

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю.М.ПОТЕБНІ

КАФЕДРА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА
КІБЕРФІЗИЧНИХ СИСТЕМ

Кваліфікаційна робота
другий магістерський рівень
(рівень вищої освіти)

на тему: «Удосконалення системи управління
енергоспоживанням технологічного обладнання промислового
підприємства»

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1411
спеціальності 141 Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка
освітньої програми Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка

Хорев Данило Сергійович

Керівник к.т.н., доц. Єрофєєва А.А.

Рецензент д.т.н., проф. Коваленко В.Л.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра Електричної інженерії та кіберфізичних систем
Рівень вищої освіти другий магістерський рівень
Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Освітня програма Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(код та назва)
Спеціалізація _____
(код та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри В.М. Коваленко

« 07 » грудень 2022 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

Хореву Данилу Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи (проекту) Удосконалення системи управління енергоспоживанням технологічного обладнання промислового підприємства

керівник роботи Єрофєєва Аліна Анатоліївна, к.т.н., доц.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від «25» жовтня 2022 року № 1454-с

- 1 Строк подання студентом роботи: 01 грудня 2022 р.
- 2 Вихідні дані до роботи: споживання електроенергії обладнанням ад'юстажа сортових станів ПрАТ «Дніпроспецсталь», властивості компонентів перетворювача SINAMICS S120, схема підключення мережі Profibus.
- 3 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): оцінка енергоспоживання підприємства як об'єкту управління; аналіз ефективності електроспоживання на ділянці ад'юстажу ПрАТ "Дніпроспецсталь"; аналіз заходів щодо удосконалення системи управління енергоспоживанням технологічного обладнання; розробка

алгоритму автоматизованої роботи ножиць гарячого
 Перелік графічного матеріалу: аналіз сучасних систем scada; заходи щодо
 скорочення витрат електричної енергії обладнанням ад'юстажу
 сортувальних станів; техніко-екокомічні показники запропонованої
 заходу; розробка автоматизованої системи управління ножицями гарячого
 різання; алгоритм автоматизованої роботи ножиць гарячого різання.

Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Єрофєєва А.А., к.т.н., доцент		
2	Єрофєєва А.А., к.т.н., доцент		
3	Єрофєєва А.А., к.т.н., доцент		

4 Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітки
1	Аналіз сучасних систем ефективного управління енергоспоживанням	10.10.2022	ВИКОНАНО
2	Аналіз ефективності електроспоживання на ділянці ад'юстажу сортувальних станків прокатного цеху ПрАТ "Дніпроспецсталь"	31.10.2022	ВИКОНАНО
3	Аналіз заходів щодо удосконалення системи управління енергоспоживанням технологічного обладнання	07.11.2022	ВИКОНАНО
4	Розробка SCADA системи управління ножицями гарячого різання та алгоритму автоматизованої роботи ножиць	21.11.2022	ВИКОНАНО
5	Оформлення кваліфікаційної роботи згідно нормативних вимог	01.12.2022	ВИКОНАНО

Студент

Керівник роботи

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер

Д.С.Хорев
(ініціали та прізвище)

А.А.Єрофєєва
(ініціали та прізвище)

С.В. Башлій
(ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Хорев Д.С. Удосконалення системи управління енергоспоживанням технологічного обладнання промислового підприємства.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, науковий керівник к.т.н., доцент Єрофієєва А.А. Запорізький національний університет, Інженерний навчально-науковий інститут ім.Ю.М.Потебні, кафедра електричної інженерії та кіберфізичних систем, 2022.

Кваліфікаційна робота магістра присвячена аналізу заходів щодо удосконалення системи управління енергоспоживанням технологічного обладнання. Запропоновані заходи щодо зменшення обсягів електроспоживання цехом: модернізація системи автоматизації електроприводу злитковоза ад'юстажа сортових станів. Розроблена SCADA система управління ножицями гарячого різання. Розроблений і запропонований алгоритм автоматизованої роботи ножиць гарячого різання.

Ключові слова: енергозбереження, Scada, електрична енергія, потужність, електропривод, ад'юстаж сортових станів, тиристорний перетворювач, термін окупності.

ABSTRACT

Khorev D.S. Improvement of the energy consumption management system of technological equipment of an industrial enterprise.

Qualifying final work for obtaining a master's degree in the specialty 141 - Electrical power engineering, electrical engineering and electromechanics, Supervisor Ph.D., Associate Professor Yerofieieva A.A. Zaporizhzhya National

University, Engineering Educational and Scientific Institute named after Yu.M. Potebny, Department of Electrical Engineering and Cyber-Physical Systems, 2022.

The master's qualification work is devoted to the analysis of measures to improve the energy consumption management system of technological equipment. Proposed measures to reduce the volume of electricity consumption by the workshop: modernization of the automation system of the electric drive of the ingot transporter for the adjustment of the sorting mills. A SCADA control system for hot cutting shears has been developed. An algorithm for the automated operation of hot cutting scissors was developed and proposed.

Keywords: energy saving, Scada, electric energy, exhaustion, electric drive, adjustment of section mills, thyristor conversion, term of recoupment.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1 Оцінка енергоспоживання підприємства як об'єкту управління.....	11
1.1. Управління енергоспоживанням промислового підприємства	11
1.2. Систематизація факторів енергоефективності металургійного підприємства.....	16
1.3 Принципи системи ефективного управління енергоспоживанням металургійного підприємства.....	20
1.4 Аналіз сучасних систем SCADA.....	28
1.5.Обґрунтування автоматизації управління потоками реактивної потужності.....	33
2 Аналіз ефективності електроспоживання дільниці ад'юстажу сортувальних станків прокатного цеху ПрАТ«Дніпроспецсталь».....	38
2.1 Аналіз споживання енергоресурсів прокатного цеху.....	38
2.2 Характеристика електрообладнання ад'юстажних сортових станів.....	40
2.3 Розрахунок споживання електроенергії електрообладнання ад'юстажних сортових станів.....	42
3 Аналіз заходів щодо удосконалення системи управління енергоспоживанням технологічного обладнання	47
3.1 Підвищення енергоефективності злитковозу... ..	47
3.2 Вибір тиристорного перетворювача	58
3.3 Розрахунок витрат електропривода, що працює по системі Г-Д та ТП-Д.....	63
3.4 Розробка SCADA- системи управління гарячими ножицями.....	68
3.4.1 Вибір датчиків виявлення металу.....	72
3.4.2 Вибір модуля живлення.....	74
3.4.3 Вибір активного інтерфейсного модуля.....	76

3.4.4	Опис мережі, що використовується.....	76
3.4.5	Алгоритм автоматизованої роботи ножиць гарячого різання	77
	ВИСНОВКИ.....	79
	ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	81
	ДОДАТОК А.....	83

ВСТУП

Актуальність роботи. Найважливіша умова зростання продуктивності прокатних станів і якості продукції, зниження собівартості продукції - це безперервність процесу і застосування оптимальних режимів прокатки з автоматизацією процесу, впровадження енергозберігаючих технологій.

Прокатне виробництво являє собою комплекс взаємопов'язаних технологічних переділів, що визначають якість прокатної продукції і техніко-економічні показники роботи прокатних цехів [1,2]. Енергозберігаючі технології, енергозбереження - це головний шлях сучасного виробництва в розвинених країнах [1,3,4].

В даний час електроприводи є основним приймачем електроенергії - їх електродвигуни використовують більше половини електроенергії, що виробляється в країні, тому заходи щодо зниження споживання ними енергії є одним з головних заходів в загальному питанні економії електроенергії [3,5,6].

Мета роботи - удосконалення системи управління енергоспоживанням технологічного обладнання.

Задачі дослідження. Для досягнення зазначеної мети дослідження в магістерській роботі вирішуються такі задачі:

- провести аналіз систем ефективного управління енергоспоживанням металургійного підприємства, аналіз сучасних систем SCADA та (АСКОЕ);
- провести аналіз ефективності електроспоживання ділянки ад'юстажу прокатного цеху промислового підприємства;
- запропонувати заходи щодо модернізації системи автоматизації електроприводу технологічного обладнання;
- дати техніко-економічну оцінку запропонованих заходів;

Об'єкт дослідження – прокатний цех промислового підприємства

Предмет дослідження – витрати електричної енергії технологічним обладнанням.

Апробація роботи. Результати роботи представлені на II Всеукраїнській науково-практичній конференції за участю молодих науковців «Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України» 18-20 жовтня 2022 р.

Структура та обсяг роботи. Магістерська робота включає вступ, три розділи, висновки та перелік джерел посилання з 27 позицій. Загальний обсяг складає 97 сторінок, у тому числі 18 ілюстрацій та 3 таблиці.

1 ОЦІНКА ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ПІДПРИЄМСТВА ЯК ОБ'ЄКТУ УПРАВЛІННЯ

1.1. Управління енергоспоживанням промислового підприємства

Управління енергоспоживанням металургійних підприємств на основі концепції комплексного управління перспективним енергоспоживанням в умовах ринкових відносин дозволяє:

- а) формувати бізнес-стратегію підприємства у взаємозв'язку з енергоефективністю та енергозбереженням;
- б) оцінювати та досягати високої якості формування паливно-енергетичного балансу металургійного підприємства;
- в) визначати ефективність керування енергоспоживанням на рівні підприємства.

Вирішення проблеми енергоефективності потребує створення та впровадження відповідних механізмів управління на рівні металургійного підприємства, що дозволяють координувати та регулювати процес енергоспоживання.

Досвід країн Євросоюзу та США показав серйозні успіхи в цій галузі, які виражаються у нормативних актах та бюджетно-податковому регулюванні [7,8]. Сьогодні вкрай потрібне застосування таких механізмів у практиці управління енергоспоживанням.

Щоб визначити ефективність управління енергоспоживанням промислового підприємства у сучасних умовах, необхідне вдосконалення методології визначення кола показників та критеріїв оцінки взаємодії держави та ринкового механізму з бізнес-моделлю енергоефективності промислового підприємства. Це має бути зроблено у рамках теорії управління, у розвитку якої одні концепції управління енергоспоживанням

розвивалися і доповнювалися іншими. У міру того, як ринки стають дедалі динамічнішими, а зміни несподіваними, системи управління енергоспоживанням промислових підприємств стають відкритими та гнучкими, і на перший план виходить такий загальний критерій, як здатність адаптуватися для ефективного енергоспоживання та впливати на ринки.

Саме такий підхід методологічно вірний для оцінки ефективності управління енергоспоживанням промислових підприємств у економіці, що трансформується. Він органічно поєднує у собі парадигми традиційної ефективності енергоспоживання та рентабельності виробництва, спрямованість на стійке задоволення енергетичних потреб та узгодження економічних інтересів суб'єктів ринкової економіки, динамічність зовнішніх та внутрішніх факторів та їх взаємодія. Нова концепція управління енергоспоживанням промислових підприємств має спиратися на критерії ефективності виробництва, маневреність виробництва, гнучкість стратегії енергоспоживання [9]. На основі цих критеріїв мають формуватися узагальнюючі показники та критерії енергоефективності та енергозбереження, що дозволяють усувати протиріччя та узгоджувати економічні інтереси держави як суб'єкта ринкової економіки та будь-якого суб'єкта ринкової економіки у процесі взаємодії при реалізації енергетичної політики. Очевидно, що необхідна інтеграція різних підходів до управління енергоспоживанням промислового виробництва в єдину нову концепцію, що відповідає вимогам ринку та при цьому визначає стратегічні можливості для успішних внутрішніх та зовнішніх виробничо-фінансових, економічних та енергетичних маневрів як підприємства, так і держави.

За останні кілька десятиліть в електроенергетиці відбулися глибокі інституційні перетворення, формування лібералізованих ринків палива та енергії викликало появу нових видів комерційної діяльності, узагальнених поняттям «енергетичний бізнес», тому динаміка попиту на енергоносії у споживачів дуже впливає на ефективність енергетичного бізнесу. Сьогодні склалася для всіх країн загальна стратегія реформ, яка полягає у лібералізації

електроенергетичних ринків: переході від закритого ринку до відкритого, конкурентного ринку енергії та потужності. У зв'язку з цим необхідний методологічний підхід для розробки нового критерію «плаваючої» оптимізації енергоефективності промислового підприємства при динамічній взаємодії з ринковим середовищем, що швидко змінюється. Що у свою чергу необхідно для визначення раціональної бізнес-стратегії підприємства та постійної її коригування при ринковій кон'юнктурі, що змінюється, виробничих ресурсів і промислових товарів.

Щоб визначити ефективність управління енергоспоживанням промислового підприємства у сучасних умовах, необхідне вдосконалення методології визначення кола показників та критеріїв оцінки взаємодії держави та ринкового механізму з бізнес-моделлю енергоефективності промислового підприємства. Це має бути зроблено у рамках теорії управління, у розвитку якої одні концепції управління енергоспоживанням розвивалися і доповнювалися іншими. У міру того, як ринки стають дедалі динамічнішими, а зміни несподіваними, системи управління енергоспоживанням промислових підприємств стають відкритими та гнучкими, і на перший план виходить такий загальний критерій, як здатність адаптуватися для ефективного енергоспоживання та впливати на ринки.

