність показань (дрейф)	Значний (особливо вище 800 °C)	Мінімальний (у 5-10 разів нижчий за тип К)
Вплив гістерезису	Присутній у діапазоні 200–600 °C	Майже відсутній
Термін служби при >1000 °C	Обмежений (швидка деградація)	Збільшений у 2-3 рази
Рекомендоване застосування	Універсальне, короткочасні виміри	Високоточні тривалі процеси, заміна Pt-термопар

2.10 Термоперетворювачі опору з комутаційною головкою

Термоперетворювачі опору серії ДТСхх5, оснащені спеціальною комутаційною (клемною) головкою, представляють собою надійні промислові датчики, що призначені для точного вимірювання температури в різних фізичних середовищах. Дані пристрої ефективно функціонують при контакті з твердими тілами, рідинами, а також газоподібними сумішами, за умови, що ці середовища не виявляють хімічної агресивності щодо металевої захисної арматури корпусу та внутрішнього матеріалу чутливого елемента (ЧЕ). Завдяки своїй конструкції, ці датчики забезпечують стабільну передачу даних у системах автоматичного контролю та регулювання.

Експлуатаційні можливості термоопорів безпосередньо залежать від матеріалу, з якого виготовлено їхній чутливий елемент. Зокрема, термоперетворювачі з платиновим чутливим елементом (ДТС на основі Pt) дозволяють здійснювати вимірювання у широкому діапазоні температур, що сягає до 500 °C. У той же час моделі з мідним чутливим елементом (ДТС на основі М) розраховані на роботу в більш помірних температурних умовах — до 180 °C. Процес інтеграції датчика у вимірювальну лінію автоматизованої системи здійснюється за допомогою мідного кабелю. Важливо зауважити, що з'єднувальний кабель зазвичай не входить до стандартного комплекту поставки і має підбиратися та замовлятися окремо, виходячи з конкретних умов монтажу на об'єкті.

Відповідно до національних стандартів, зокрема ДСТУ 2828:2015, дані

пристрої класифікуються за номінальними статичними характеристиками (НСХ). Мідні термоперетворювачі опору (ТОМ) моделей 50М та 100М характеризуються температурним коефіцієнтом $\alpha = 0,00428 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ та відношенням опорів $W_{100} = 1,428$. Платинові аналоги (ТОП) моделей 50П та 100П мають коефіцієнт $\alpha = 0,00391 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ($W_{100} = 1,391$). Окрему групу становлять європейські платинові стандарти Pt100, Pt500 та Pt1000, для яких $\alpha = 0,00385 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ при значенні $W_{100} = 1,385$. Така розмаїтість характеристик дозволяє обрати датчик, що максимально відповідає вимогам точності та сумісності з вторинними приладами (контролерами, регуляторами).

Гнучкість підключення забезпечується наявністю різних схем з'єднання чутливого елемента з вимірювальним ланцюгом. Залежно від вимог до компенсації опору дротів та необхідної точності, ДТС можуть виготовлятися за дво-, три- або чотиридротовою схемами підмикання. Що стосується механічної міцності та стійкості до зовнішніх вібраційних впливів, згідно з ГОСТ 12997, термоперетворювачі без спеціальних монтажних елементів у металевій арматурі відповідають групі стійкості V2, тоді як інші варіанти виконання відносяться до групи N2.

Надійність датчиків серії ДТСхх5 підтверджується високими показниками ймовірності безвідмовної роботи, яка при дотриманні правил експлуатації становить не менше 0,95. Для платинових моделей ресурс залежить від робочого діапазону: при температурах від -50 до $+250 \text{ } ^\circ\text{C}$ він складає 40 000 годин, у діапазонах від -196 до $-50 \text{ } ^\circ\text{C}$ та від $+250$ до $+450 \text{ } ^\circ\text{C}$ — до 15 000 годин, а при роботі на граничних значеннях від $+450$ до $+500 \text{ } ^\circ\text{C}$ — не менше 8 000 годин. Мідні датчики в усьому допустимому діапазоні (від -50 до $+180 \text{ } ^\circ\text{C}$) мають гарантований ресурс 15 000 годин.

Окрему увагу під час проектування та монтажу слід приділяти температурному режиму самої клемної головки. Вона не повинна перегріватися вище встановлених норм, щоб уникнути пошкодження внутрішніх контактів та матеріалу корпусу. Для головок, виготовлених із міцного алюмінієвого сплаву, температурний ліміт становить $200 \text{ } ^\circ\text{C}$. Якщо ж на датчику встановлена головка з поліаміду, її робоча температура не

повинна перевищувати 125 °С. Врахування цих обмежень є критично важливим для забезпечення довготривалої та безпечної роботи системи температурного моніторингу в промислових умовах.

Висновок до розділу 2

На основі детального аналізу апаратного та програмного забезпечення, розглянутого у другому розділі, можна зробити висновок, що ефективна автоматизація сучасної твердопаливної котельні вимагає комплексного підходу та інтеграції надійних промислових засобів керування. Реалізований проект автоматизації котельних агрегатів загальною потужністю 5,0 МВт на базі передового обладнання компанії ОВЕН дозволяє оптимізувати процеси теплогенерації під час використання альтернативних видів палива, таких як пелети. Завдяки впровадженню комплексу автоматики вдалося повністю механізувати цикли подачі палива та золовидалення, що мінімізує вплив людського фактора та забезпечує стабільність роботи об'єкта.

Інтелектуальним ядром розробленої системи виступає програмоване реле ПР200, яке завдяки вільному програмуванню та наявності універсальних входів дозволяє гнучко керувати локальними насосними групами та виконавчими механізмами. У поєднанні із сенсорною панеллю оператора СП307-Р утворюється сучасний людино-машинний інтерфейс, який забезпечує не лише наочну візуалізацію технологічних параметрів у реальному часі, а й глибоке архівування даних з можливістю їх вивантаження у форматі CSV для подальшого аналізу. Силова частина системи, що відповідає за аеродинамічні режими (роботу димососів та вентиляторів), побудована на векторних перетворювачах частоти ПЧВ204, використання яких гарантує плавний пуск, точне регулювання продуктивності та значну оптимізацію енергоспоживання.

Критично важливою складовою надійної роботи котельні є високоточна вимірювальна підсистема, що безперервно моніторить стан середовищ. Контроль гідравлічних параметрів та розрідження в топці забезпечується загальнопромисловими та спеціалізованими перетворювачами тиску серії

ПД100-ДІ, що відрізняються високою перевантажувальною здатністю та завадостійкістю. Температурні режими теплоносія фіксуються за допомогою термоперетворювачів опору ДТСХХ5, тоді як для екстремальних умов топкових газів обґрунтовано використання високотемпературних термопар на основі КТМС (зокрема, найбільш стабільного типу Н). Обробка цих сигналів та підтримання заданих графіків покладена на двоканальні терморегулятори 2ТРМ1. Безперебійність функціонування всього цього комплексу автоматики в суворих промислових умовах гарантується застосуванням стабілізованих блоків живлення лінійки БП із багаторівневим захистом від перевантажень та коротких замикань.

Таким чином, використання узгодженої номенклатури сучасних приладів контролю та керування дозволяє створити надійну, безпечну та енергоефективну систему автоматизації твердопаливної котельні.

РОЗДІЛ 3 ПРОГРАМНО-АПАРАТНИЙ РІВЕНЬ КЕРУВАННЯ ТА ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РЕЖИМІВ

3.1 Використання автоматизованої системи моніторингу та управління

Сучасна автоматизована система моніторингу та управління (АСМУ) будівель і споруд являє собою високотехнологічний комплекс, побудований на глибокій інтеграції програмних та апаратних засобів. Її головне призначення полягає у безперервному моніторингу технологічних процесів, а також контролі за станом і функціонуванням інженерного обладнання на різних об'єктах. АСМУ забезпечує оперативну передачу зібраної інформації захищеними каналами зв'язку безпосередньо до чергово-диспетчерських служб цих об'єктів. Отримані дані підлягають глибокій обробці з метою оцінювання поточної ситуації, запобігання аваріям та швидкої ліквідації наслідків дії дестабілізуючих факторів у режимі реального часу. Крім того, у разі виникнення критичних або надзвичайних ситуацій (НС), система здатна автоматично передавати тривожні сповіщення до чергово-диспетчерських служб вищого рівня реагування.

Впровадження АСМУ в сучасну інфраструктуру є не просто технологічним трендом, а критичною необхідністю. Це обумовлено першочерговою потребою у значному підвищенні рівня безпеки як для людей, що перебувають на об'єкті, так і для навколишнього середовища. Окрім безпекового аспекту, використання таких систем дозволяє оптимізувати експлуатаційні витрати, приводячи споживання енергоресурсів (зокрема в системах теплопостачання) до максимально раціонального та економічно виправданого рівня.

Завдяки потужним програмно-технічним засобам АСМУ «Кодас», оператор отримує можливість у режимі реального часу, перебуваючи на віддаленому робочому місці, здійснювати повний візуальний контроль за всіма режимами роботи підключеного устаткування (рис. 3.1).



Рисунок 3.1 Автоматизоване робоче місце оператора

На цьому зображенні наочно продемонстровано головну сторінку інтерфейсу автоматизованого робочого місця (АРМ) оператора. Саме з цієї стартової панелі здійснюється зручна навігація та перехід до спеціалізованих вкладок, які відображають деталізовані технологічні процеси:

- Гідравлічний режим роботи системи (рис. 3.2);
- Температурний режим та теплові графіки (рис. 3.3);
- Електрична схема та показники живлення (рис. 3.4);
- Енергетичний баланс об'єкта (рис. 3.5);
- Режим налаштування автоматики (рис. 3.6);
- Загальні економічні показники ефективності.