Саме такий підхід методологічно вірний для оцінки ефективності управління енергоспоживанням промислових підприємств у економіці, що трансформується. Він органічно поєднує в собі парадигми традиційної ефективності енергоспоживання та рентабельності виробництва, спрямованість на стійке задоволення енергетичних потреб та узгодження економічних інтересів суб'єктів ринкової економіки, динамічність зовнішніх та внутрішніх факторів та їхню взаємодію. Нова концепція управління енергоспоживанням промислових підприємств має спиратися на критерії ефективності виробництва, маневреність виробництва, гнучкість стратегії енергоспоживання. На основі цих критеріїв мають формуватися узагальнюючі показники та критерії енергоефективності та

енергозбереження, що дозволяють усувати протиріччя та узгоджувати економічні інтереси держави як суб'єкта ринкової економіки та будь-якого суб'єкта цієї ж економіки у процесі взаємодії при реалізації енергетичної політики. Очевидно, що потрібна інтеграція різних підходів до управління енергоспоживанням промислового виробництва в єдину нову концепцію, що відповідає вимогам ринку та при цьому визначає стратегічні можливості для успішних внутрішніх та зовнішніх виробничо-фінансових, економічних та енергетичних маневрів як підприємства, так і держави [10-11].

Сьогодні склалася для всіх країн загальна стратегія реформ, яка полягає у лібералізації електроенергетичних ринків: переході від закритого ринку до відкритого, конкурентного ринку енергії та потужності. У зв'язку з цим необхідний методологічний підхід для розробки нового критерію «плаваючої» оптимізації енергоефективності промислового підприємства при динамічній взаємодії з ринковим середовищем, що швидко змінюється. Що в свою чергу необхідно для визначення раціональної бізнес-стратегії підприємства і постійної її коригування при ринковій кон'юнктурі виробничих ресурсів і промислових товарів, що змінюється.

Підвищення енергоефективності відіграє у переході до нової інноваційної економіки, пріоритетом якої є сталий розвиток. Енергетичний фактор включений до індикаторів сталого розвитку. У галузі вимірювання стійкості виділяють два підходи: перший передбачає побудову інтегрального індикатора, на основі якого можна судити про ступінь стійкості соціально-економічного розвитку; Другий підхід базується на побудові системи індикаторів, кожен з яких відображає окремі аспекти сталого розвитку. Пріоритетне місце у цих підходах займає облік енергетичного чинника, що проявляється у обов'язковому використанні показника енергоефективності (енергоємності). Таким чином, економічна складова концепції сталого розвитку передбачає оптимальне використання обмежених природних ресурсів та застосування екологічних природо-, енерго- та матеріалозберігаючих технологій.

Всі ці та ціла низка інших умов розвитку економіки, а також переваги та недоліки колишніх концепцій енергоефективності та енергозбереження створили об'єктивні передумови для нової концепції ефективного управління енергоспоживанням промислового (металургійного) підприємства, яка, безумовно, має відображати основні положення колишніх концепцій, але при цьому вона обов'язково має бути доповнена для промислового бізнесу новими методами та інструментарієм оцінки ефективності управління енергоспоживанням в умовах ринкової економіки.

Важливе місце у існуючих концепціях управління енергоспоживанням приділяється визначенню структури енергогосподарства промислового підприємства, яка дозволяє розробити оптимальні методи управління енергоспоживанням. При цьому енергогосподарство має розглядатися у взаємозв'язку із системою енергопостачання промислового вузла та промислового підприємства. Традиційно при побудові структури управління енергогосподарством використовують два підходи до вивчення відносин управління. Перший підхід - функціональний, від аналізу функцій до структури. Другий - структурний, від структури до функцій. Обидва підходи доповнюють один одного, але початковим слід визнати функціональний, оскільки за структурного підходу необхідно знати методіку структурного аналізу апарату управління та структурного проектування.

Аналіз теорії та практики енергоефективності і енергозбереження та узагальнення викладеного матеріалу дозволили зробити наступні висновки:

- назріла необхідність розробки теоретико-методологічних підходів до формування концепції управління енергоспоживанням промислових підприємств у нових умовах господарювання для підвищення енергоефективності та енергоспоживання, оскільки ці питання не лише становлять науковий інтерес, а й мають прикладне значення;
- нова концепція управління енергоспоживанням промислових підприємств необхідна як продовження вчення про енергоефективний та енергозберігаючий розвиток економіки промислового виробництва в рамках

нової промислової політики, оскільки зовнішнє середовище сьогодні змінюється швидко, що створює великі труднощі для тактичної та стратегічної оцінки енергетичної політики підприємства;

– ключова ідея нової концепції управління енергоспоживанням полягає у тому, щоб забезпечувати сталий соціально-економічний розвиток промислового підприємства, що можливе лише на основі реалізації бізнес-моделі енергоефективності та узгодження економічних інтересів із державними інтересами при реалізації енергетичної політики підприємства;

– нова концепція повинна дозволяти виявляти відхилення між уявленням про мету та прогнозованим енергоспоживанням для підвищення енергоефективності та енергозбереження на рівні промислового підприємства [12,13].

Обґрунтування необхідності нової концепції управління енергоспоживанням як методологічної основи підвищення енергоефективності та енергозбереження викликало необхідність систематизації факторів управління енергоефективністю металургійного підприємства.

1.2. Систематизація факторів енергоефективності металургійного підприємства

Складовою формування механізму управління енергоспоживанням металургійного підприємства служить систематизація чинників підвищення ефективності енергоспоживання.

Методологія системного підходу дозволяє розкрити цілісність функціонування механізмів підприємства, виявити його зв'язки та звести їх у єдиний динамічний комплекс. Системний підхід до управління енергоспоживанням виходить з того, що специфіка управління

підприємством не обмежується особливостями елементів, що входять до нього, а проявляється в характері зв'язків і відносин між певними елементами і впливають на їх функціонування причинами. Він заснований на тому, що всі елементи управління підприємством розглядаються як одне ціле у взаємозв'язку один з одним і характерним для них динамічним процесом взаємодії із зовнішнім середовищем.

Єдність принципів основ організації металургійного виробництва дозволяє визначити фактори енергоефективності в економічній сфері діяльності підприємства: рівень цін та тарифів на паливо та енергію; попит та пропозиція на продукцію та ПЕР; доступ до ринку ресурсів та нових технологій; інфляція; економічні ризики; ефективність використання засобів виробництва; прибутковість промислового виробництва; ефективність поточних витрат; ефективність використання живої праці. Фактори цієї сфери діяльності необхідні в оцінці економічної ефективності варіантів формування та реалізації енергетичних програм з економії палива та енергії для підприємства.

Єдність принципів основ організації металургійного виробництва дозволяє визначити чинники енергоефективності у виробничій сфері діяльності підприємства: структура промислового виробництва; завантаження виробничих потужностей; ступінь фізичного та морального зносу ОПФ; матеріаломісткість виробництва; технологічна трудомісткість виробництва; впровадження прогресивних технологічних процесів; використання менш енергоємних матеріалів; зниження всіх видів втрат виробництва; укрупнення одиничних потужностей та реалізація інших способів концентрації виробництва; рівень електрифікації промислового виробництва; технологічне поєднання виробництва. Фактори цієї сфери діяльності є визначальними при формуванні та реалізації енергетичних програм з економії палива та енергії для підприємства.

У процесі дослідження виявлено, що структура металургійного виробництва впливає на енергоємність виробництва (продукції). Питома вага

тих чи інших технологій (виробництв більш енерговитратних або менш енерговитратних) визначає загальний рівень енергоемності продукції та енергетичну складову в собівартості продукції [14].

Основні висновки:

- оскільки металургійні підприємства є відкритими економічними системами, орієнтованими на ринок, то вони змушені постійно адаптуватися до вимог учасників ринку, що змінюються, щоб поставлена мета була реалізована. А це означає, що результати їх функціонування пов'язані та взаємозумовлені через взаємодію факторів, що впливають на рівень ефективності енергоспоживання підприємства. При цьому необхідна результативність їхньої взаємодії визначатиметься реалізацією принципу елімінування негативних тенденцій та принципу дотримання економічних інтересів, що забезпечить збалансовану систему факторів під час управління енергоспоживанням;

– на основі виділених сфер діяльності підприємства визначено та систематизовано фактори, що впливають на рівень ефективності енергоспоживання підприємства, які необхідні для розробки теоретико-методологічних підходів до формування механізму управління енергоспоживанням металургійного підприємства в нових умовах господарювання та визначення показників енергоефективності;

– незважаючи на систематизацію факторів щодо сфер діяльності металургійного підприємства, важливо розуміти, що в основі ефективної енергетичної стратегії підприємства лежить індивідуальний набір факторів, які мають бути у полі зору енергоменеджменту підприємства, оскільки згодом під впливом тих чи інших факторів формується потенціал енергозбереження, і він має бути своєчасно реалізований для підвищення конкурентоспроможності та сталого соціально-економічного розвитку підприємства, інакше зростання потенціалу енергозбереження характеризує зниження ефективності управління енергоспоживанням підприємства;

– систематизація факторів енергоефективності дозволяє відібрати для методики оцінки ефективності управління енергоспоживанням підприємства такі показники: обсяг використання ВЕР, енергоємність продукції, частка витрат енергоресурсів у собівартості продукції, валові викиди шкідливих речовин, виділення CO₂, частка матеріальних витрат у собівартості продукції.

Таким чином можемо сказати:

– назріла необхідність розробки теоретико-методологічних підходів до формування концепції управління енергоспоживанням металургійних підприємств у нових умовах господарювання для підвищення енергоефективності та енергоспоживання, оскільки ці питання не лише становлять науковий інтерес, а й мають прикладне значення;

– ключова ідея нової концепції управління енергоспоживанням полягає у тому, щоб забезпечувати сталий соціально-економічний розвиток металургійного підприємства, що можливе лише на основі реалізації бізнес-моделі енергоефективності, а також узгодження економічних інтересів із державними інтересами при здійсненні енергетичної політики підприємства; - оскільки металургійні підприємства є відкритими економічними системами, орієнтованими на ринок, то вони змушені постійно адаптуватися до вимог учасників ринку, що змінюються, щоб поставлена мета була реалізована. А це означає, що результати їх функціонування пов'язані та взаємозумовлені через взаємодію факторів, що впливають на рівень ефективності енергоспоживання підприємства. При цьому необхідна результативність їхньої взаємодії визначатиметься реалізацією принципу елімінування негативних тенденцій та принципу дотримання економічних інтересів, що забезпечить збалансовану систему факторів під час управління енергоспоживанням;

– незважаючи на систематизацію факторів за сферами діяльності металургійного підприємства, важливо розуміти, що в основі ефективної енергетичної стратегії підприємства лежить індивідуальний набір факторів, які мають бути у полі зору енергоменеджменту підприємства, оскільки

згодом під впливом тих чи інших факторів формується потенціал енергозбереження, який має бути своєчасно реалізований підвищення конкурентоспроможності і сталого соціально-економічного розвитку підприємства, інакше якщо відбуватиметься зростання потенціалу енергозбереження, це свідчить про зниження ефективності управління енергоспоживанням промислового підприємства.

1.3 Принципи системи ефективного управління енергоспоживанням металургійного підприємства

Принципи системи ефективного управління енергоспоживанням синтезують у собі об'єктивність економічних законів та закономірностей управління та характерні риси реальної практики енергоспоживання, є керівними правилами, основними положеннями, на які повинні орієнтуватися керуючі органи та працівники через соціально-економічні умови енергоспоживання підприємства на певному етапі розвитку економіки. Чим повніше та обґрунтованіші принципи системи ефективного управління енергоспоживанням на підприємстві, тим вища ймовірність досягнення поставленої мети для отримання ефективних результатів реалізації енергетичної програми. Тому формулювання засад управління енергоспоживанням є відповідальним початковим моментом побудови системи управління енергоспоживанням на підприємстві.

Основний недолік існуючих методичних підходів до управління полягає в тому, що відсутня систематизація принципів та їх повне використання у практиці та теорії управління енергоспоживанням.

Дослідження методичних та методологічних аспектів управління економічними процесами дозволяє визначити такі основні засади управління енергоспоживанням на підприємстві за групами.

1. Група організаційно-економічних принципів:

1.1. Принцип державного регулювання під час управління енергоспоживанням реалізується дwoяко. По-перше, це організуючий вплив, необхідний ринку енергоресурсів як невід'ємна умова його надійної роботи. Ця умова реалізується у державному формуванні необхідних правил та обмежень ринкової діяльності, оновленні, контролі за дотриманням нормативних актів. По-друге, державні органи сприяють вбудовуванню ринкових відносин у систему суспільних відносин, без чого ринок був би відторгнутий державними інститутами. Держава є інструментом створення ринкової економіки та її ефективного розвитку. Слід зазначити, що діяльність держави з регулювання економіки проявляється у сформульованому вище принципі, а й у всіх інших принципах економіки. Сам принцип участі держави у регулюванні ринкової економіки слід віднести до принципів ринкової економіки, які взаємодіють та формують основу функціонування ринку.

Знайти оптимальну рівновагу ринкової свободи та державного регулювання складно, єдиних підходів та критеріїв вирішення цієї проблеми сьогодні немає. Для лібералізованих умов енергоспоживання підприємства оптимальним є певний рівень вільної конкуренції за відповідної організації та регламентації попиту та пропозиції енергоресурсів на ринках палива та енергії. Такий механізм можна назвати механізмом організованої конкуренції. Інструментарій державного регулювання економіки спрямовано не досягнення такого оптимуму [14].

1.2. Принцип повного обліку енергетичних потреб, стану та динаміки попиту та кон'юнктури ринку енергоресурсів використовується при прийнятті виробничо-господарських рішень, спрямованих на досягнення ефективного енергоспоживання підприємства (принцип маркетингу).

1.3. Принцип оптимального поєднання централізації та децентралізації – це проблема розподілу повноважень для ухвалення певних рішень під час реалізації енергетичної програми. Оптимальним буде підхід, коли

централізованими залишаються рішення, що стосуються розробки енергетичної програми (цілей та стратегії) підприємства, а децентралізованими будуть рішення щодо оперативного управління (принцип менеджменту).

1.4. Принцип мети в управлінні енергоспоживанням є центральним, оскільки визначає та регулює дії при формуванні та реалізації енергетичної програми. Без знання мети та результатів, які можна очікувати під час її досягнення, будь-які дії при реалізації енергетичної програми підприємства приречені на провал (принцип менеджменту).

1.5. Принцип домінування стратегічних аспектів у плануванні енергоспоживання впливає із довгострокового характеру результатів ефективного енергоспоживання, а також його значущості для забезпечення конкурентоспроможності підприємства на ринках товарів .

1.6. Принцип альтернативних витрат. У сфері енергоспоживання та при формуванні різних варіантів енергоспоживання та ТЕБ, де існує проблема обмежених енергоресурсів, процеси вибору рішень підпорядковуються вимогам економічної ефективності. Принцип альтернативних витрат при формуванні балансу означає, що цінність (ефективність) деякого обраного напряму використання конкретного енергоресурсу повинна бути щонайменше не нижчою від його альтернативних витрат. Альтернативні витрати виникають у сфері обмежених енергоресурсів при існуванні різних, конкуруючих між собою способів їх застосування для задоволення енергетичних потреб і є цінністю втрачених можливостей альтернативного використання енергоресурсів, витрачених на створення конкретних товарів та послуг.

Якщо для формування балансу використовується якийсь обмежений енергоресурс, то досягнення максимальної ефективності і обґрунтування раціонального вибору необхідно знати, яких інших можливостей доводиться відмовлятися, і порівняння цих можливостей (альтернатив).

1.7. Принцип економічності енергоспоживання вимагає, щоб досягався або певний результат енергоспоживання при найменших витратах - принцип мінімізації, або найбільший результат енергозбереження при заданому обсязі витрат - принцип максимізації.

Отже, в своїй основі принцип економічності енергоспоживання пред'являє всім споживачам палива й енергії вимогу витратити ефективно ПЕР. Чи витрати, чи результат мають бути задані для формування енергоспоживання як «орієнтуючі величини»; потім на цій основі споживачі палива та енергії повинні виробляти продукцію та послуги з найменшим марнотратством ПЕР.

Міра економічності енергоспоживання має формулюватися з урахуванням співвідношення витрат і результату, у своїй дещо спрощено під витратами ПЕР розуміється грошова (натуральна чи відносна) оцінка формування енергоспоживання, а під результатом – грошова (натуральна чи відносна) оцінка результативності формування енергоспоживання.

1.8. Принцип пропорційності енергоспоживання реалізується через формування певних пропорцій між показниками, що виражають рух ефективності використання ПЕР. Самі ж ці пропорції у вигляді повинні бути засобом контролю реалізації критеріїв ефективності використання ПЕР. У цьому показники, динаміка яких висловлює ці пропорції, вже є факторами ефективності ПЕР . Пропорційність формування балансу лише на рівні підприємства є проблемою особливої державної важливості, що виявляється у вигляді однієї зі специфічних сторін дії економічного закону планомірного та пропорційного розвитку економіки. Кількісна характеристика оптимальних пропорцій повинні виробляти продукцію та послуги з найменшим марнотратством ПЕР[15,16].

Пропорції формування ТЕБ загалом істотно залежить від підвищення ефективності виробництва лише на рівні підприємства міста і від його прогресивних тенденцій, як, наприклад, зниження матеріаломісткості виробленої продукції; зростання продуктивність праці; впровадження

енергозберігаючих технологій; зростання темпів науково-технічного прогресу (НТП) для підприємства. Пропорційність формування балансу не можна виразити одним показником через виняткову багатогранність його зв'язків з усіма галузями народного господарства.

На сьогоднішній день сформульовані об'єктивні тенденції, які в сукупності досить чітко описують пропорції формування ТЕБ, до яких можна віднести такі: поліпшення структури кінцевого споживання енергії; зростання частки перетворених видів енергії у кінцевому її споживанні; тенденція до зростання електроозброєності праці; тенденція зростання механоозброєності праці; тенденція зміни у часі загальної економічності енергетичного господарства.

Знаходження обґрунтованих пропорцій формування ТЕБ має велике значення, оскільки диспропорції формування балансу призводять до необґрунтованого зростання капіталу та матеріаломісткості енергетики. Кількісно ці пропорції залежать від напрямів та темпів розвитку НТП як у промисловості, так і в самій енергетиці, що зрештою визначає потреби у ПЕР для підприємства. Особливе місце при формуванні ефективних пропорцій балансу займають ціни на енергоресурси. Ціни зрештою залишаються ключовим елементом економічного механізму, що формує структуру як ТЕБ загалом, і енергетичного господарства. Вони багато в чому визначають ефективність виробництва, і тому співвідношення та тенденції у їхній динаміці є загальновизнаними орієнтирами при прийнятті господарських рішень для формування балансу та раціоналізації енергетичного господарства. Ступінь реалізації цього принципу при формуванні якості ТЕБ має кількісний вимір і може вимірюватися співвідношенням темпів зростання енергоекономічних показників оптимальних динамічних нормативах при оцінці якості балансу. Оскільки кожен наступний енергоекономічний показник у динамічних нормативах по відношенню до попередніх показників перевищуватиме їх кількісно, то це кількісне перевищення і

характеризуватиме принцип пропорційності при формуванні високої якості балансу.

1.9. Принцип ранжирування об'єктів управління за їхньою пріоритетністю при формуванні ТЕБ дозволяє визначити важливість, вагомість, ранг об'єктів (проблем, факторів) щодо ефективності, актуальності, масштабності, ступеня ризику. Інвестиційні ресурси завжди обмежені, тому вони повинні спочатку вкладатися у вирішення найважливіших проблем підвищення ефективності енергоспоживання підприємства.

1.10. Принцип збереження та розвитку конкурентних переваг об'єкта управління виявляє сильні та слабкі сторони об'єкта управління та дозволяє суб'єкту формувати ефективну стратегію енергоспоживання на основі їх прогнозування, реалізовувати переваги при випуску продукції або виконанні послуги порівняно з конкурентами за рахунок зниження енергетичної складової у собівартості продукції.

1.11. Принцип сумісності варіантів управлінських рішень при їх виборі вимагає альтернативні варіанти управлінських рішень щодо формування енергоспоживання наводити у порівнянний вигляд за наступними факторами: часу, якості, масштабу, рівнем освоєності, методом отримання інформації, умовами застосування об'єкта, факторами інфляції, ризику та невизначеності.

2. Група фінансових принципів:

2.1. Принцип бюджетної збалансованості цільових енергетичних програм забезпечується застосуванням балансового підходу до складання різних варіантів енергетичних програм. Цей принцип реалізується упорядкуванням матеріальних, трудових, фінансових та інших балансів (бюджетів), необхідні реалізації заданого рівня енергозбереження підприємства.

2.2. Принцип гнучкості та еластичності планування енергоспоживання потребує зворотної реакції при реалізації проектів енергозбереження на зміни внутрішніх та зовнішніх факторів підприємства. При цьому гнучкість

реалізації планів енергоспоживання характеризується їхньою здатністю реагувати на прояв випадкових факторів у процесах реалізації проектів енергозбереження, а еластичність проявляється у здатності зберігати необхідні фінансові резерви для маневру навіть за оптимальних рішень та передбачати планові альтернативи. Реалізація принципу гнучкості та еластичності має розглядатися як обов'язкова умова під час проектування системи планування енергоспоживання. Обумовлюється відповідними процедурами підготовки та ухвалення планових рішень при реалізації енергетичної програми.

3. Група еколого-технологічних принципів:

3.1. Принцип екологічної безпеки виробництва та споживання ПЕР при формуванні балансу стосується всіх споживачів та виробників палива та енергії. Цей принцип відображає нові підходи до вирішення екологічних проблем з боку виробників та споживачів. Сьогодні триває процес посилення екологічного законодавства, а також запровадження нових серій міжнародних стандартів на системи екологічного менеджменту, і такі підходи стають критерієм ефективної економіки енергоспоживання. Все більша увага приділяється зміні суспільної свідомості, формуванню екологічної відповідальності та розвитку «стриманої» моделі споживання енергоресурсів у ринковій економіці .

3.2. Принцип систематичного застосування енергозберігаючих технологій. В основі принципу застосування енергозберігаючих технологій лежить вимога реалізувати найбільш ефективний варіант енергоспоживання та забезпечити додатковий захист навколишнього природного середовища, тим самим посилюючи реалізацію принципу екологічної безпеки виробництва та споживання енергоресурсів у процесі формування балансу. Цей принцип найбільше стосується проблем раціоналізації матеріальних та енергетичних потоків підприємства внаслідок виробничої кооперації за умов ринку.

3.3. Принцип взаємозамінності енергоресурсів. Вперше цей принцип був реалізований при переході від вугільної моноструктури ТЕБ до використання взаємозамінних енергетичних ресурсів (вугілля, природний газ, нафтопродукти, гідроресурси, ядерне паливо) та перетворених видів енергії (електроенергія, централізовано та децентралізовано вироблені пар та гаряча вода). Цей принцип дозволяє формувати баланс при різному поєднанні видів первинних енергоресурсів, різних транспортних засобів, різних кінцевих енергоносіїв (електроенергія, палива або тепла, що використовуються при споживанні) [15].

Використовувати замість нафтогазового палива такі енергоресурси, як вугілля, атомна енергія, гідроенергія та ін., практично можливо лише через електроенергію як універсальний та ефективний енергоносіїв. Без реалізації цього принципу неможливо формувати баланс у напрямку використання у споживачів у масштабах енергетичних ресурсів, що все збільшуються, попередньо перетворених на електростанціях, у промислових і районних котельнях. Однією з умов можливості оптимізації ТЕБ є реалізація принципу взаємозамінності енергоресурсів, що обумовлює різноманітність шляхів задоволення потреб на конкретних технологічних установках. Але існування об'єктивних факторів: наявність певних груп технологічних установок, які можуть використовувати лише конкретні види палива, обмеженість капітальних вкладень для переведення з діючого способу паливовикористання на перспективний та ефективніший, економічно можливі обсяги використання ПЕР у ТЕБ підприємства – створює умови меж замінюваності енергоресурсів.

4. Група методологічних принципів:

4.1. Принцип системного підходу до управління передбачає розгляд будь-якого економічного об'єкта як системи, сукупності підсистем, що має вихід (мету), вхід (ресурси), зв'язок із зовнішнім середовищем, зворотний зв'язок. Цей підхід дає змогу врахувати всі необхідні зв'язки та взаємодії в системах управління, дозволяє при постановці цілей всебічно зважувати

фактори та спрямовувати механізми управління на досягнення цілей енергетичної програми. Цей принцип носить інтегральний характер і поєднує дію всіх інших принципів. Вимога системності організує у єдине ціле все наукове знання, і навіть усі методи та методологічні принципи наукового пізнання, формуючи науковий метод управління енергоспоживанням.

4.2. Принцип наукової обґрунтованості планування енергоспоживання забезпечується застосуванням сучасних інформаційних технологій, прогресивних процедур та методів здійснення інноваційних процесів енергоспоживання, використання методів оптимального планування.

1.4 Аналіз сучасних систем SCADA

SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition -диспетчерське управління і збір даних) - це комплекс програмних засобів (програмний пакет), який призначається задля розробки чи забезпечення роботи у реальному часі систем збору та обробки, відображення та архівування інформації щодо об'єкту моніторингу або управління. Якщо коротко, SCADA надає допомогу організаціям і промисловим підприємствам в обробці даних для прийняття управлінських рішень та повідомити про проблему, щоб зменшити час простою[16].