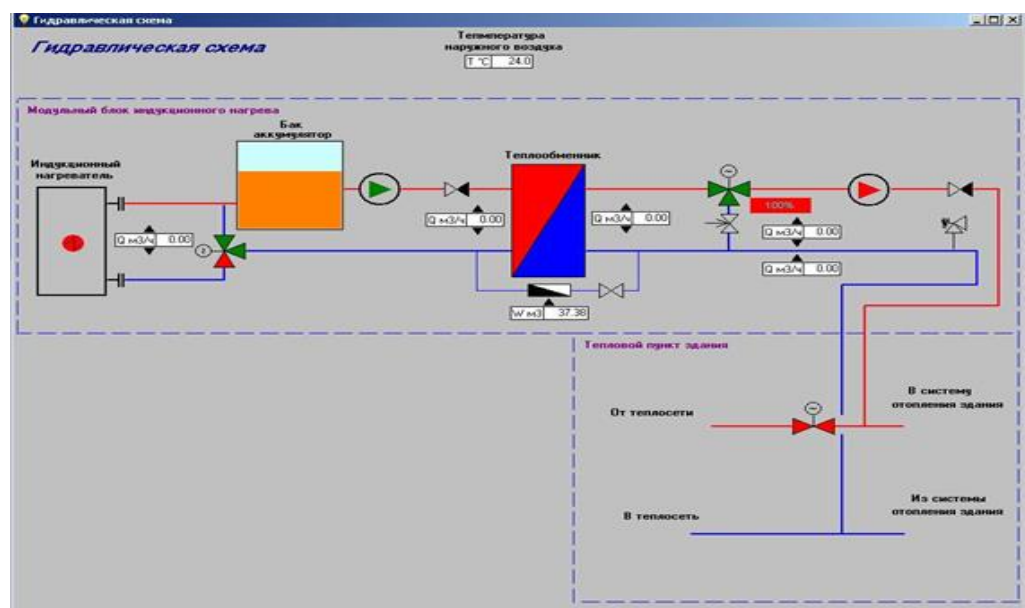


Рисунок 3.2 АРМ оператора, «Гідравлічна схема»

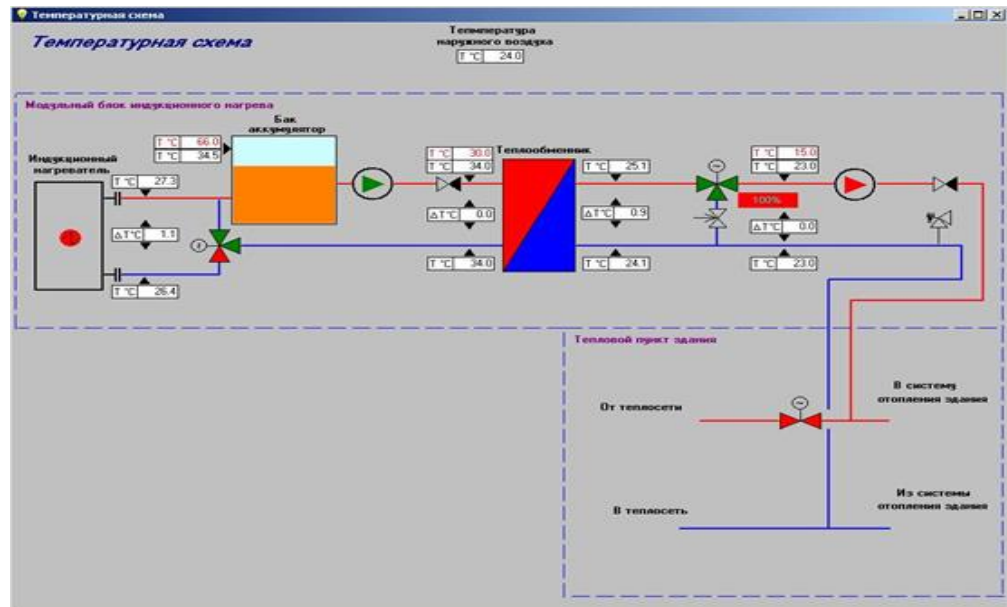


Рисунок 3.3 АРМ оператора, «Температурна схема»

Система відрізняється гнучкою політикою розмежування прав доступу. При наданні оператору відповідних адміністративних повноважень, він отримує повний інструментарій для безпосереднього управління різними режимами роботи системи зі свого АРМ. Це включає можливість змінювати налагоджувальні параметри, коригувати уставки, а також, за потреби, примусово вмикати чи вимикати окремі одиниці обладнання та виконавчі механізми.

У випадку виникнення аварійних або позаштатних режимів, алгоритми АСМУ здатні діяти автономно. Система миттєво приймає рішення щодо активації захисних механізмів для збереження цілісності дороговартісного обладнання та гарантування безпеки персоналу, паралельно генеруючи звукові та візуальні оповіщення для оператора. Абсолютно всі події, зміни станів, команди управління та відхилення в інженерній системі суворо фіксуються, реєструються та надійно зберігаються у системних архівах для подальшого аналізу.

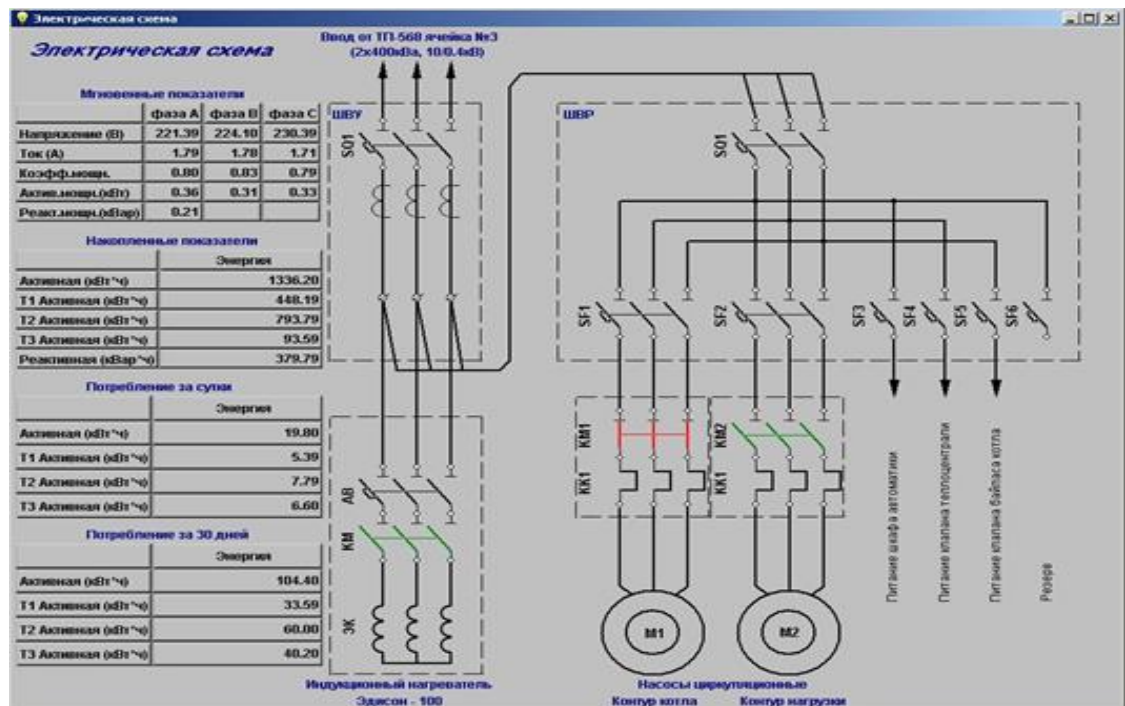


Рисунок 3.4 АРМ оператора, «Електрична схема»

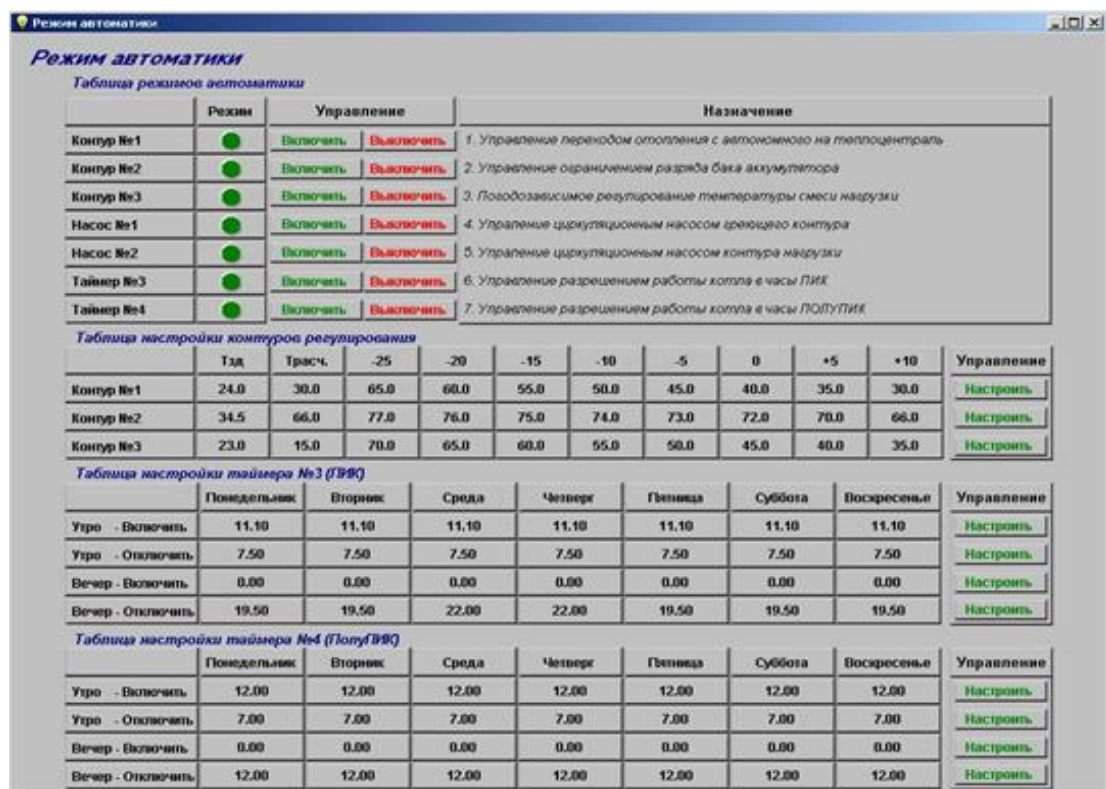


Рисунок 3.5 АРМ оператора, «Режим автоматики»

Перебуваючи у вкладці режиму автоматики, інженерний персонал може здійснювати тонке налаштування регулюючих контурів. Зокрема, це дозволяє реалізувати алгоритми погодного регулювання — динамічну зміну параметрів теплоносія в прямій залежності від поточних коливань температури зовнішнього повітря.