У 80-ті роки під SCADA-системами зазвичай розуміли програмно-апаратні комплекси збору даних у реальному часі, в яких базова архітектура SCADA починалася з програмованих логічних контролерів (ПЛК) чи пристроїв для збору передачі даних (мікрокомп'ютери, що взаємодіють з масивом об'єктів, таких як промислове обладнання, датчики, вузли), а потім направляють інформацію від цих об'єктів до комп'ютерів з програмним забезпеченням SCADA. Програмне забезпечення SCADA обробляє, розподіляє, відображає та зберігає дані, допомагає операторам і іншим

співробітникам аналізувати отриману інформацію та приймати важливі рішення.

До того часу як у середині 20-го століття була представлена концепція SCADA, виробничі цехи і віддалені об'єкти промпідприємств покладалися на персонал, який вручну керував і контролював обладнання за допомогою кнопок та стрілочного вимірювального приладу. У міру зростання підприємств були необхідні рішення для управління обладнанням на значних відстанях. Промисловість стала застосовувати релейне обладнання, забезпечення певного рівня диспетчерського управління без необхідності відправляти персонал у віддалені місця для взаємодії із кожним пристроєм. З підвищенням масштабу підприємств спостерігалось зростання стійок релейних панелей управління. Таким чином виникли труднощі з переналаштуванням реле і пошуком їх несправності. Промисловість потребувала більш ефективних і повністю автоматизованих систем моніторингу та контролю.

Власне із появою мікропроцесорної техніки та ПЛК і був вигаданий термін «SCADA». Це сталося на початку 1970-х і на протязі цього десятиліття підприємства наростили свої можливості з моніторингу і управління автоматизованими процесами більше, ніж будь-коли раніше. У 80-х та 90-х роках SCADA продовжувала розвиватися за рахунок розвитку технологій локальних мереж (LAN) та програмного забезпечення систем людино-машинного інтерфейсу (HMI) на базі ПК. Багато протоколів LAN, що використовуються у SCADA системах, не забезпечували можливості взаємодії із системами інших виробників. Такі системи отримали назву розподілених систем SCADA[16-17].

До кінця 1990-х та початку 2000-х років відбувся черговий технологічний бум у розвитку мікропроцесорної техніки та ІТ-технологій. Почали з'являтися SCADA з відкритими протоколами зв'язку і системною архітектурою. Впровадження технології пакетної передачі даних Ethernet забезпечило можливість SCADA різних виробників обмінюватися даними

один із одним, знімаючи обмеження, які накладаються старими системами SCADA. Це дало можливість підприємствам підключати до SCADA ще більше пристроїв.

Сучасні системи SCADA дозволяють одержувати доступ до даних у реальному часі із виробничого цеху з будь-якої точки світу. Впровадження сучасних IT-стандартів та практик, таких як SQL та веб-додатки, у програмне забезпечення SCADA значно підвищило ефективність, безпеку, продуктивність і надійність систем. Програмне забезпечення SCADA, яке застосовує можливості баз даних SQL, забезпечує величезні переваги перед застарілим програмним забезпеченням, так як значно спрощує інтеграцію в існуючі системи MES і ERP.

Значення терміна SCADA зазнало змін разом із розвитком технологій автоматизації та управління технологічними процесами. На теперішній час широко поширене розуміння SCADA як програмного комплексу, який забезпечує виконання необхідних функцій, а також інструментальних засобів для розробки цього програмного забезпечення [18]

Системи SCADA ефективно експлуатуються на більшості сучасних виробництв. Насамперед це нафто- та газопроводи, де об'єкти моніторингу і контролю значно віддалені і на яких відразу ж стали впроваджуватися технології телеметрії та SCADA. Нафтопереробні і хімічні підприємства, промислове виробництво та харчова промисловість, комунальне господарство та електроенергетика і це далеко не повний список підприємств, на яких з успіхом використовується система SCADA, яка заощаджує своїм власникам значні фінансові кошти.

Сучасні промислові SCADA-системи представлені на ринку у величезному асортименті, але в основі їхньої функціональності завжди лежить декілька основних параметрів:

- графічний інтерфейс;
- можливість формувати архів подій, виконаних вимірювань та аварійних ситуацій;

- можливість функціонування з різними мовами програмування (зазвичай використовуються VBA, Visual C++, VB);

- захищеність системи від несанкціонованого втручання[19-21].

Надалі розглянемо найбільш необхідні рішення.

MasterSCADA – система візуалізації для обліку та диспетчеризації промислових підприємств, будівель, об'єктів ЖКГ (рис.1.1.)

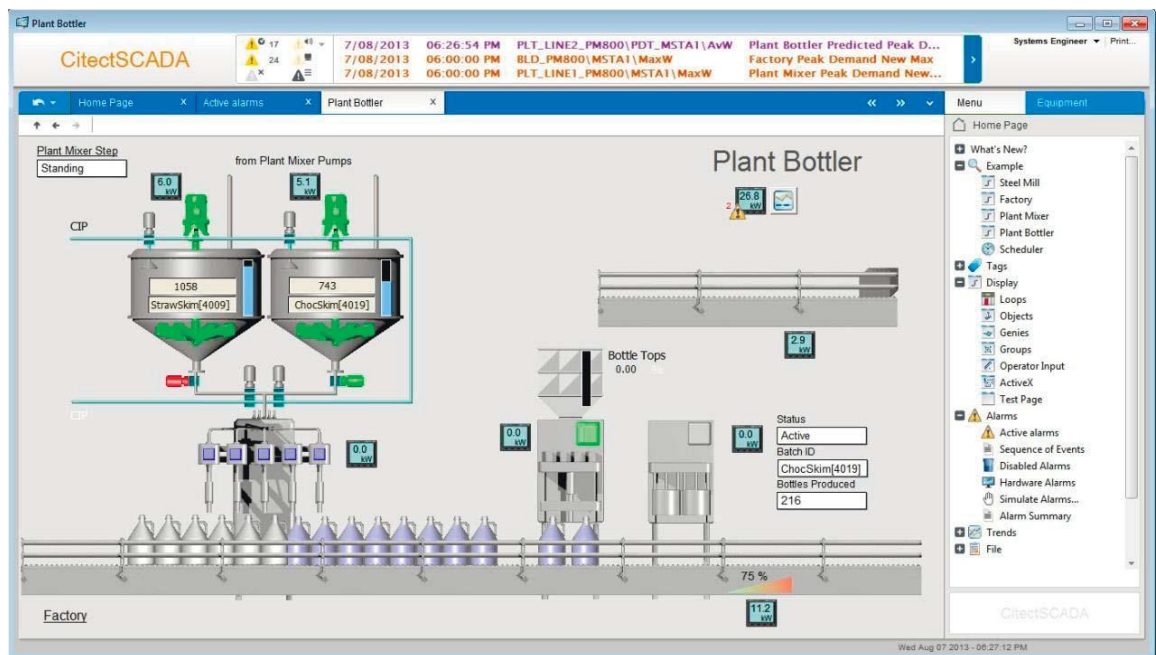


Рисунок 1.1. Інтерфейс програми MasterSCADA

Переваги:

- єдине середовище розробки SCADA-системи; – двошарова структура проекту;

– великі бібліотеки;

- необмежена гнучкість обчислювальних можливостей.

SIMATIC WinCC (рис.1.2) – це частина сімейства систем автоматизації Simatic, які виробляються компанією Siemens AG та призначені для централізованого контролю із можливістю формування систем різного рівня автоматизації, який працює під керуванням ОС Windows (Windows Control Center) і використовує базу даних Microsoft SQL Server.

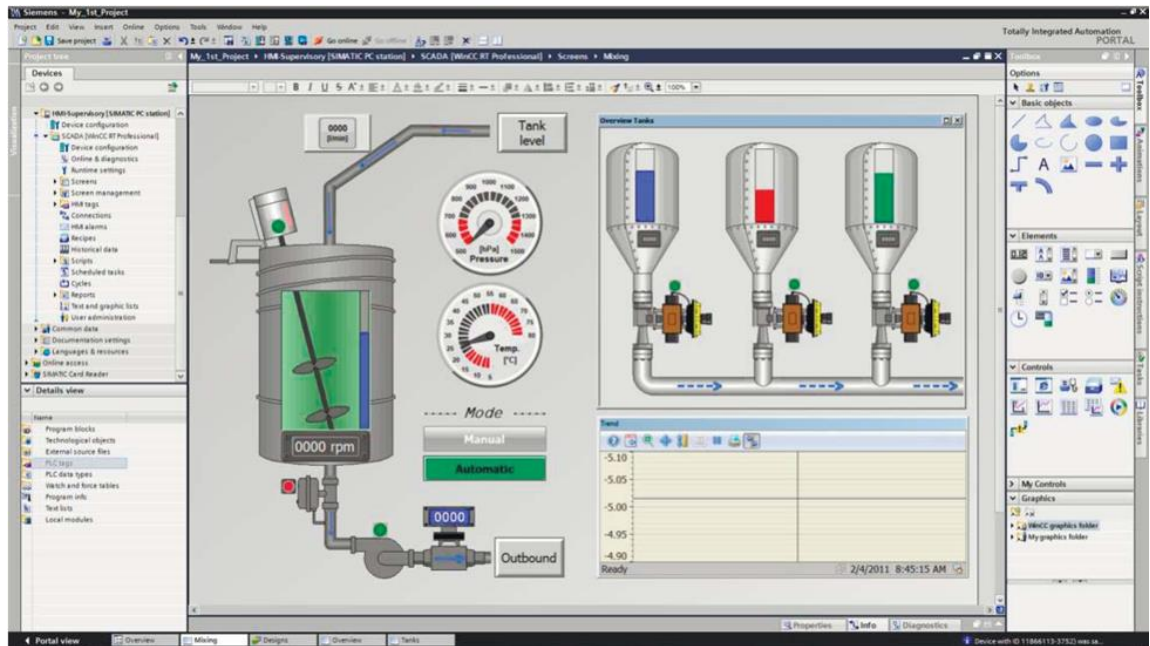


Рисунок 1.2 – Інтерфейс програми SIMATIC WinCC

Переваги:

- гнучкість та масштабованість;
- підвищення загальної продуктивності системи шляхом паралельної обробки даних і розподілу навантаження;
- підвищення відмовостійкості і коефіцієнта готовності системи у цілому.

CitectSCADA це – повнофункціональна система, яка призначена задля моніторингу і візуалізації, збору даних і управління. Вона призначена для управління технологічними процесами (рис.1.3.).

SCADA-система CitectSCADA проєктувалась і розроблялася в якості засобу реалізації усіх вимог підприємства у вигляді єдиної інтегрованої системи. CitectSCADA містить усі необхідні компоненти, які усувають необхідність застосування як додаткового програмного забезпечення, так і фрагментацію даних.

Переваги:

- дозволяє будувати складні і масштабовані системи;

- підтримує широкий спектр протоколів, які використовуються у автоматизації технологічних процесів та автоматизації будівель;
- надає можливість проведення віддаленого моніторингу і управління за допомогою Інтернет;
- надає можливість створення звітів щодо роботи систем [22,23].



Рисунок 1.3 Інтерфейс програми CitectSCADA

1.5. Обґрунтування автоматизації управління потоками реактивної потужності

Управління режимами функціонування системи електропостачання ділиться на автоматичне та оперативне. Обидва тимчасові розрізи управління характеризуються недостатньою інформаційною забезпеченістю, недосконалістю методів обробки інформації та вироблення рішень, обмеженим часом для формування керуючих впливів. Розвиток математичних методів та засобів обчислювальної техніки, використання

мікропроцесорів та їх удосконалення дозволяють значною мірою зняти обмеження на якість управління режимами системи електропостачання. У практиці управління системою електропостачання можливий якісно новий підхід до ухвалення рішення – від умов найгіршого, найважчого випадку до формування оптимальних керуючих впливів, що відповідають характеру обурення в темпі процесу, до адаптації системи управління до поточного режиму.

Вирішенню цих завдань сприяє інтеграція систем управління, як об'єктна, так і функціональна на єдиній технічній й у значній мірі інформаційній та модельно-програмній основі [23-24]. Можна говорити про взаємозв'язки, у тому числі інформаційні, автоматизованих систем диспетчерського управління (АСДУ), автоматизованих систем управління технологічними процесами (АСУ ТП) об'єктів, автоматизованих систем комерційного та технічного обліку електроенергії (АСКОЕ), систем захисту, управління та контролю, засобів управління в нормальних та аварійних режимах тощо. По суті, можна говорити про накладення на електричну мережу системи електропостачання інформаційної мережі з інтелектуальними вузлами, де здійснюється обробка інформації та прийняття локальних рішень. Основу інформаційної мережі у завданнях оперативного управління режимами системи електропостачання у реальному часі становлять телеметричні вимірювання перетікань потужності, рівнів напруги у вузлах та телесигнали про стан основного обладнання системи електропостачання. Саме цикл їхнього оновлення визначає темп обробки інформації.

У зв'язку з цим, одним із ефективних шляхів економії електроенергії є впровадження на промислових підприємствах сучасних автоматизованих систем контролю, обліку та управління електроспоживанням (АСКОЕ). На багатьох підприємствах уже встановлено такі системи. Слід звернути увагу, що АСКОЕ цих підприємств працює далеко не на межі своїх технічних та інформаційних можливостей. Насамперед це пов'язано з тим, що АСКОЕ

використовуються в основному для комерційних розрахунків з енергопостачальною організацією, а також для дотримання заявленого максимуму активної потужності, ліміт якої, навіть за наявності АСКОЕ, може необґрунтовано перевищуватися. Крім того, утруднений доступ до баз даних АСКОЕ через суб'єктивні та об'єктивні причини, які безпосередньо пов'язані або з «комерційною таємницею» підприємства, або лічильники електроенергії здатні вимірювати тільки активну та реактивну енергію. Показники якості електроенергії зазвичай не фіксуються у споживача. Такі АСКОЕ прийнято називати АСКОЕ пасивного типу [25]. Тут явно виражений пріоритет збору інформації про події в системі електропостачання, що відбулися, і відсутній механізм впливу на них. Для того, щоб АСКОЕ відіграла активну роль у процесі електропостачання, алгоритм її роботи, крім збору інформації, повинен або включати керуючі впливи на цей процес для споживача, або інформувати споживача та постачальника електроенергії про прийняте рішення із зазначенням причин [26]. Така реалізація активної АСКОЕ є інтегральним варіантом, за якого технологічний комплекс вирішує економічні завдання та виконує функції АСУ ТП.

Таким чином, АСКОЕ використовується як інструмент управління електроспоживанням, а не як засіб управління режимами системи електропостачання. Необхідно мати на увазі цю невраховану особливість, на підставі чого можна виявити наступні властивості АСКОЕ [27-29], характерні для застосування даної системи виключно в галузі управління режимами системи електропостачання:

1) ідентифікаційні властивості – однозначне визначення режимів та параметрів режимів роботи об'єкта та елементів системи у будь-який момент часу; іншими словами – це наочне уявлення картини електроспоживання кожного підрозділу підприємства та миттєвих значень параметрів режиму в контрольних точках, максимально наближених до реального часу (бажано з великою частотою зняття показань із лічильників,

тобто як 30- хвилинних максимумів навантаження, так і на менших інтервалах часу);

2) керуючі властивості – прийняття рішень та формування керуючих впливів на елементи системи в різних режимах за заданими алгоритмами при поєднанні централізованого та місцевого управління виконавчими пристроями електроустановок (трансформаторів з РПН на ГПП, компенсуючих пристроїв) та наявності вибіркості.

Як елементи АСКОЕ зараз виступають різні мікропроцесорні засоби (електронні лічильники – фундамент АСКОЕ) з досить великим обсягом функцій. Наприклад, у лічильників ЄвроАльфа [30] існують такі основні можливості, які можна використовувати при керуванні режимами системи електропостачання:

а) вимірювання активної та реактивної енергії та потужності у двох напрямках;

б) вимірювання (обчислення) та відображення напруги та струму пофазно, частоти мережі, коефіцієнта потужності, фазних кутів струму та напруги.

Проблема управління режимами системи електропостачання за допомогою АСКОЕ на сьогоднішній день не є новою. Раніше, ще у 70-ті – 80-ті роки ХХ століття, існували «предки» АСКОЕ – різні реєстратори та прилади для вимірювання параметрів режиму системи електропостачання, проте їх показання не були узгоджені між собою і рішення приймалися на локальному рівні. Трансформатори струму та напруги також використовувалися при цьому, вони застосовуються і зараз для підключення електронних лічильників і служать як датчики на нижчому рівні АСКОЕ.

Отже, АСКУЕ має працювати як людино-машинна система, що поєднує використання ефективних сучасних засобів обчислювальної техніки з діяльністю людини-інженера, роль якого полягає у прийнятті остаточного рішення щодо завдання економічного режиму роботи системи

електропостачання підприємства у масштабі реального часу як у ручному, так і в діалоговому режимах.

У зв'язку з проблемами щодо вилучення інформації про режими системи електропостачання підприємств, у даному підрозділі виявлено лише можливість використання АСКОВЕ як інформаційну базу для управління режимами системи електропостачання, але не більше. Тому надалі це питання порушуватиметься лише з цієї позиції.

2 АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ ДІЛЬНИЦІ АД'ЮСТАЖУ СОРТУВАЛЬНИХ СТАНІВ ПРОКАТНОГО ЦЕХУ ПрАТ «ДНІПРОСПЕЦСТАЛЬ»

2.1 Аналіз споживання енергоресурсів прокатного цеху

Прокатний цех є структурним підрозділом ПрАТ «Дніпроспецсталь». Цех спеціалізується на випуску холоднокатаного і гарячекатаного листового готового прокату з нержавіючих, легованих і вуглецевих марок сталі. Сортамент листового прокату: товщина (1,5...8) мм, ширина (960...1500)мм.

Прокатний цех складається із 7 окремих ділянок, 4 з них основні та 3 допоміжні.

Основні ділянки прокатного цеху:

- стан «1050»;
- стан «550»;
- стан «325»;
- стан «280»;

Допоміжні ділянки прокатного цеху:

- ад'юстаж сортових станів;
- ад'юстаж заготовки;
- ад'юстаж оздоблювальних ліній.

На обтискному - заготівельному стані «1050» здійснюється прокат злитків масою (2,8...7,4) тонн на заготовку для сортових станів, а також на сортовий прокат діаметром (130...300) мм.

На сортових станах «550», «325», «280» виготовляється за інтенсивними схемами і найбільш оптимальним калібруванням широкий сортамент прокату: круглого і квадратного перетину, діаметром (8...130) мм,

а також смугового перетину, в тому числі з параболічної крайкою і трапецієподібного перетину.

Основною продукцією прокатного цеху є сталь сортова конструкційна, інструментальна, нержавіюча, підшипникова та ін., а також трубна заготовка.

Оздоблення металу на ад'юстаж механізоване і проводиться на агрегатних лініях і високопродуктивних верстатах [31,32].

Весь метал може поставлятися з суцільною зачисткою або в обточеному стані з виконанням вимог стандартів по граничних відхиленнях на розміри. Відповідно до вимог замовників метал піддається ультразвуковому контролю на наявність внутрішніх дефектів за методикою SEP 1921. Прокатний цех споживає природний газ, електричну енергію, пару.

Співвідношення споживання енергоресурсів та доля кожного виду енергії в загальному споживанні наведено на рисунку 2.1.

Аналіз споживання енергоресурсів цехом, показує, що найбільше споживання припадає на електричну енергію (42 %), на другому місці природний газ (24 %) і на третьому - пара (17 %).

Витрати цеху на оплату енергоносіїв показані на рисунку 2.2.

За витратами цеху вагомим видом енергії є електрична енергія (30 %).

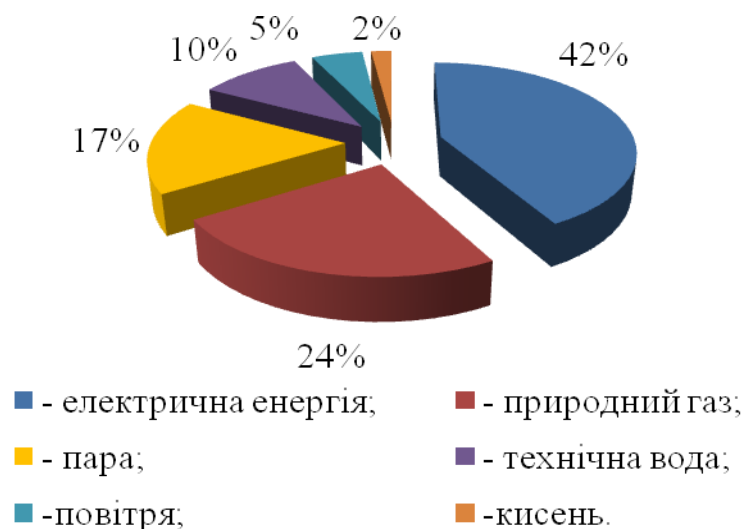


Рисунок 2.1 – Структура споживання енергоресурсів прокатним цехом



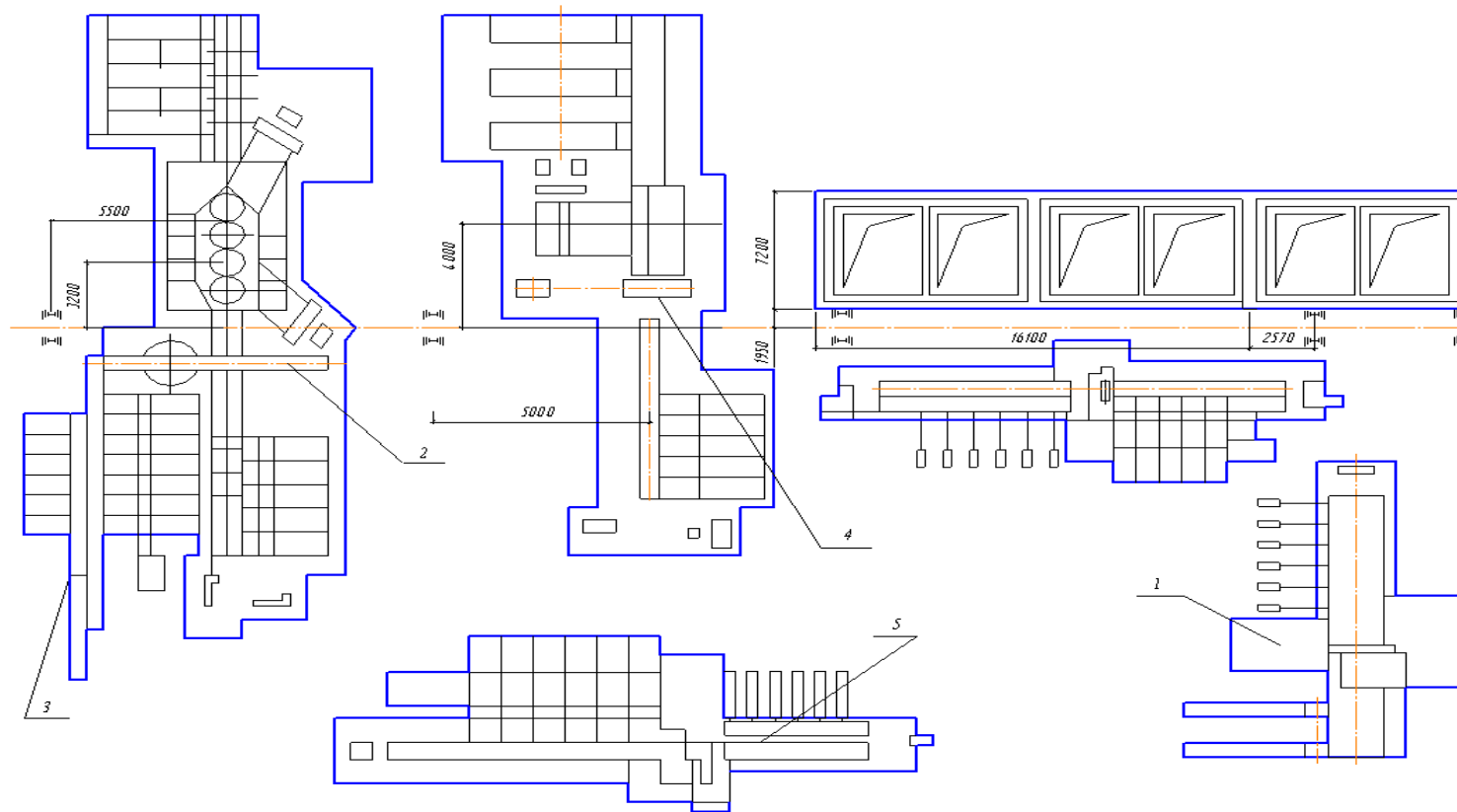
Рисунок 2.2 – Структура грошових витрат на енергоносії прокатним цехом

2.2 Характеристика електрообладнання ад'юстажних сортових станів

Все обладнання ад'юстажу сортових станів можна розподілити за такими групами:

- обладнання для транспортування гарячих злитків (злитковоз);
- обладнання для нарізання прокату на мірні довжини(ножиці гарячого різання);
- обладнання для прибирання обрізків від ножиць(конвеєр прибирання);
- обладнання для обробки металу (обдирні верстати КЖ №1 і №2).

Схема розташування обладнання ад'юстажу сортових станів представлена на рисунку 2.3.



1 - обдирний верстат КЖ №1; 2 – злитковоз; 3 - передаточний візок; 4 - ножиці гарячого різання; 5 - обдирний верстат КЖ №2

Рисунок 2.3 – Схема розташування обладнання ад'юстажу сортових станів

2.3 Розрахунок споживання електроенергії електрообладнанням ад'юстажних сортових станів

Злитковоз призначений для транспортування злитків від колодязів до приймального рольгангу і для укладання зливків на приймальний рольганг, ножиці різання і на обдирні верстати КЖ №1 і №2.

Злитковоз складається з двох механізмів:

- механізмів пересування;
- механізму перекидання люльки.