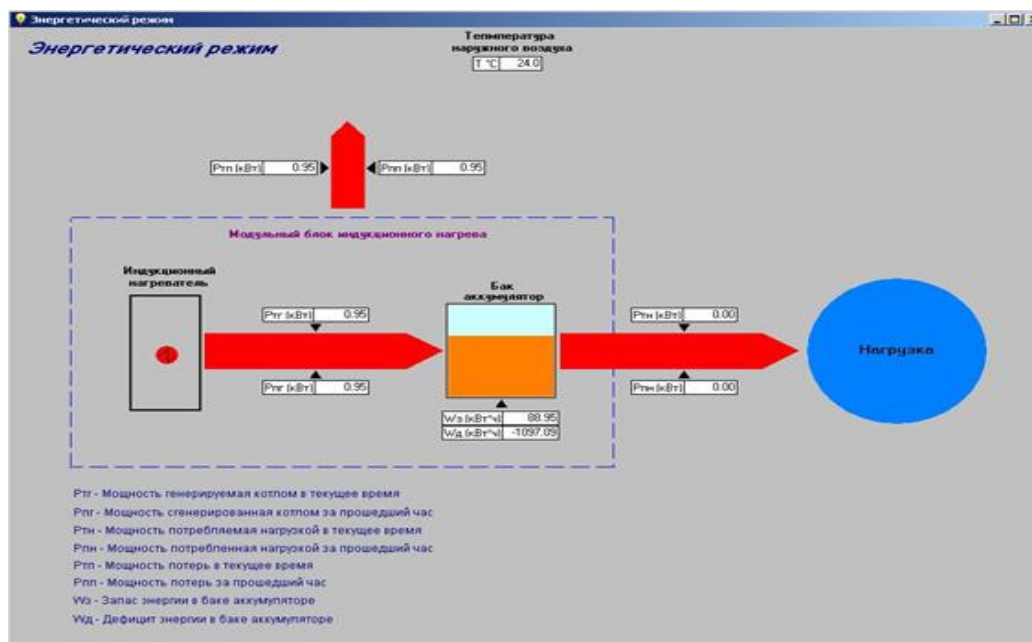


Рисунок 3.6 АРМ оператора, «Енергетичний режим»

Енергетичний режим надає оператору вичерпну картину теплового балансу підприємства. У реальному часі відображається процес генерації тепла індукційним нагрівачем, поточний запас накопиченої енергії в теплоаккумуляторі, загальна кількість енергії, що вводиться в систему, а також фіксуються та аналізуються неминучі втрати теплової енергії.

Опис програмно-технічного комплексу «Кодас» автоматизованої системи моніторингу та управління

Програмно-технічний комплекс (ПТК) «Кодас», що є серцем автоматизованої системи моніторингу та управління, спеціально розроблений для вирішення комплексних задач оперативного контролю та багаторівневого управління різноманітними технологічними об'єктами. Цей комплекс розрахований на безперебійну роботу в необслуговуваному (автономному) режимі, здатний витримувати жорсткі кліматичні умови експлуатації та ефективно об'єднувати об'єкти, що географічно розподілені на значних територіях.

Фундаментальною основою архітектури ПТК є інтелектуальний набір мікропроцесорних контролерів. Саме вони виконують роль надійної сполучної ланки, забезпечуючи швидку та безпомилкову передачу інформаційних пакетів між первинними вимірювальними приладами, центральними керуючими ЕОМ (серверами) та кінцевими виконавчими

механізмами.

Для забезпечення максимальної надійності, апаратура системи встановлюється безпосередньо на промисловому об'єкті. Вона монтується у спеціалізованих захисних контейнерах або шафах з високим ступенем захисту (IP), що унеможлиблює негативний вплив пилу, вологи та інших агресивних факторів, розташовуючись у безпосередній фізичній близькості від датчиків і приводів. З метою запобігання пошкодженням від перепадів напруги та електромагнітних завад, усі зовнішні електричні кола контролерів — включаючи вимірювальні лінії, канали керування, порти локальної мережі та вводи живлення — мають надійну гальванічну ізоляцію.

Комплекс технічних засобів та програмного забезпечення системи «Кодас» вирізняється глибокою універсальністю. Він може слугувати міцною базовою платформою для оперативного ведення практично будь-яких технологічних процесів. Інтерфейс системи дозволяє здійснювати надзвичайно швидко установку граничних рівнів (уставок) та змінювати режими роботи обладнання. Це дає інженерам можливість гнучко адаптувати виробничий процес, оперативно переналаштовуючи його відповідно до мінливих умов середовища або нових виробничих завдань. Перехід на повністю цифрові методи передачі даних дозволяє на 100% розкрити потенціал та використати всі функціональні можливості сучасних інтелектуальних датчиків і точних виконавчих механізмів.

Висока ефективність комплексу підтверджується реальною практикою: на сьогодні успішно реалізовані та перебувають у постійній експлуатації масштабні автоматизовані системи контролю та обліку споживання електроенергії (АСКОЕ) для великих об'єднань нафтогазовидобувної галузі. Ці системи дозволяють на рівні окремих управлінь та всього виробничого об'єднання в цілому здійснювати безперервний контроль у реальному часі за проходженням пікових (максимальних) навантажень споживання електроенергії. Такий прецизійний контроль безпосередньо призводить до колосальної економії фінансових та енергетичних ресурсів підприємства.

Надійність роботи автоматизованих систем управління технологічними

процесами (АСУ ТП), побудованих на базі архітектури АСМУ «Кодас», є на порядок вищою порівняно з традиційними централізованими структурами, які не мають у своєму складі інтелектуальних периферійних вузлів. Розподілена логіка гарантує, що вихід з ладу одного окремого вузла мережі або не впливає взагалі, або має лише незначний вплив на подальше відпрацювання технологічних алгоритмів в інших, справних вузлах системи.

Сучасні системи АСУ ТП ніколи не створюються як статичний продукт «раз і назавжди». Їхній апаратний склад та програмна структура постійно піддаються корекції внаслідок еволюції вимог виробництва та модернізації технологій. Саме тому найважливішим критерієм оцінки проектних рішень є їхня гнучкість, масштабованість та модифікованість. За цими критичними показниками цифрові промислові мережі, на принципах яких базується система АСМУ, беззаперечно перевершують застарілі централізовані схеми побудови. Процес додавання нових датчиків, видалення окремих точок вводу-виводу або навіть інтеграція цілих нових технологічних вузлів вимагає мінімальних зусиль щодо монтажних робіт і, що найголовніше, може проводитися «на гарячу» — без повної зупинки технологічного процесу та системи в цілому.

Нижній рівень автоматизації ПТК архітектурно являє собою розгалужену сукупність локальних мереж промислових контролерів. Їхнє головне завдання — первинна обробка масивів інформаційних сигналів, що надходять від вимірювальних приладів та засобів сигналізації, а також зворотна видача точно розрахованих керуючих і регулюючих впливів на рівень польових пристроїв (датчиків і виконавчих механізмів). Протокол фізичного рівня цих локальних мереж найчастіше базується на перевіреному промисловому стандарті RS-485 або на високошвидкісному стандарті Ethernet. Така локальна система контролерів може ефективно обслуговувати як один локалізований технологічний об'єкт, так і масштабну групу взаємопов'язаних об'єктів.

Контролери нижнього рівня є складними пристроями, що містять у своєму складі високопродуктивний процесорний модуль, спеціалізовані

пристрої мережевого доступу та зв'язку, плати зв'язку з об'єктом (ПЗО) та іншу периферію. Процесорний модуль виступає обчислювальним серцем контролера: він виконує складні математичні функції управління, контролю, вимірювання та первинної фільтрації інформації, а також жорстко координує синхронні дії всіх інших вузлів контролера. Типовий процесорний модуль цієї системи є апаратно і програмно сумісним з архітектурою IBM PC 486DX2, що забезпечує стабільність та передбачуваність виконання коду. Зі свого боку, модулі ПЗО гарантують безперешкодний прийом і видачу всієї можливої номенклатури аналогових та дискретних сигналів, які сьогодні застосовуються на сучасному технологічному обладнанні.

Автоматизоване робоче місце (АРМ) оператора реалізує наступний комплекс базових функцій:

- Безперервний візуальний та алгоритмічний контроль за коректним функціонуванням усієї системи в режимі суворого реального часу;
- Миттєвий контроль за спрацюванням попереджувальної та аварійної сигналізації на підконтрольному об'єкті;
- Безпечна та гарантована передача на об'єкт прямих керуючих команд від диспетчера;
- Зрозуміле, графічно насичене відображення зібраної інформації за допомогою сучасних засобів людино-машинної візуалізації (SCADA);
- Автоматизоване формування, форматування та друк необхідних аналітичних звітів і технологічних зведень.

У структурі програмного забезпечення АРМ реалізовані наступні технологічні функції:

- Глибока математична та логічна обробка отриманої телеметричної інформації;
- Автоматичне формування складних команд управління на основі закладених ПІД-регуляторів та логічних умов;
- Постійний зворотний контроль за фактичною реалізацією виданих команд управління виконавчими механізмами.

До інформаційних функцій АРМ належать:

- Ведення багаторівневої технологічної, попереджувальної та аварійної сигналізації;
- Ергономічне відображення масивів інформації у вигляді трендів, графіків та мнемосхем;
- Суворе реєстрація та архівування всієї вхідної інформації, з особливим акцентом на детальну реєстрацію аварійних подій (чорний ящик);
- Автоматичне ведення експлуатаційної документації та регулярний друк протоколів роботи зміни.

Керуючі функції АСУ ТП охоплюють:

- Точне та своєчасне дистанційне керування всім спектром виконавчих пристроїв (засувки, насоси, нагрівачі тощо);
- Забезпечення програмного та апаратного технологічного захисту критично важливого обладнання від виходу на позаштатні режими роботи.

Висновок до розділу №3

На основі матеріалу, викладеного у третьому розділі, можна зробити наступні узагальнюючі висновки щодо використання автоматизованої системи моніторингу та управління (АСМУ).

Сучасна АСМУ являє собою високотехнологічний комплекс, який базується на глибокій інтеграції програмних та апаратних засобів для безперервного моніторингу технологічних процесів та функціонування інженерного обладнання будівель і споруд. Її впровадження є критичною необхідністю для підвищення рівня безпеки людей і довкілля, а також для оптимізації експлуатаційних витрат і забезпечення раціонального споживання енергоресурсів, зокрема в системах теплопостачання. Система оперативно передає інформацію до чергово-диспетчерських служб для оцінювання ситуації, запобігання аваріям та реагування на дестабілізуючі фактори в режимі реального часу, а також здатна передавати сповіщення про надзвичайні ситуації до інстанцій вищого рівня.

Основою взаємодії людини з системою є автоматизоване робоче місце (АРМ) оператора на базі програмно-технічного комплексу «Кодас», яке

дозволяє у реальному часі здійснювати візуальний контроль за гідравлічним, температурним, електричним, енергетичним режимами, а також за режимом автоматики та економічними показниками. Оператор з відповідними правами доступу може дистанційно керувати виконавчими механізмами, змінювати налагоджувальні параметри та примусово вимикати обладнання. Важливо, що система здатна функціонувати автономно: у разі виникнення аварійних режимів вона самостійно приймає рішення щодо захисту обладнання та безпеки персоналу, паралельно сповіщаючи оператора та надійно архівуючи всі події. Для оптимізації роботи передбачено тонке налаштування регулюючих контурів, наприклад, погодне регулювання температури теплоносія, а також детальний контроль енергетичного балансу, що відображає генерацію, накопичення та втрати тепла в реальному часі. Апаратна архітектура комплексу «Кодас» побудована на розподіленій мережі мікропроцесорних контролерів, які встановлюються безпосередньо біля об'єктів керування у захищених від пилу та вологи контейнерах із повною гальванічною ізоляцією всіх зовнішніх кіл. На відміну від традиційних централізованих структур, така децентралізована цифрова промислова мережа забезпечує значно вищу надійність, оскільки вихід з ладу одного вузла майже не впливає на відпрацювання алгоритмів у інших. Використання стандартних фізичних протоколів RS-485 або Ethernet дозволяє легко масштабувати та модифікувати систему, додаючи нові датчики чи вузли введення-виведення без необхідності зупиняти весь технологічний процес.

Нижній рівень АСМУ забезпечує збір даних безпосередньо з вимірювальних приладів та видачу розрахованих керуючих впливів на виконавчі механізми. Водночас програмне забезпечення АРМ виконує глибоку математичну і логічну обробку телеметрії, формування команд управління на базі закладених регуляторів та умов, багаторівневу попереджувальну й аварійну сигналізацію, відображення мнемосхем та автоматичне ведення експлуатаційної документації. Такий комплексний підхід гарантує дистанційне керування всім спектром пристроїв та їхній надійний технологічний захист від виходу на позаштатні режими.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Поняття охорони праці

Охорона праці за своєю сутністю є турботою про людину у процесі використання її праці і розглядається як охорона працездатності людини. З іншого боку, відносини щодо охорони праці — невід’ємна складова організації процесу праці, що створює умови для стабільної та успішної трудової діяльності громадян [21].

Охорону праці і здоров’я громадян віднесено до пріоритетних напрямків соціальної політики України. Так, Конституція України одним з основних соціальних прав громадян визначає право кожного на належні, безпечні й здорові умови праці, встановлює, що використання праці жінок і неповнолітніх на небезпечних для їхнього здоров’я роботах забороняється. Право на охорону здоров’я закріплено і в Основах законодавства України про охорону здоров’я.

Охорона здоров’я — це система заходів, спрямованих на забезпечення збереження і розвитку фізіологічних і психологічних функцій.

Працездатність у трудовому праві прийнято розглядати як фактичну основу юридичної здатності фізичної особи бути учасником трудових правовідносин (основу трудової правосуб’єктності). Працездатність — це та якість, яка дає змогу працівникові виконувати свою трудову функцію. Реалізація працівником його трудових прав і обов’язків є по суті юридичною формою реалізації його працездатності.

Закон України “Про охорону праці” визначає, що охорона праці — це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров’я і працездатності людини у процесі саме трудової діяльності (а не праці, як це було передбачено раніше).

Зміст охорони праці розглядають у соціальному, технічному, медико-біологічному, юридичному, галузевому та вузькоспеціальному аспектах. Кожен аспект охорони праці має свій зміст і є самостійним напрямком у

системі заходів щодо безпеки життя та здоров'я у процесі трудової діяльності.

Соціальний аспект охорони праці передбачає забезпечення всебічного соціального розвитку кожної працюючої особи, захист особи. Соціальний аспект охорони праці передбачає визнання пріоритету життя та здоров'я людини у процесі виробничої та трудової діяльності. До соціального змісту охорони праці належить запобігання шкідливим наслідкам, до яких може призвести ігнорування вимог техніки безпеки та гігієни праці на виробництві. Запобігання шкідливим наслідкам потребує встановлення юридичних гарантій:

- надання технічним та санітарним правилам сили правових норм;
- запровадження нагляду та контролю за додержанням норм з охорони праці;
- встановлення відповідальності за невиконання норм з охорони праці.

Техніко-економічний аспект охорони праці має бути спрямований на удосконалення засобів праці, техніки та технологій.

Медико-біологічний аспект охорони праці враховується насамперед при нормуванні праці.

Юридичний аспект охорони праці полягає у забезпеченні права працівника на життя, охорону здоров'я, на належні, безпечні і здорові умови праці. Охорона праці в юридичному аспекті являє собою правовий інститут, що має міжгалузевий характер. Норми цього інституту захищають інтереси різних суб'єктів права: а) роботодавців та працівників, які перебувають з ними у трудових правовідносинах; б) членів виробничих кооперативів; в) студентів, які проходять виробничу практику; г) громадян, які відбувають покарання за вироком суду, в період їх роботи в організації та ін. Дія Закону України "Про охорону праці" поширюється на всіх юридичних та фізичних осіб, які відповідно до законодавства використовують найману працю, та на всіх працюючих.

Державна політика у сфері охорони праці спрямована на створення належних, безпечних і здорових умов праці, запобігання нещасним випадкам

та професійним захворюванням. До основних правових принципів у сфері охорони праці в Україні належать:

- пріоритет охорони життя та здоров'я працівників перед економічними інтересами;
- повна відповідальність роботодавця за створення належних, безпечних і здорових умов праці;
- соціальний захист працівників, повне відшкодування шкоди особам, які потерпіли від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань;
- компетентність діяльності щодо забезпечення охорони праці;
- двосторонній зобов'язуючий (і працівника, і роботодавця) характер діяльності щодо додержання норм з охорони праці;
- встановлення єдиних вимог з охорони праці для всіх підприємств та суб'єктів підприємницької діяльності незалежно від форм власності та видів діяльності;
- встановлення та гарантування заходів самозахисту прав працівників на здорові та безпечні умови праці;
- обов'язковість відшкодування шкоди, заподіяної працівникові у зв'язку з виконанням трудових обов'язків;
- соціальне страхування ризику втрати працездатності та трудового доходу у зв'язку з нещасним випадком чи професійним захворюванням.

Загальним об'єктом охорони праці є працездатність як специфічна якість особи, тому для трудового права важливе значення має оцінка професійної працездатності особи (якісна характеристика здатності до певних видів діяльності та кількісна характеристика допустимих обсягів навантаження). Це дає можливість обмежити для конкретних категорій працівників виконання певних видів трудової діяльності чи знизити трудове навантаження (наприклад, для неповнолітніх, жінок, інвалідів).

Обмеження (заборони) виконання окремих видів трудової діяльності реалізуються як при прийнятті на роботу, так і у процесі здійснення трудової діяльності особи (наприклад, за наслідками медичних оглядів окремих

категорій працівників тощо). Зниження трудового навантаження може виявлятися у встановленні певного режиму праці та відпочинку, зниженні норм виробітку, забороні залучення до нічних, надурочних робіт та робіт у вихідні дні, виконанні роботи за сумісництвом тощо.