Характеризується такими параметрами:

- швидкість пересування злитковоза-5,86 м/с;
- швидкість підходу злитковозу до упору - 0,4 м/с;
- час перекидання люльки - 3,5 с.

Пересування злитковозу: двигун постійного струму Д 816, потужністю $P = 150$ кВт.

Вентилятор приводу пересування злитковозу приводиться в рух двигуном постійного струму типу ПБ62, потужністю $P = 5$ кВт . Живлення двигуна Д816 здійснюється від генератора П 142-6К, потужністю $P = 400$ кВт.

Живлення обмоток збудження двигуна злитковозу, двигуна вентилятора здійснюється від окремого генератора типу П-72, потужністю $P = 20$ кВт [8,34].

Визначимо загальну потужність злитковозу , кВт:

$$P_{zl} = P_2 + P_3 + P_4 + P_5, \quad (2.1)$$

де P_2 - потужність двигуна пересування злитковоза, кВт; $P_2 = 150$ кВт;

P_3 - потужність вентилятора приводу пересування злитковоза, кВт;

$$P_3 = 5 \text{ кВт};$$

P_4 - потужність генератора живлення двигуна пересування злитковоза, кВт; $P_4 = 400 \text{ кВт};$

P_5 - потужність двигуна вентилятора приводу охолодження, кВт; $P_{сл} = 20 \text{ кВт}.$

$$P_{сл} = 150 + 5 + 400 + 20 = 575.$$

Загальне споживання електроенергії злитковоза 575 кВт, середній час роботи злитковоза становить 22 години на добу.

Загальне споживання електроенергії злитковоза на добу, кВт · год :

$$P_{сл} = 22 \cdot 575 = 12650.$$

Ножиці гарячого різання тиском 900 т. з нижнім різом призначені для обрізки й нарізання частини зливка, а в разі необхідності, при прокатці твердих марок сталі - для обрізки донної частини перед прокаткою на заготовочній кліті. Ножиці розташовані в лінії обтискної кліті на відстані 19700 мм від осі стану. Привід ножиць гарячого різання приводиться в дію від двох електродвигунів через редуктор. Потужність кожного двигуна 40 кВт, швидкість обертання (700...1400) об / хв. Кількість різів за хвилину на першій швидкості - 6, на другій швидкості -11. Максимально розрізати перетин - квадрат 300 мм на першій швидкості при температурі металу не менше 800 ° С. Розчин ножів - 385 мм; довжина ножів - 1000 мм; висота верхнього ножа над крайкою рольганга - 350 мм. Ножиці тиском 900т обладнані скидачем обрізу з ножів. Для скидання обрізу в жолоб під рольганг за ножицями є відкидний ролик. Максимальна маса шматка обрізу, який скидається в жолоб - 270 кг.

Ножиці обладнані конвеєром скрапного типу для збирання обрізків.

Скрапний конвеєр має довжину 38600 мм і рухається в тунелі зі швидкістю 0,107 м/с.

На пластинчастих ланцюгах конвеєра закріплені скребки в кількості 39 шт., на яких одночасно може перебувати до 7 тонн обрізків. Конвеєр скидає обріз через завантажувальний жолоб в спеціальні короби, які встановлені на поворотному колі діаметром 4600 мм. Вантажопідйомність поворотного кола 40 т., швидкість переміщення 0,06 м / с. Містить в собі:

- два електродвигуни потужністю по 40 кВт;
- чотири електродвигуни рольганга потужністю по 5 кВт;
- один електродвигун потужністю 25 кВт;

Загальна споживана потужність, кВт :

$$P_{нжс.} = P_6N + P_7M + P_8, \quad (2.2)$$

де P_6 - потужність електродвигуна, кВт; $P_6 = 40$ кВт;

P_7 - потужність електродвигуна рольганга, кВт; $P_7 = 5$ кВт;

P_8 - потужність електродвигуна , кВт; $P_{нжс.} = 25$ кВт;

N - кількість двигунів потужністю $N = 2$;

M - кількість двигунів потужністю $M = 4$

$$P_{нжс} = 40 \cdot 2 + 5 \cdot 4 + 25 = 125.$$

Середній час роботи ножиць 12 годин на добу, кВт · год :

$$P_{нжс} = 12 \cdot 125 = 1500.$$

Споживання електроенергії ножиць гарячого різання в сумі становить 1500 кВт · год на добу.

Конвеєр прибирання обрізів від ножиць призначений для прибирання

обрізів в короба. Технічна характеристика конвеєра прибирання обрізків від ножиць:

- кількість обрізів, що транспортується за годину, 49 т.;
- маса обрізу, який одночасно транспортується на горизонтальній ділянці, 4,7 т.;
- швидкість пересування стрічки, 0,105 м / с;
- кількість скребків, 27 шт.;
- крок скребків, 27мм × 3000 мм і 3мм × 2500 мм;
- максимальна маса обрізка, 200 кг;
- електродвигун приводу потужністю 15 кВт - 2 шт.;
- швидкість обертання, 715 об / хв.

Визначаємо загальну потужність конвеєра прибирання обрізків від ножиць, кВт :

$$P_{кон.} = P_9 + P_{10} , \quad (2.3)$$

$$P_{кон.} = 15 + 15 = 30.$$

Конвеєр прибирання обрізу працює в середньому 12 годин на добу. Споживання електроенергії конвеєра прибирання обрізу становить, кВт · год:

$$P_{кон.} = 30 \cdot 12 = 360.$$

Після прийому металу від злитковоза за допомогою обдирних верстатів КЖ №1 і КЖ №2 знімається (1...5) мм металу з заготовки для подальшої більш тонкої обробки в інших цехах та на інших ділянках.

Споживання електроенергії обдирних верстатів КЖ №1 і №2 становить

175 кВт кожен. Середня тривалість роботи 16 годин на добу, кВт · год:

$$P_{об.мет.} = 16 \cdot 175 = 2800.$$

Отримані результати запишемо в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1- Споживання електроенергії на ад'юстажі сортових станів

Назва	Потужність, кВт	Час роботи, год	Споживання електроенергії, кВт · год	Споживання електроенергії, %
Злитковоз	575	22	12650	73,10
Ножиці гарячої різки	125	12	1500	8,66
Конвеєр прибирання	30	12	360	2,08
Обдирний верстат КЖ1	175	16	1400	8,08
Обдирний верстат КЖ2	175	16	1400	8,08
Всього			17310	100

На рисунку 2.4 представлено співвідношення споживання електроенергії ад'юстажа сортових станів.

Аналізуючи отримані дані, можна сказати, що істотним споживачем електричної енергії на ділянці ад'юстажа сортових станів є злитковоз із 73,1% споживання електричної енергії.

Тому в кваліфікаційній роботі в першу чергу приділяється увага заходам, які дозволять заощадити електричну енергію при роботі злитковоза.

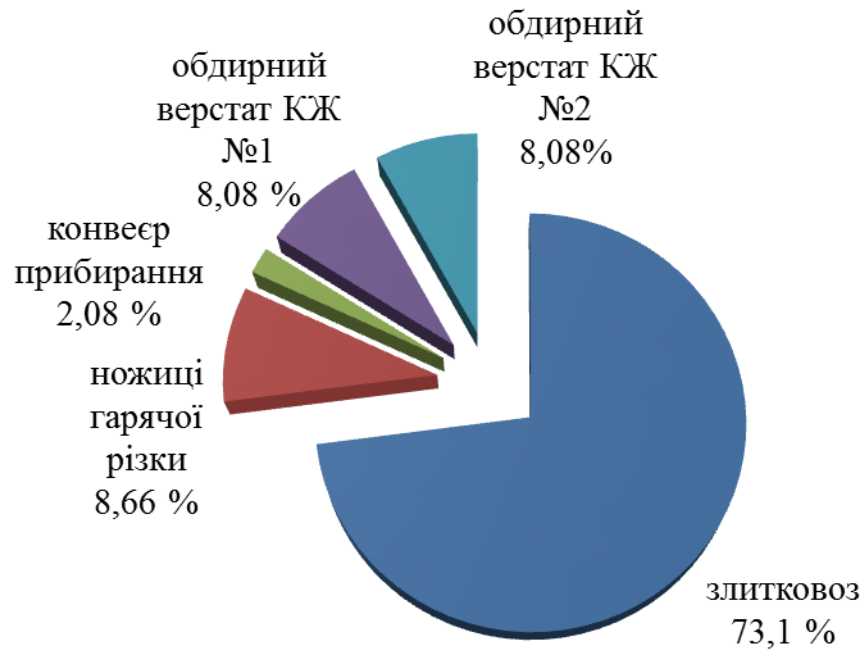


Рисунок 2.4 - Споживачі електроенергії ад'юстажу сортових станів

3 АНАЛІЗ ЗАХОДІВ ЩОДО УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯМ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

У другому розділі кваліфікаційної роботи в результаті проведеного аналізу середньодобового споживання електроенергії основним і допоміжним обладнанням ад'юстажа сортових станів прокатного цеху ПрАТ «Дніпроспецсталь» (таблиця 2.1, рисунок 2.4) виявлено, що найбільшим споживачем електроенергії є злитковоз .

Середньодобове споживання електроенергії злитковозом становить 12650 кВт·год або 73% від загального споживання споживачів ділянки ад'юстажних сортових станів.

3.1 Підвищення енергоефективності злитковоза

Злитковоз призначений для транспортування злитків від колодязів до приймального рольгангу і для укладання зливків на приймальний рольганг, ножиці різання і на обдирні верстати КЖ №1 і №2.

Злитковоз використовує електроприводи, що містять потужні двигуни з індукторами, які охоплюють тягові смуги, встановлені вздовж руху.

Використання лінійних електродвигунів для злитковоза забезпечує підвищення продуктивності зливкоподачі в (1,5...2) рази, дає можливість зменшити вагу самого злитковоза приблизно в 3 рази за рахунок усунення всіх механічних передач та за рахунок зменшення ваги самого злитковоза.

Застосування лінійних електродвигунів виключає пробуксовку коліс, що призводить до значного зменшення зносу як коліс, так і рейкового шляху. Використання лінійних електродвигунів дає можливість при транспортуванні злитків від далеких колодязів (довжина шляху близько 200 м) розганяти

злитковоз до максимальної швидкості руху. Конструктивна вага злитковоза з обладнанням становить близько 20 тонн, що істотно знижує його вартість. Вартість електроприводу з лінійними електродвигунами в (2...3) рази менше існуючого [9,38].

Тиристорний привід став активно витіснити систему генератор - двигун, яка активно впроваджувалася протягом півстоліття.

У тиристорних перетворювачах постійного струму, призначених для приводів потужністю понад 20 кВт, найбільш виправдане застосування трифазної мостової схеми. Це обумовлено ефективним використанням трансформатора і тиристорів, низьким рівнем пульсацій випрямленої напруги і струму, а також простотою схеми і конструкції трансформатора. Відомою перевагою трифазної мостової схеми є і те, що вона може бути виконана не з трансформаторним зв'язком, а з струмообмежувальним реактором, габарити якого істотно менше [12,41].

На рисунку 3.1 зображена принципова схема тиристорного перетворювача.

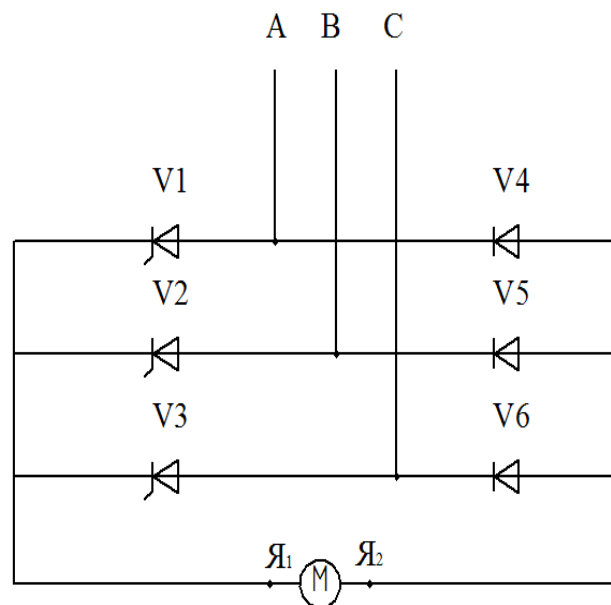


Рисунок 3.1 – Принципова схема тиристорного перетворювача

На рисунку 3.2 зображений тиристорний перетворювач.

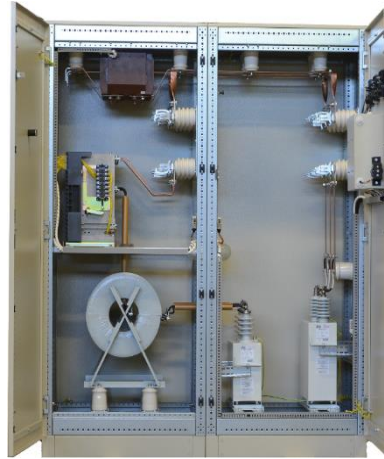


Рисунок 3.2 – Тиристорний перетворювач

Схема електропривода з системою ТП – Д (тиристорний перетворювач - двигун) має такі переваги над системою Г - Д (генератор - двигун):

- тиристорний електропривод значно знизив інерційність системи і підвищив швидкодію роботи механізму;
- досить безвідмовний в роботі і простий в експлуатації;
- ККД перетворювача не нижче 95 %;
- мала маса і габаритні розміри, що дозволяє зменшити площу, необхідну для розташування пристрою;
- має блокову компоновку тиристорів, що дозволяє при виході тиристора з ладу швидко його замінити [31].