Галузевий та вузькоспеціальний аспекти охорони праці. У юридичній літературі поняття “охорона праці” в галузевому аспекті розглядається в широкому і вузькому значенні. У широкому значенні під охороною праці розуміють фактично трудове право в цілому, тому що його норми враховують і захищають переважно права та інтереси працівників (як система всіх норм, що встановлені в інтересах працівників). У вузькоспеціальному значенні під охороною праці розуміють норми інституту трудового права, що містяться в різних джерелах права. До них належать:

- норми, що містять вимоги щодо забезпечення здорових і безпечних умов роботи, запобігають виробничому травматизму, загальним та професійним захворюванням;
- норми, що гарантують право працівника на працю в умовах, які відповідають вимогам безпеки та гігієни, захист працівника в разі отримання травми чи захворювання у період роботи, а також травм та захворювань, які пов’язані з виконанням його трудових обов’язків;
- норми, що забезпечують участь працівників та професійних спілок у встановленні умов праці;
- норми, що забезпечують здійснення нагляду та контролю за реалізацією зазначених вимог у сфері охорони праці;
- норми, що визначають відповідальність за порушення у сфері охорони праці.

Слід врахувати, що особливістю змісту норм і правил з охорони праці є припис їх додержуватися.

Нормативно-правові акти з охорони праці¹. Підсистема джерел трудового права з охорони праці у цілому відповідає структурі та характеристикам усієї системи джерел трудового права України. Проте вона має певні особливості. Так, поряд з основоположними нормативно-

правовими актами, які визначають політику України у сфері правового регулювання охорони праці, питання охорони праці регулюються великою кількістю підзаконних нормативно-правових актів. Підзаконні нормативно-правові акти у сфері охорони праці різняться видами і мають певну специфіку щодо змісту відображених у них вимог. За напрямками забезпечення охорони праці нормативно-правові акти прийнято групувати на такі види: організаційно-технічні; санітарно-гігієнічні; соціально-економічні; лікувально-профілактичні; реабілітаційні.

Законодавство про охорону праці складається з Конституції України, КЗпП, законів України “Про охорону праці”, “Про загальнообов’язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності”, інших законів України та прийнятих відповідно до них нормативно-правових актів. Слід врахувати: якщо міжнародним договором, згода на обов’язковість якого надана Верховною Радою України, встановлено інші норми, ніж ті, що передбачені законодавством України про охорону праці, то застосовуються норми міжнародного договору.

З метою усунення причин, які можуть викликати небезпечні для життя і здоров’я працівника ситуації, нормативно-правові акти з охорони праці визначають, що саме роботодавець має виконувати у сфері безпеки праці. Положення цих вимог стосуються усіх компонентів виробничого процесу: якості обладнання, оснащення робочих місць засобами колективного та індивідуального захисту, прийомів безпечного ведення робіт, методів нейтралізації факторів небезпечного та шкідливого впливу на працівника, порядку та розмірів компенсації за несприятливі умови праці та заподіяну здоров’ю шкоду.

Особливістю норм, що становлять інститут охорони праці, є включення до їх змісту вимог технічного характеру (виступають або диспозиціями регулятивних норм, або гіпотезою охоронних норм). Вони становлять зміст норм дисципліни праці і норм матеріальної відповідальності. Тому зазначені норми спираються на санкції дисциплінарної та матеріальної

відповідальності, а також на санкції адміністративної та кримінальної відповідальності.

Розробка та прийняття нових, перегляд і скасування чинних нормативно-правових актів з охорони праці провадиться спеціально уповноваженим центральним органом виконавчої влади з нагляду за охороною праці за участю професійних спілок і Фонду соціального страхування від нещасних випадків та за погодженням з органами державного нагляду за охороною праці.

Санітарні правила та норми затверджуються спеціально уповноваженим центральним органом виконавчої влади у сфері охорони здоров'я.

Нормативно-правові акти з охорони праці переглядаються в міру впровадження досягнень науки і техніки, що сприяють поліпшенню безпеки, гігієни праці та виробничого середовища, але не рідше одного разу на десять років.

Слід враховувати, що кожний орган виконавчої влади, що має право нормотворчості з охорони праці, затверджує і запроваджує установлені ним види правових актів. Наприклад, до підзаконних актів, що регулюють безпеку праці, належать стандарти, норми та правила пожежної безпеки, інструкції тощо.

У разі неможливості повного усунення небезпечних і шкідливих для здоров'я умов праці роботодавець зобов'язаний повідомити про це відповідний орган державного нагляду за охороною праці. Він може звернутися до зазначеного органу з клопотанням про встановлення необхідного строку для виконання заходів щодо приведення умов праці на конкретному виробництві чи робочому місці до нормативних вимог.

Відповідний орган державного нагляду за охороною праці розглядає клопотання роботодавця, здійснює у разі потреби експертизу запланованих заходів, визначає їх достатність і за наявності підстав може, як виняток, прийняти рішення про встановлення іншого строку застосування вимог нормативних актів з охорони праці. Роботодавець зобов'язаний невідкладно повідомити заінтересованих працівників про рішення зазначеного органу

державного нагляду за охороною праці.

Роботодавець стосовно конкретних виробничих умов розробляє інструкції з техніки безпеки на підставі, як правило, Типових інструкцій. В інструкціях міститься комплекс вимог, виконання яких обов'язкове для конкретної організації.

Питання стимулювання охорони праці включаються і в акти соціального партнерства, локальні нормативно-правові акти. Соціально-партнерські угоди, колективні договори доповнюють систему джерел трудового права у частині регулювання трудових відносин у сфері охорони праці, відображають погоджені вимоги соціальних партнерів. У колективному договорі (угоді, трудовому договорі) сторони передбачають забезпечення працівникам соціальних гарантій у сфері охорони праці на рівні не нижчому за передбачений законодавством, їхні обов'язки, а також комплексні заходи щодо досягнення встановлених нормативів безпеки, гігієни праці та виробничого середовища, підвищення існуючого рівня охорони праці, запобігання випадкам виробничого травматизму, професійним захворюванням і аваріям.

Закон України «Про охорону праці» визначає основні положення щодо реалізації конституційного права громадян на охорону їх життя і здоров'я у процесі трудової діяльності, на належні, безпечні і здорові умови праці, регулює за участю відповідних органів державної влади відносини між роботодавцем і працівником з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища і встановлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні. Закон України «Про охорону праці» складається з дев'яти розділів, що містять загальні положення з охорони праці, гарантії прав на охорону праці, організацію охорони праці, стимулювання охорони праці, нормативно-правові акти з охорони праці, державне управління охороною праці, державного нагляду та громадський контроль за охороною праці, відповідальність за порушення законодавства про охорону праці та прикінцеві положення.

Організація охорони праці на зазначених об'єктах, а також порядок

розслідування та обліку нещасних випадків з учнями і студентами під час трудового та професійного навчання у навчальних закладах визначаються центральним органом виконавчої влади у сфері освіти та науки за погодженням з відповідним профспілковим органом. До учнів і студентів, які проходять трудове і професійне навчання (виробничу практику) на підприємствах під керівництвом їх персоналу, застосовується законодавство про охорону праці у такому ж порядку, що й до працівників підприємства

4.2 Правила технічної експлуатації електроустановок

Розподільні установки та підстанції

Вимоги цього підрозділу поширюються на розподільні установки (РУ) та підстанції споживачів напругою від 0,38 до 150 кВ.

Приміщення РУ споживача, що мають обладнання, яке перебуває під напругою або на яке може бути подана напруга, та приміщення сторонніх організацій, які прилягають до цих приміщень, повинні бути ізольованими від останніх і мати окремий вихід, який замикається.

Місця, у яких допускається переїзд автотранспорту через кабельні канали, необхідно позначати відповідним знаком.

У приміщеннях РУ вікна повинні бути завжди зачиненими, а отвори в перегородках між апаратами, що містять масло, закладені негорючим матеріалом.

Кабельні канали й наземні кабельні лотки відкритих розподільних установок (ВРУ) і закритих розподільних установок (далі – ЗРУ) повинні бути закриті негорючими плитами з межею вогнестійкості відповідно до вимог ПУЕ та будівельних норм. Місця виходу кабелів з кабельних каналів, з поверхів і переходи між кабельними відсіками повинні бути ущільнені вогнетривким матеріалом.

Умови праці в РУ та використання засобів індивідуального захисту повинні здійснюватись відповідно до вимог ДНАОП 0.00-1.21-98, ДНАОП 1.1.10-1.07-01 та цих Правил.

Відстань від струмопровідних частин ВРУ до дерев, високого чагарнику

має відповідати Правилам охорони електричних мереж.

У разі розташування електрообладнання в місцевості із забрудненою атмосферою необхідно вжити заходів, що забезпечують надійність ізоляції:

- у ВРУ – посилення ізоляції, обмивання, очищення, покриття гідрофобними пастами;
- у ЗРУ – захист від проникнення пилу та шкідливих газів;
- у комплектних розподільних установках (КРУ) зовнішнього розташування – герметизація шаф та обробка ізоляції гідрофобними пастами.

Температура повітря всередині приміщень ЗРУ у літній період не повинна перевищувати 40°C. У разі її перевищення повинні бути вжиті заходи для зниження температури обладнання або охолодження навколишнього повітря.

Рівень масла в масляних вимикачах, вимірювальних трансформаторах і негерметичних уводах повинен залишатись у межах шкали маслопоказчиків за максимальної і мінімальної температур навколишнього повітря. У герметичних уводах контроль тиску масла проводять за показами манометрів.

Масло негерметичних уводів, вимірювальних трансформаторів зовнішнього розташування повинне бути захищеним від зволоження та окислення.

На сигнальних лампах і сигнальних апаратах повинні бути написи, що вказують на характер сигналу ("Увімкнуто", "Вимкнуто", "Перегрівання" тощо).

Вимикачі та їх приводи повинні мати показчики вимкнутого й увімкнутого положень.

На вимикачах з умонтованим приводом або з приводом, розташованим у безпосередній близькості від вимикача і не відділеним від нього суцільним непрозорим огороженням (стілкою), допускається встановлення одного показчика – на вимикачі або на приводі. На вимикачах, зовнішні контакти яких чітко вказують на увімкнене положення, наявність показчика на вимикачі та вмонтованому або не відгородженому стійкою приводі є

необов'язковою.

Працівники, які обслуговують РУ, повинні мати документацію з допустимих режимів роботи електрообладнання за нормальних та аварійних умов.

Оперативний персонал повинен мати запас плавких каліброваних вставок. Застосування некаліброваних плавких вставок забороняється. Плавкі вставки повинні відповідати типу запобіжників.

Справність резервних елементів РУ (трансформаторів, вимикачів, шин тощо) необхідно регулярно перевіряти ввімкненням під напругу в терміни, установлені виробничими інструкціями.

Терміни очищення встановлюються особою, відповідальною за електрогосподарство, з урахуванням місцевих умов. Прибирання приміщень РУ і очищення електрообладнання повинен виконувати навчений персонал з дотриманням правил безпеки.

Розподільні установки напругою 1000 В і вище повинні бути обладнані блокувальними пристроями, які запобігають можливості помилкових операцій роз'єднувачами, відокремлювачами, короткозамикачами, викотними візками КРУ і заземлювальними ножами. Блокувальні пристрої, крім механічних, повинні бути постійно опломбовані.

На щоглових трансформаторних підстанціях, пунктах перемикання та інших пристроях, що не мають огорожі, приводи роз'єднувачів і шафи щитків низької напруги повинні бути замкнені на замок.

Для встановлення заземлення в РУ напругою 1000 В і вище необхідно, як правило, застосовувати стаціонарні заземлювальні ножі. У діючих електроустановках, у яких заземлювальні ножі не можуть бути встановлені за умовами компоновання або конструкції, заземлення здійснюється переносними заземлювачами.

Ручки приводів заземлювальних ножів повинні бути пофарбовані в червоний колір, а заземлювальні ножі, як правило, – у чорний колір. Операції з ручними приводами апаратів повинні здійснюватись з дотриманням ПБЕЕ.

На дверях і внутрішніх стінках камер ЗРУ, електрообладнанні ВРУ,

лицьових і внутрішніх частинах КРУ зовнішньої та внутрішньої установки, збірках, а також на лицьовому і зворотному боках панелей щитів повинні бути нанесені написи, що вказують на призначення приєднань та їх диспетчерське найменування.

На схемах збірок, щитів, щитків запобіжників і біля запобіжників та автоматичних вимикачів усіх приєднань повинні бути написи, що вказують на номінальні струми плавких вставок запобіжників або допустимі значення уставки струму автоматичного розчіплювача.

Двері ЗРУ, ВРУ, КРУ, зовнішніх та внутрішніх збірок повинні бути закриті на замок. Ключі від приміщень повинні зберігатись в оперативного персоналу або в працівників зі складу керівників і спеціалістів.

У РУ повинні зберігатися переносні заземлення, первинні засоби пожежогасіння (потрібна кількість первинних засобів пожежогасіння та їх види визначаються відповідно до НАПБ А 01.001-2004 та галузевих нормативних актів з пожежної безпеки), а також протигази, респіратори і засоби для надання долікарської допомоги потерпілим від нещасних випадків.

Масляні вимикачі повинні бути обладнані пристроями електропідігріву днищ баків і корпусів, якщо температура навколишнього повітря в місці їх розташування може бути нижча за мінус 25° С протягом однієї доби і більше, або згідно з вимогами інструкції заводу-виробника.

Резервуари повітряних вимикачів та інших апаратів, а також повітрозбірники і балони повинні задовольняти вимоги ДНАОП 0.00-1.07-94 та ДНАОП 0.00-1.13-71.

Поверхні тертя шарнірних з'єднань, підшипників і поверхонь механізмів вимикачів, роз'єднувачів, відокремлювачів, короткозамикачів та їхніх приводів необхідно змащувати низькотемпературними мастилами, а масляні демпфери вимикачів та інших апаратів – заповнювати маслом, температура замерзання якого повинна бути не менше ніж на 20° С нижчою за мінімальну зимову температуру навколишнього повітря.

Для запобігання забрудненню стисненого повітря в процесі експлуатації

необхідно періодично здійснювати продування:

- магістральних повітропроводів за плюсової температури навколишнього повітря – не рідше ніж один раз на два місяці;
- повітропроводів відпайок від мережі до розподільних шаф і від шафи до резервуарів кожного полюса вимикачів і приводів інших апаратів з їх від'єднанням від апарата – після кожного капітального ремонту апарата;
- резервуарів повітряних вимикачів – після кожного поточного і капітального ремонтів, а також у разі порушення режимів роботи компресорних станцій.

Перевірку дугогасильних камер вимикачів навантаження, установлення ступеня зносу газогенеруючих вкладишів та обгорання нерухомих дугогасильних контактів здійснюють періодично в терміни, установлені особою, відповідальною за електрогосподарство, залежно від частоти оперування вимикачами навантаження.

Зливання води з баків масляних вимикачів необхідно здійснювати два рази на рік – весною з настанням плюсових температур і восени перед настанням від'ємних температур.

Огляд РУ без вимкнення напруги необхідно проводити:

- на об'єктах з постійним чергуванням персоналу – не рідше ніж один раз на добу; у темний час доби для виявлення розрядів, коронування – не рідше ніж один раз на місяць;
- на об'єктах без постійного чергування персоналу – не рідше ніж один раз на місяць, а в трансформаторних і розподільних пунктах – не рідше ніж один раз на шість місяців.

За несприятливої погоди (сильний туман, мокрий сніг, ожеледиця тощо) або сильного забруднення на ВРУ, а також після вимкнення електрообладнання захистами від коротких замикань повинні бути організовані додаткові огляди.

Про всі помічені несправності повинні бути зроблені записи в журналі дефектів і неполадок обладнання, і, крім того, про несправності повинна бути повідомлена особа, відповідальна за електрогосподарство.

Під час огляду РУ особливу увагу необхідно звернути на:

- стан приміщення – справність дверей і вікон, відсутність протікання покрівлі та міжповерхового перекриття, наявність та справність замків;
- справність опалення, вентиляції та освітлення;
- справність заземлення;
- наявність засобів захисту;
- рівень і температуру масла та відсутність її протікання в апаратах;
- стан контактів, рубильників щита низької напруги;
- цілісність пломб на лічильниках;
- стан ізоляції (запиленість, наявність тріщин, слідів розрядів тощо);
- роботу системи сигналізації;
- тиск повітря в баках повітряних вимикачів;
- відсутність витоків повітря;
- справність і правильність показів показчиків положення вимикачів;
- наявність вентиляції полюсів повітряних вимикачів;
- відсутність течі масла з конденсаторів ємнісних дільників напруги повітряних вимикачів;
- дію пристроїв електропідігрівання в холодну пору року;
- щільність закриття шаф керування;
- можливість вільного доступу до комутаційних апаратів тощо.

Капітальний ремонт обладнання РУ необхідно проводити в такі терміни:

- масляних вимикачів – один раз на шість – вісім років з контролем характеристик вимикачів з приводами у міжремонтний період;
- вимикачів навантаження, роз'єднувачів і заземлювальних ножів – один раз на чотири – вісім років залежно від конструктивних особливостей;
- повітряних вимикачів – один раз на чотири – шість років;
- відокремлювачів і короткозамикачів з відкритим ножом та їх приводів – один раз на два – три роки;
- компресорів – після напрацювання відповідної кількості годин згідно з інструкцією заводу-виробника;

- КРУЕ – один раз на 10 – 12 років;
- елегазових і вакуумних вимикачів – згідно з вимогами заводу-виробника;
- струмопроводів – один раз на вісім років;
- усіх апаратів і компресорів – після вичерпання ресурсу незалежно від тривалості експлуатації.

Перший капітальний ремонт установленого обладнання повинен бути проведений у терміни, указані в технічній документації заводу-виробника.

Роз'єднувачі внутрішньої установки підлягають ремонту за потреби.

Капітальний ремонт решти апаратів РУ (трансформаторів струму і напруги, конденсаторів зв'язку тощо) здійснюється також за потреби з урахуванням результатів профілактичних випробувань та оглядів.

Поточні ремонти обладнання РУ, а також їх випробування необхідно проводити за необхідності в терміни, установлені особою, відповідальною за електрогосподарство.

Позачергові ремонти виконуються у разі відмови обладнання, а також після вичерпання комутаційного чи механічного ресурсів.

Заземлювальні пристрої

Заземлювальні пристрої електроустановок повинні відповідати вимогам забезпечення захисту людей від ураження електричним струмом, захисту електроустановок, а також забезпечення експлуатаційних режимів роботи.

Усі металеві частини електроустановок та електрообладнання, на яких може виникнути напруга внаслідок порушення ізоляції, повинні бути заземлені або занулені відповідно до вимог ПУЕ.