Але, маючи переваги, система ТП - Д також має і недоліки:

- на виході перетворювача присутні пульсації струму і напруги, що викликає проблеми з комутацією а також нагрів електродвигуна. Для поліпшення енергетичних показників як правило потрібна установка фільтрів;

- досить низький коефіцієнт потужності при використанні глибокого регулювання швидкості обертання двигуна. В системі Г – Д , якщо використовують в якості приводну синхронну машину, то регулювання її потоку дозволить зберегти високий коефіцієнт потужності;

- перевантажувальна здатність нижче ніж в Г - Д;

- напруга живильної мережі спотворюється, що в більшості випадків призводить до установки додаткових фільтрів для поліпшення гармонійного складу мережі;

- при гальмуванні електродвигуна при використанні Г - Д рекуперація енергії в мережу відбувається природно, а для ТП - Д необхідно застосовувати спеціальні схеми включення, що веде до додаткових витрат.

Зовнішній вид тиристорного модуля управління представлено на рисунку 3.3.



Рисунок 3.3 – Зовнішній вид тиристорного модуля управління

Тиристорний перетворювач постійного струму (ТП) є пристрій для перетворення змінного струму в постійний з регулюванням по заданому закону вихідних параметрів (струму і напруги). Тиристорні перетворювачі призначаються для живлення якірних ланцюгів двигунів і їх обмоток збудження [11,43].

Тиристорні перетворювачі складаються з наступних основних вузлів:

- трансформатора або струмообмежувального реактора на стороні змінного струму;
- випрямних блоків;
- згладжуючих реакторів;
- елементів системи управління, захисту та сигналізації.

Трансформатор здійснює узгодження вхідної і вихідної напруг перетворювача і (так само, як і струмообмежувальний реактор) обмеження струму короткого замикання у вхідних ланцюгах. Згладжуючі реактори призначаються для згладжування пульсацій випрямлених напруги і струму. Реактори не застосовуються, якщо індуктивність навантаження достатня для обмеження пульсацій в заданих межах.

Застосування тиристорних перетворювачів постійного струму дозволяє реалізувати практично ті ж характеристики електроприводу, що і при використанні обертових перетворювачів в системах генератор-двигун (Г - Д), тобто регулювати в широких межах частоту обертання і момент двигуна, отримувати спеціальні механічні характеристики і потрібний характер протікання перехідних процесів при пуску, гальмуванні, реверсі та ін. [12,14].

Однак, у порівнянні з обертовими статичні перетворювачі мають цілий ряд відомих переваг, тому в нових розробках кранових електроприводів перевага віддається статичним перетворювачам. Тиристорні перетворювачі постійного струму найбільш перспективні для застосування в електроприводах кранових механізмів потужністю понад (50...100) кВт і механізмів, де потрібне отримання спеціальних характеристик приводу в статичних і динамічних режимах.

Тиристорні перетворювачі виконуються з однофазними і багатофазними схемами випрямлення. Існує кілька розрахункових співвідношень основних схем випрямлення. Регулювання випрямленої напруги U_a і струму I_a проводиться шляхом зміни кута управління α [12].

Для нульових схем середнє випрямлена напруга визначається з виразу:

$$U_{do} = \frac{m}{\pi} \cdot \sqrt{2} \cdot U_{2\phi} \cdot \sin \frac{\pi}{m}, \quad (3.1)$$

де m - число фаз вторинної обмотки трансформатора;

$U_{2\phi}$ - діюче значення фазового напруги вторинної обмотки трансформатора.

Для мостових схем U_{do} в 2 рази вище, так як ці схеми еквівалентні послідовному включенню двох нульових схем.

Однофазні схеми випрямлення використовуються, як правило, в ланцюгах з відносно великими індуктивними опорами. Це ланцюги незалежних обмоток збудження двигунів, а також якірні ланцюги двигунів невеликої потужності (10...15) кВт. Багатофазні схеми використовуються в основному для якірних ланцюгів двигунів потужністю понад (15...20) кВт і рідше для живлення обмоток збудження. У порівнянні з однофазними багатофазні схеми випрямлення мають цілий ряд переваг. Основними з них є: менші пульсації випрямленої напруги і струму, краще використання трансформатора і тиристорів, симетричне навантаження фаз мережі живлення.

У тиристорних перетворювачах постійного струму, призначених для кранових приводів потужністю понад 20 кВт, найбільш виправдане застосування трифазної мостової схеми. Це обумовлено низьким рівнем пульсацій випрямленої напруги і струму, а також простотою схеми і конструкції трансформатора. Відомою перевагою трифазної мостової схеми є і те, що вона може бути виконана не з трансформаторним зв'язком, а з струмообмежувальним реактором, габарити якого істотно менше габаритів трансформатора.

У трифазній нульовій схемі умови використання трансформатора за звичай застосовуються у групах з'єднання Y / Y і Δ / Y через наявність постійної складової потоку. Це призводить до збільшення перетину і, отже, розрахункової потужності трансформатора. Для виключення постійної

складової потоку застосовують з'єднання вторинних обмоток трансформатора в «зигзаг», що також збільшує розрахункову потужність. Збільшений рівень пульсацій випрямленої напруги разом із зазначеним вище недоліком обмежує використання трифазної нульової схеми.

Шестифазна схема з зрівняльним реактором доцільна при використанні її на низьку напругу і великий струм, так як в цій схемі навантаження струм протікає паралельно, а не послідовно через два діода, як в трифазній мостовій схемі. Недоліком цієї схеми є наявність зрівняльного реактора, що має типову потужність близько 70 % випрямленої номінальної потужності. Крім того, в шестифазних схемах використовується досить складна конструкція трансформатора [11,41].

Схеми випрямлення на тиристорах забезпечують роботу в двох режимах - випрямному і інверторному. При роботі в інверторному режимі енергія з ланцюга навантаження передається в мережу живлення, тобто в протилежному напрямку порівняно з випрямним режимом, тому при інвертуванні струм і ЕРС обмотки трансформатора спрямовані зустрічно. Джерелом струму в режимі інвертування є електрорушійна сила (далі – ЕРС) навантаження (машини постійного струму, індуктивності), яка повинна перевищувати напругу інвертора.

Переклад тиристорного перетворювача з випрямного режиму в інверторний досягається зміною полярності ЕРС навантаження і збільшенням кута α вище $\pi / 2$ при індуктивному навантаженні.

Для забезпечення режиму інвертування необхідно, щоб черговий тиристор, який закривається, встиг відновити свої замикаючі властивості, поки на ньому є негативна напруга, тобто в межах кута φ .

Якщо цього не станеться, то тиристор може знову відкритися, так як до нього додається пряма напруга. Це призведе до перекидання інвертора, при якому виникне аварійний струм, оскільки ЕРС машини постійного струму і трансформатора співпадуть у напрямку [33].

Для виключення перекидання необхідно, щоб виконувалася умова:

$$\beta - \gamma = \psi > \delta , \quad (3.2)$$

де δ - кут відновлення замикаючих властивостей тиристора;

$\beta = \pi - \alpha$ - кут випередження інвертора.

Силові схеми трьохсторонніх перетворювачів, призначених для живлення якірних ланцюгів двигунів, виконуються як в нереверсивному (одна випрямна група тиристорів), так і в реверсному (дві випрямні групи) виконаннях. Нереверсивні виконання тиристорних перетворювачів, які забезпечують односторонню провідність, дозволяють працювати в руховому і генераторному режимах тільки при одному напрямку моменту двигуна.

Для зміни напрямку моменту потрібно або змінити напрямок струму якоря при незмінному напрямку потоку збудження, або змінити напрямок потоку збудження при збереженні напрямку струму якоря.

Реверсивні тиристорні перетворювачі мають кілька різновидів схем силового ланцюга. Найбільшого поширення набула схема з зустрічно-паралельним підключенням до однієї вторинної обмотки трансформатора двох вентильних груп. Така схема може бути виконана і без індивідуального трансформатора з живленням тиристорних груп від загальної мережі змінного струму через анодну напругу, яку обмежують реактори РТ. Перехід на реакторний варіант значно скорочує розміри тиристорного перетворювача і знижує його вартість [2,31,43].

Тиристорні перетворювачі для ланцюгів обмоток збудження двигунів виконуються в основному в нереверсивному виконанні. Схема дозволяє в широких межах змінювати струм збудження двигуна. Мінімальне значення струму має місце, коли тиристори Т1 і Т2 закриті, а максимальне, коли вони відкриті.

У реверсивних тиристорних перетворювачах застосовуються два основних способи управління вентиляними групами - спільний і роздільний. У свою чергу спільне управління виконується узгодженим і неузгодженим.

При узгодженому управлінні відпираючі імпульси на тиристори подаються на обидві групи вентилів таким чином, щоб середні значення випрямленої напруги в обох груп були рівні між собою. Це забезпечується за умови:

$$\alpha_B + \alpha_I = 180^\circ,$$

де α_B і α_I - кути регулювання випрямної і інверторної груп.

При неузгодженому управлінні середнє значення напруги інверторної групи перевищує напруга випрямної групи. Це досягається за умови, якщо:

$$\alpha_B + \alpha_I > 180^\circ.$$

Миттєве значення напруги груп при спільному управлінні не рівні один одному в усі моменти часу, внаслідок чого в замкнутому контурі (або контурах), утворених тристоронніми групами і обмотками трансформатора, тече зрівняльний струм, для обмеження якого в ланцюг тиристорного перетворювача включаються зрівняльні реактори УР1-УР4.

Реактори включають в контур зрівняльного струму по одному або по два на групу, причому, їх індуктивність вибирається такою, щоб зрівняльний струм не перевищував 10 % номінального струму навантаження. При включенні струмообмежуючих реакторів по два на групу вони насичуються при протіканні струму навантаження. Наприклад, при роботі групи унасичуються реактори УР1 і УР2, а реактори УР3 і УР4 залишаються ненасиченими і обмежують зрівняльний струм. Якщо реактори включаються по одному на групу (УР1 і УР3), то вони не насичуються при протіканні струму навантаження.

Перетворювачі з неузгодженим управлінням мають менші габарити реакторів, ніж при узгодженому управлінні. Однак при неузгодженому управлінні знижується діапазон допустимих кутів регулювання, що призводить до гіршого використання трансформатора і зменшення коефіцієнта потужності установки. Одночасно порушується лінійність регулювальних і швидкісних характеристик електроприводу. Для повного виключення зрівняльних струмів використовується роздільне управління вентиляними групами [7, 31].

Роздільне управління полягає в тому, що керуючі імпульси подаються тільки на ту групу, яка в даний момент має працювати. На вентилях непрацюючої групи керуючі імпульси не подаються. Для зміни режиму роботи тиристорного перетворювача використовується спеціальний перемикаючий пристрій, який при рівності нулю струму тиристорного перетворювача спочатку знімає керуючі імпульси з раніше працюючої групи, а потім після невеликої паузи (5...10) с подає керуючі імпульси на іншу групу.

При роздільному управлінні немає необхідності включення зрівняльних реакторів в ланцюзі окремих груп вентилів, можливо повне використання трансформатора, знижується ймовірність перекидання інвертора внаслідок зменшення часу роботи тиристорного перетворювача в інверторному режимі, зменшуються втрати енергії і відповідно збільшується ККД електроприводу через відсутність зрівняльних струмів. Однак роздільне управління пред'являє високі вимоги до надійності пристроїв для блокування керуючих імпульсів.

Збій в роботі блокуючих пристроїв і поява керуючих імпульсів на неробочій групі тиристорів призводять до внутрішнього короткого замикання в тиристорному перетворювачі, так як зрівняльний струм між групами в цьому випадку обмежений і досягає неприпустимо великого значення [31].

Аналізуючи отримані раніше дані у другій частині (рисунок 2.4), щодо значного споживання злитковозом електроенергії, в кваліфікаційній роботі передбачається заміна фізично і морально застарілого електрообладнання на сучасне електрообладнання із застосуванням тиристорної техніки, що підвищить надійність роботи, знизить витрати електроенергії, полегшить роботу оператора.

У даній роботі запропоновано модернізацію системи автоматизації електроприводу злитковоза ад'юстажа сортових станів ПрАТ «Дніпроспецсталь».

Злитковоз призначений для транспортування злитків від колодязів до приймального рольгангу і для укладання зливків на приймальний рольганг, ножиці різання і на обдирні обдирні верстати КЖ №1 і №2. Злитковоз складається з двох механізмів: механізмів пересування і механізму перекидання люльки.

Швидкість пересування злитковоза - 5,86 м / с.