Під час здавання в експлуатацію заземлювальних пристроїв електроустановок монтажною організацією повинні бути надані:

- затверджена проектно-технічна документація на заземлювальні пристрої;
- виконавчі схеми заземлювальних пристроїв;
- основні параметри елементів заземлювальних пристроїв (матеріал, профіль, лінійні розміри);

- акти на виконання прихованих робіт;
- протоколи приймально-здавальних випробувань.

Для визначення технічного стану заземлювального пристрою періодично здійснюються:

- зовнішній огляд видимої частини заземлювального пристрою;
- огляд з перевіркою кола між заземлювачем і заземлювальними елементами (відсутність обривів і незадовільних контактів у заземлювальному провіднику, надійність з'єднань природних заземлювачів);
- вимірювання опору заземлювального пристрою;
- вибіркове розкриття ґрунту для огляду елементів заземлювального пристрою, що розміщені у землі;
- вимірювання питомого опору ґрунту для опор ліній електропередавання напругою понад 1000 В;
- вимірювання напруги дотику в електроустановках, заземлювальний пристрій яких виконано за нормами на напругу дотику;
- перевірка пробивних запобіжників в електроустановках до 1000 В з ізолюваною нейтраллю;
- вимірювання повного опору петлі "фаза-нуль" або струму однофазного замикання на корпус, або на нульовий провідник в електроустановках до 1000 В з глухозаземленою нейтраллю.

За необхідності повинні вживатись заходи для доведення параметрів заземлювальних пристроїв до нормативних.

На кожен заземлювальний пристрій, що є в експлуатації, повинен бути паспорт, який містить:

- дату введення в експлуатацію;
- виконавчу схему заземлення;
- основні технічні характеристики;
- дані про результати перевірок стану пристрою;
- відомість оглядів і виявлених дефектів;
- характер ремонтів і змін, унесених у цей пристрій.

Огляди заземлювачів з вибіркоvim розкриттям ґрунту в місцях найбільшого впливу корозії, повинні проводитись згідно з графіками, затвердженими особою, відповідальною за електрогосподарство, але не рідше ніж один раз на 12 років.

Для заземлювачів, що піддаються інтенсивній корозії, за рішенням особи, відповідальної за електрогосподарство, може бути встановлена частіша періодичність вибіркового розкриття ґрунту.

Про результати огляду, виявлені несправності і вжиті заходи з їх усунення необхідно зробити відповідні записи до оперативного журналу та паспорта заземлювального пристрою.

Вибіркова перевірка з розкриттям ґрунту повинна проводитись:

на підстанціях поблизу нейтралей силових трансформаторів і автотрансформаторів, короткозамикачів, шунтувальних реакторів, заземлювальних уводів дугогасильних реакторів, розрядників, обмежувачів перенапруг;

на ПЛ – у 2 % опор із заземлювачами.

Вимірювання опору заземлювальних пристроїв необхідно здійснювати:

після монтажу, переобладнання і капітального ремонту цих пристроїв;

– у разі виявлення на тросових опорах ПЛ напругою 110 – 150 кВ слідів перекриття або руйнування ізоляторів електричною дугою;

– на підстанціях повітряних електричних мереж напругою 35 кВ і менше – не рідше ніж один раз на 12 років.

Величина опору заземлювальних пристроїв повинна підтримуватися на рівні, визначеному вимогами ПУЕ.

4.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Небезпека – це явища, процеси, об'єкти, інформація і самі люди, які можуть викликати небажані наслідки і призводити до погіршення стану здоров'я чи смерті людини, завдавати шкоди навколишньому середовищу й об'єктам господарської діяльності. Життєвий досвід показує, що будь-яка трудова діяльність, зокрема експлуатація потужних теплотехнічних об'єктів

та автоматизованого насосного обладнання, є потенційно небезпечною. Небезпека об'єктивно існує в просторі і часі та реалізується у вигляді потоків енергії, речовини, інформації. Здебільшого вона має прихований характер, але може перетворюватися в реальну за наявності таких умов: небезпека реально існує, людина перебуває в зоні її дії, а також не має ефективних засобів захисту, не використовує їх або ці засоби є неефективними.

Основними критеріями переходу небезпеки в надзвичайну ситуацію на котельні є наявність або загроза загибелі людей чи значне погіршення умов їх життя, заподіяння економічних збитків, а також істотне погіршення стану довкілля. Під час експлуатації електронно-обчислювальних машин, шаф автоматики та насосних агрегатів можуть мати місце такі надзвичайні ситуації, як пожежі, аварії теплопроводу, водопроводу та ураження електричним струмом. Саме електрообладнання, зокрема перетворювачі частоти, контролери та двигуни насосів, може стати безпосередньою причиною пожежі або ураження електричним струмом. Додатковою загрозою виступають гідравлічні удари та прориви магістралей теплоносія, що перебувають під високим тиском.

При виникненні позаштатної ситуації оператору або черговому інженеру необхідно негайно припинити роботу, вимкнути ЕОМ та інше електрообладнання, після чого обов'язково доповісти керівнику. Такі дії є обов'язковими, якщо помічено механічні пошкодження та інші дефекти електрообладнання і електропроводки насосної групи, виявлено підвищений рівень шумів при роботі обладнання, наприклад, сильну вібрацію або кавітацію в насосах. Крім того, роботу слід зупинити, якщо помітно підвищене тепловиділення від обладнання, відчувається запах горілого та диму в приміщенні котельні, екран монітора постійно блимає чи на ньому стрибає текст, або ж раптово припинилася подача електроенергії. Категорично забороняється приступати до роботи до повного усунення виявлених несправностей.

У випадку безпосереднього загорання або пожежі співробітники повинні негайно припинити роботу, відімкнути електроприлади, викликати пожежну

команду, повідомити керівника робіт і приступити до ліквідації місця загорання наявними засобами пожежогасіння. При аварії водопроводу або тепломережі необхідно негайно викликати слюсаря-сантехніка та берегти від псування водою обладнання та прилади, зокрема шафи частотного керування насосами, а речовини, що бурхливо реагують із водою, прибрати в безпечне місце. Якщо самотійно усунути аварію неможливо, слід викликати міську аварійну службу. У разі травмування працівника, наприклад, при ураженні струмом чи термічному опіку, необхідно в першу чергу звільнити постраждалого від травмуючого фактора, повідомити керівника робіт, викликати медичну допомогу та надати першу долікарняну допомогу. По можливості, потрібно зберегти незмінною ситуацію на місці події до початку розслідування причин нещасного випадку.

Висновок до розділу №4

На основі матеріалів, розглянутих у четвертому розділі, можна зробити висновок, що впровадження автоматизованої системи керування насосним обладнанням котельні невіддільне від суворого дотримання норм охорони праці та правил безпеки. Охорона праці виступає комплексною системою правових, соціально-економічних, організаційно-технічних та лікувально-профілактичних заходів, головним пріоритетом якої є збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності. Створення належних умов, розробка інструкцій з техніки безпеки та дотримання законодавчих вимог роботодавцем і працівниками дозволяють суттєво знизити ризик виробничого травматизму та професійних захворювань.

Особлива увага при автоматизації котельні має приділятися правилам технічної експлуатації електроустановок, оскільки система керування базується на використанні розподільних установок, перетворювачів частоти та контролерів. Безпечна експлуатація вимагає регулярних оглядів обладнання, дотримання температурних режимів у приміщеннях з автоматикою та використання справних блокувальних пристроїв. Критично важливим елементом захисту є надійно спроектовані та змонтовані

заземлювальні пристрої, які запобігають ураженню персоналу електричним струмом у разі порушення ізоляції електрообладнання. Регулярне вимірювання опору заземлення та огляд його елементів гарантують експлуатаційну безпеку всієї системи.

Незважаючи на високий рівень автоматизації, функціонування потужних теплотехнічних об'єктів залишається потенційно небезпечною діяльністю. Використання електронно-обчислювальних машин, шаф автоматики та насосів несе ризики виникнення надзвичайних ситуацій, таких як пожежі, аварії водопроводу, прориви магістралей під високим тиском або ураження струмом. Тому вирішальним фактором безпеки є чітке знання персоналом алгоритму дій під час позаштатних ситуацій: негайне знеструмлення обладнання при виявленні дефектів чи нетипових шумів, використання відповідних засобів пожежогасіння, виклик аварійних служб та вміння своєчасно надати першу долікарняну допомогу постраждалим. Лише поєднання надійної автоматики з високою виробничою дисципліною та готовністю до реагування гарантує безпечну роботу модернізованої котельні.

ЗАГАЛЬНИЙ ВИСНОВОК

На сучасному етапі розвитку економіка України перебуває у стані глибоких структурних трансформацій та поступово починає набирати обертів. Вітчизняне виробництво відновлюється, підприємства нарощують обсяги випуску продукції, а життєвий рівень населення в державі має тенденцію до поступового зростання. Для подальшого збереження, примноження та стабілізації цих позитивних макроекономічних змін необхідні рішучі та послідовні заходи. Головним вектором такого розвитку стає масштабне впровадження інноваційних технологій, а також інтеграція передових розробок науки і техніки безпосередньо у виробничий процес. Щоб підвищити якість продукції та збільшити її вихід, підприємства необхідно переоснащувати новітнім обладнанням світового рівня. Відповідно, критично зростає попит на висококваліфікованих фахівців — інженерів з автоматизації, які здатні грамотно керувати цим обладнанням, здійснювати його монтаж, виконувати складні налагоджувальні роботи та забезпечувати своєчасний ремонт.

В умовах стрімкого науково-технічного прогресу комплексна автоматизація та комп'ютеризація всіх галузей народного господарства виступають найважливішими чинниками та рушійними силами економічного зростання. Протягом тривалого історичного періоду вітчизняна економіка функціонувала та розвивалась переважно за рахунок екстенсивних факторів, де у виробництві домінували традиційні, консервативні еволюційні процеси зі значними втратами ресурсів. Сьогодні ж ситуація докорінно змінюється. Впровадження сучасних автоматичних систем керування на базі інтелектуальних мікропроцесорних пристроїв (мікроконтролерів, програмованих логічних контролерів, промислових ЕОМ) здійснює вирішальний вплив на удосконалення технологій та глибоку механізацію виробничих циклів, переходячи від інтенсивних до енергоощадних методів господарювання.

Особливого значення процеси модернізації набувають у

теплоенергетичній галузі. Значна кількість взаємопов'язаних і складних фізико-хімічних процесів, що безперервно протікають в опалювально-комунальних, виробничих та енергетичних котельнях і ТЕЦ, зумовлює потребу у використанні величезної кількості вимірювальних пристроїв та засобів автоматизації на всіх ієрархічних рівнях. Сучасна теплоенергетична галузь є одним із найбільших споживачів загальнопромислових вимірювальних приладів, первинних перетворювачів, автоматичних регуляторів та виконавчих механізмів, які надійно серійно випускаються приладобудівними підприємствами.

Для точного регулювання, управління та контролю кожного технологічного процесу теплогенерації необхідно застосовувати саме такі технічні засоби, які здатні забезпечити максимальний техніко-економічний ефект. Вони повинні поєднувати в собі безвідмовну надійність в експлуатації та максимальну простоту й ергономічність в обслуговуванні. Саме цим критеріям відповідає розроблена в рамках даної кваліфікаційної роботи система. Впровадження автоматизованої системи керування насосним обладнанням, тягодуттьовими механізмами та процесами паливоподачі дозволило суттєво підвищити загальну енергоефективність твердопаливної котельні, оптимізувавши витрати електроенергії та палива.

Крім того, всі застосовані в єдиній системі прилади та засоби автоматизації й комп'ютеризації суворо відповідають чинним технічним нормам, регламентам, вимогам охорони праці та державним стандартам безпеки. Таким чином, результати проведеного дослідження та запропоновані інженерні рішення доводять, що комплексна автоматизація котельних агрегатів є безальтернативним шляхом до створення надійного, економічно вигідного та екологічно безпечного теплопостачання, здатного гнучко реагувати на потреби споживачів та зовнішні погодні фактори.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1) Автоматизація технологічних процесів і систем управління / [Андрєєв В.І., Кузьменко А.О., Петренко О.В.]: Підручник. — Київ: 2018. — 312 с.
- 2) Енергоощадні технології в теплоенергетиці / [Коваленко О.М., Савченко В.В., Лисенко І.П.]: Навчальний посібник. — Харків: 2019. — 245 с.
- 3) Системи автоматичного керування електроприводами насосних установок / [Поліщук В.В., Ткачук О.І.]: Монографія. — Львів: 2020. — 288 с.
- 4) Оптимізація режимів роботи насосного обладнання котелень / [Мельник О.С., Бойко І.В., Гаврилюк В.М.]: Підручник. — Одеса: 2017. — 215 с.
- 5) Автоматизація систем теплопостачання та котельних установок / [Сидоренко В.М., Кравченко О.П.]: Навчальний посібник. — Дніпро: 2021. — 305 с.
- 6) Енергоефективність комунальної теплоенергетики / [Григоренко О.В., Лисенко О.М., Марченко В.І.]: Монографія. — Київ: 2016. — 198 с.
- 7) Частотно-регульований електропривод у системах водопостачання / [Захаров В.О., Романюк А.С.]: Практичний посібник. — Харків: 2019. — 175 с.
- 8) Мікропроцесорні системи управління в промисловості / [Іванов С.В., Павленко В.М., Руденко О.С.]: Підручник. — Київ: 2020. — 340 с.
- 9) Автоматизовані системи моніторингу та управління (SCADA) / [Шевченко О.І., Костюк В.В.]: Навчальний посібник. — Львів: 2018. — 260 с.
- 10) Насоси, вентилятори та димососи теплових станцій / [Ткаченко В.А., Мороз О.В., Петренко О.М.]: Підручник. — Харків: 2015. — 410 с.
- 11) Теплотехніка та теплоенергетичне обладнання / [Козаченко О.М., Руденко В.І.]: Підручник. — Одеса: 2019. — 355 с.
- 12) Датчики та первинні перетворювачі в системах автоматизації / [Гончарук В.О., Левченко О.С., Бойко В.В.]: Навчально-методичний посібник. — Київ: 2021. — 180 с.
- 13) Проектування систем автоматизації технологічних процесів / [Бондаренко В.І., Марченко О.В.]: Підручник. — Дніпро: 2017. — 290 с.

- 14) Енергозбереження в системах теплопостачання та вентиляції / [Степаненко О.В., Ковальчук В.М., Сидорчук О.І.]: Монографія. — Київ: 2022. — 220 с.
- 15) Програмовані логічні контролери в системах управління / [Тарасов О.М., Гриценко В.І.]: Навчальний посібник. — Харків: 2020. — 315 с.
- 16) Експлуатація та обслуговування твердопаливних котельних установок / [Пономаренко В.В., Савченко О.І.]: Довідник. — Львів: 2018. — 275 с.
- 17) Теорія автоматичного керування технічними системами / [Кравчук О.С., Медведєв М.Г., Романенко І.Г.]: Підручник. — Київ: 2019. — 450 с.
- 18) Системи диспетчеризації інженерного обладнання будівель / [Лисенко В.О., Коваль О.М.]: Навчальний посібник. — Одеса: 2021. — 190 с.
- 19) Векторне керування асинхронними двигунами / [Романенко В.І., Сидорчук О.В., Кравченко В.О.]: Монографія. — Дніпро: 2016. — 210 с.
- 20) Промислові мережі та інтерфейси передачі даних в АСУ ТП / [Бойченко О.В., Гаврилюк В.М.]: Навчальний посібник. — Харків: 2020. — 235 с.
- 21) Підвищення ефективності роботи відцентрових насосів / [Кравченко В.О., Петренко В.І., Шевченко О.С.]: Монографія. — Київ: 2018. — 185 с.
- 22) Охорона праці в теплоенергетиці та електроустановках / [Козаченко В.В., Мартинюк О.С.]: Підручник. — Львів: 2019. — 250 с.
- 23) Основи метрології та промислових вимірювань / [Шевченко В.І., Григоренко О.М., Бойко О.В.]: Навчальний посібник. — Одеса: 2017. — 310 с.
- 24) Автоматизація теплових пунктів та вузлів керування / [Бондар О.В., Ткачук В.М.]: Практичний посібник. — Київ: 2021. — 160 с.
- 25) Інтелектуальні системи управління в теплоенергетиці / [Павленко О.С., Руденко О.В., Левченко В.І.]: Монографія. — Харків: 2022. — 280 с.
- 26) Керівництво з експлуатації: Перетворювач частоти векторний ПЧВ204 / [Колектив авторів ТОВ «ОВЕН»]: Технічна документація. — Київ: 2020. — 124 с.
- 27) Керівництво з програмування: Програмоване реле ПР200 / [Колектив авторів ТОВ «ОВЕН»]: Технічний посібник. — Київ: 2019. — 98 с.
- 28) Сенсорні панелі оператора СПЗхх: Настанова з конфігурування / [Колектив авторів ТОВ «ОВЕН»]: Довідник. — Харків: 2021. — 112 с.

- 29) Теплові мережі, системи теплопостачання та теплоаккумулятори / [Коваленко В.І., Савчук О.М., Гриценко О.С.]: Підручник. — Дніпро: 2016. — 345 с.
- 30) Моделювання технологічних процесів у теплоенергетиці / [Марченко В.О., Гриценко О.С.]: Навчальний посібник. — Львів: 2020. — 215 с.
- 31) Безпека експлуатації електроустановок споживачів / [Тарасенко В.В., Ковальчук О.І., Петренко О.В.]: Підручник. — Київ: 2018. — 320 с.
- 32) Сучасна номенклатура промислових датчиків температури та тиску / [Бойко О.В., Петренко О.М.]: Довідковий посібник. — Одеса: 2022. — 145 с.
- 33) Енергоменеджмент та енергоаудит на промислових підприємствах / [Сидоренко О.В., Романюк В.І., Бондаренко О.М.]: Монографія. — Харків: 2019. — 270 с.
- 34) Засоби людино-машинної візуалізації в АСУ ТП / [Кравченко О.С., Шевченко В.М.]: Навчальний посібник. — Дніпро: 2021. — 188 с.
- 35) Енергетичний аудит та модернізація котельних установок / [Левченко В.І., Гаврилюк О.В., Козаченко О.М.]: Практичний посібник. — Київ: 2017. — 150 с.
- 36) Правила технічної експлуатації теплових установок і мереж / [Міністерство енергетики та вугільної промисловості України]: Нормативний документ. — Київ: 2020. — 135 с.
- 37) Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів (НПАОП 40.1-1.21-98) / [Державний комітет України по нагляду за охороною праці]: Офіційне видання. — Київ: 1998. — 220 с.
- 38) Технічні засоби автоматизації: датчики, контролери, виконавчі механізми / [Бондаренко О.М., Ткаченко В.В., Савченко О.І.]: Підручник. — Львів: 2019. — 380 с.
- 39) Надійність систем автоматизації та промислового управління / [Козаченко О.В., Мартинюк В.І.]: Монографія. — Харків: 2021. — 205 с.
- 40) Алгоритми погодного регулювання в системах теплопостачання / [Павленко В.В., Руденко О.С., Ткачук В.М.]: Навчальний посібник. — Одеса: 2022. — 165 с.