Швидкість підходу злитковоза до упору - 0,4 м / с.

Час перекидання люльки - 3,5 с.

Привід пересування злитковоза здійснюється двигуном постійного струму Д 816, потужністю $P = 150$ кВт, при ПВ 100%, швидкість обертання $n = 470$ об / хв, напруга мережі живлення $U = 220$ В, струм якорного ланцюга $I_{я} = 740$ А; збудження - незалежне, з примусовою вентиляцією від спеціального вентилятора, встановленого на злитковозі. Для забезпечення потрібних швидкісних режимів передбачено підвищення напруги на якорі двигуна до 440В, що відповідає швидкості обертання двигуна $n = 940$ об / хв.

Живлення двигуна Д816 здійснюється від генератора П 142-6К, потужністю $P = 400$ кВт, $n = 1000$ об / хв, $U = 460$ В.

Основна особливість схеми полягає в тому, що вона дозволяє отримати постійну інтенсивність розгону і гальмування електроприводу, практично не залежить від величини махового моменту і статичного навантаження.

Номинальна потужність - $P_{\text{НОМ}} = 150$ кВт; номинальна напруга: - $U_{\text{НОМ}} = 220$ В; напруга збудження - $U_{\text{ВНОМ}} = 220$ В; номинальний струм: $I_{\text{НОМ}} = 740$ А; номинальна частота обертання - $n_{\text{НОМ}} = 480$ об/хв; максимальна частота обертання - $n_{\text{МАКС}} = 1600$ об/хв.

3.2 Вибір тиристорного перетворювача

Вибираємо перетворювач типу ТКЕ-1000/220-532-1ВМД-УХЛ4.

Загальний вигляд тиристорного перетворювача типу ТКЕ зображено на рисунку 3.4.



Рисунок 3.4 – Загальний вигляд тиристорного перетворювача типу ТКЕ

Пристрої ТКЕ є тиристорні перетворювачі з системою управління тиристорами, набором регуляторів, пристроїв захисту, джерел живлення, в тому числі обмотки збудження двигуна.

У силову частину перетворювача входять два силових випрямляча, згладжує дросель.

У систему управління реверсивним тиристорним перетворювачем з роздільним керуванням входять вузли, які здійснюють: формування, посилення, гальванічну розв'язку керуючих імпульсів, а також вибір необхідного для роботи комплексу вентилів, його блокування за наявності струму в силовому ланцюзі і відлік паузи при перемиканні комплектів.

У СІФУ (система фазоімпульсного управління силового випрямляча) електроприводів серії ТКЕ використовується лінійна опорна напруга. Осередок фільтрів опорних напруг виробляє три згладжених, зсунутих на 120° синусоїдальних напруг, момент переходу яких через нуль відповідає моменту природного відпирання тиристорів. В осередку ТКЕ застосовані фільтри у вигляді коливальної ланки, утвореного двома послідовно з'єднаними інтеграторами із загальним негативним зворотним зв'язком. Частота власних коливань фільтра 50 Гц. Фільтр забезпечує зрушення фази вихідної напруги при провалах вхідної напруги на 400 % -град не більше $\pm 1,5^\circ$, при коливаннях частоти вхідного сигналу в межах + 1 Гц - не більше $\pm 2^\circ$.

Вироблені імпульси надходять в логічну схему виділення діапазону, в яку також подаються логічні сигнали, що визначають інтервал провідності випрямного моста. На виході логічної схеми для кожної пари тиристорів (по одному з катодного і анодного груп) формуються логічні сигнали допустимого діапазону. У кожному каналі формуються два таких імпульсу за період - для тиристорів катодного і анодного груп [31,42].

Для організації принципу роздільного управління комплектами реверсивного вентильного перетворювача необхідний логічний сигнал про відсутність струму в силовому ланцюзі. Формування цього сигналу здійснює

датчик провідності вентилів (контроль відсутності струму непрямий - за напругою на силових тиристорах).

У контур струму якоря крім тиристорного перетворювача і якірного ланцюга електродвигуна входять: датчик струму, регулятор струму, нелінійна ланка і функціональний перетворювач ЕРС двигуна.

Перемикач характеристик погодить реверсивний вхідний сигнал нелінійної ланки з однополярної регулювальної характеристики СІФУ. У статичному режимі роботи на виході перемикача характеристик формується тільки негативна полярність вихідного сигналу. Регулювальних елементів в перемикачі характеристик немає, тому установка не потрібна.

У перетворювачі ТКЕ-1000/220-532-1ВМД-УХЛ4 живлення всіх функціональних частин здійснюється від джерела живлення, що включає трансформатор і блок живлення. Безпосередньо блок живлення містить діодні випрямлячі, фільтрові конденсатори, два параметричних стабілізатора напруги. Для контролю напруги в мережі живлення в блоці живлення алгебраїчно сумуються (з різними коефіцієнтами передачі) невідфільтрованої напруги -24 В і відфільтрованої -12 В. Результуючий сигнал надходить у вузол захисту і блокування.

Вузол захисту і блокування забезпечує захист перетворювача:

- від надмірно великих струмів (максимально-струмовий захист);
- від тривалого перевантаження по струму (тепловий захист);
- при зниженні напруги в мережі живлення, крім того, вузол здійснює наступну блокування: забороняє формування керуючих імпульсів в СІФУ, а також шунтує ланцюг зворотного зв'язку регуляторів струму і ЕРС при відсутності зовнішньої команди "деблокування". Тим самим забезпечується безструмовий стан перетворювача і нульові початкові стану регуляторів;
- при неприпустимому зменшенні струму або обрив в ланцюзі збудження;
- захист від погіршення умов охолодження в пристроях з примусовим охолодженням [7,45].

Адаптивний регулятор струму дозволяє лінеаризувати структуру вентильного електроприводу в режимі переривчастих струмів і тим самим різко поліпшити динамічні властивості системи автоматичного регулювання. Він складається з регулятора струму, нелінійної ланки і функціонального перетворювача ЕРС.

Датчик напруги призначений для гальванічної розв'язки системи управління від силової частини і отримання на виході напруги, пропорційного ЕРС або напрузі двигуна.

Вхідний пристрій служить для гальванічного поділу силового ланцюга і ланцюга керування. Він складається з розділового трансформатора, захисних і розв'язують діодів, а також резисторів, один з яких обмежує струм в первинній обмотці трансформатора і захищає від перевантаження підсилювачі імпульсів, а інший разом з конденсатором шунтує керуючий перехід тиристора, підвищуючи його стійкість.

3.3 Розрахунок витрат електропривода, що працює по системі Г-Д та ТП-Д

Експлуатаційні витрати при застосуванні тієї або іншої системи електропривода визначаються технологічною собівартістю, що складаються зі статей:

- амортизаційні відрахування;
- витрати на споживання електроенергії;
- витрати на ремонт устаткування.

Амортизаційні відрахування на устаткування розраховуються за формулою:

$$C_{\text{ав уст.}} = \frac{H_a \cdot C_{\text{бал}}}{100}, \quad (3.3)$$

де H_a - норма амортизаційних відрахувань на устаткування, %;
 $C_{\text{бал}}$ - балансова вартість, грн.

$$C_{\text{бал}} = C_{\text{трансп}} + C_{\text{склад}} + C_{\text{устат}}, \quad (3.4)$$

$$C_{\text{бал. Г-Д}} = 20500 + 4920 + 471500 = 496920,$$

$$C_{\text{бал. ПП-Д}} = 12550 + 3012 + 288650 = 304212,$$

$$C_{\text{ав уст. Г-Д}} = \frac{15 \cdot 4969200}{100} = 74538,$$

$$C_{\text{ав уст. ПП-Д}} = \frac{15 \cdot 304212}{100} = 45631,8.$$

Амортизаційні відрахування на займану площу розраховуються за формулою , грн. :

$$C_{\text{ав н.}} = \frac{5 \cdot C_{\text{площ}}}{100} \quad (3.5)$$

$$C_{\text{ав н. Г-Д}} = \frac{5 \cdot 8409,6}{100} = 420,5;$$

$$C_{\text{ав н. ПП-Д}} = \frac{5 \cdot 3737,6}{100} = 186,9.$$

Загальні амортизаційні відрахування розраховуються за формулою, грн. :

$$C_a = C_{ав уст.} + C_{ав н.}; \quad (3.6)$$

$$C_{а Г-Д} = 74538 + 420,5 = 74958,5;$$

$$C_{а ТП-Д} = 45631,8 + 186,9 = 45818,7.$$

ККД комплекту Г-Д розраховується за формулою:

$$\eta_{гд} = \eta_{дв} \cdot \eta_{му} \cdot \eta_{тр}; \quad (3.7)$$

де $\eta_{дв}$ - ККД двигуна, $\eta_{дв} = 0,92$;

η_{mn} - ККД магнітного підсилювача, $\eta_{mn} = 0,86$;

$\eta_{тр}$ - ККД трансформатора, $\eta_{тр} = 0,89$;

$$\eta_{гд} = 0,95 \cdot 0,86 \cdot 0,89 = 0,7.$$

ККД аналогічного комплекту ТП-Д розраховується за формулою:

$$\eta_{mn-д} = \eta_{дв} \cdot \eta_{mn} \cdot \eta_{стр}; \quad (3.8)$$

де $\eta_{дв}$ - ККД двигуна, $\eta_{дв} = 0,92$;

η_{mn} - ККД тиристорного перетворювача, $\eta_{mn} = 0,95$;

$\eta_{стр}$ - ККД силового трансформатора, $\eta_{стр} = 0,94$;

$$\eta_{mn-д} = 0,95 \cdot 0,95 \cdot 0,94 = 0,8.$$

Ефективний фонд робочого часу розраховується у такий спосіб, год:

$$D_{ef} = t_{зм} \cdot K_{зм} \cdot (D_{дн} - D_{вих} - D_{пр}) - D_{пр.пр} \cdot t_{змк} \cdot K_{зм}; \quad (3.9)$$

де $t_{зм}$ - тривалість зміни, $t_{зм} = 8$ год;

$K_{зм}$ - кількість змін, $K_{зм} = 3$;

$D_{дн}$ - кількість днів у році, $D_{дн} = 365$;

$D_{вих}$ - кількість вихідних днів;

$D_{пр}$ - кількість святкових днів;

$D_{пр.пр}$ - кількість передсвяткових днів;

$T_{змк}$ - тривалість змін у передсвятковий день, годин.

У даному випадку маємо справу з безперервним виробництвом. Звідси випливає, що встаткування працює цілодобово протягом усього року, отже, формула розрахунку робочого часу виглядає наступним чином:

$$D_{ef} = 8 \cdot 3 \cdot 365 = 8760 .$$

Вартість електроенергії, що витрачається, розраховується в такий спосіб:

$$C_e = \frac{P}{\eta} \cdot D_{ef} \cdot K_{\epsilon} \cdot K_M \cdot C \quad (3.10)$$

де P - номінальна потужність комплекту, $P_{\epsilon-\delta} = 136$ кВт, $P_{mn-\delta} = 64$ кВт;

η - ККД комплекту;

K_{ϵ} - коефіцієнт використання за часом, $K_{\epsilon} = 0,8$;

K_M - коефіцієнт використання за потужністю ($K_{M\epsilon-\delta} = 0,75$, $K_{Mmn-\delta} = 0,82$);

C - вартість кВт·год електроенергії, $C = 2,15$ грн./кВт·год.

Витрата на електроенергію за системою Г-Д, грн:

$$C_{eГ-Д} = 136/0,7 \cdot 8760 \cdot 0,8 \cdot 0,75 \cdot 2,15 = 2195506 .$$

Витрата на електроенергію за системою ТП-Д, грн:

$$C_{eТП-Д} = 64/0,8 \cdot 8760 \cdot 0,8 \cdot 2,15 = 1205376 .$$

За аналогічною схемою проводимо розрахунок річних амортизаційних відрахувань для кожного варіанта.

Витрати електроенергії ад'юстажем сортувального стану розраховуються за формулою:

$$C_E = \frac{P}{\eta} \cdot D_{ef} \cdot K_{ч} \cdot K_{в} \cdot C \quad (3.11)$$

де P – номінальна потужність комплекту, кВт;

η – ККД комплекту для Г-Д і для ТП-Д;

$K_{ч}$ – коефіцієнт використання за часом, $K_{ч} = 0,8$;

$K_{в}$ – коефіцієнт використання за потужністю ($K_{в Г-Д} = 0,75$, $K_{в ТП-Д} = 0,82$);

C – вартість кВт · год електроенергії, грн./кВт · год;

$C = 2,15$ грн./кВт · год.

Витрати на електроенергію за системою Г-Д, грн:

$$C_{eГ-Д} = 736/0,7 \cdot 8760 \cdot 0,75 \cdot 2,15 = 14851954 .$$

Витрати на електроенергію за системою ТП-Д, грн:

$$C_{E\text{ ТП-Д}} = \frac{352}{0,8} \cdot 8760 \cdot 0,8 \cdot 0,82 \cdot 2,15 = 5436245.$$

Поточний ремонт устаткування робиться на місці його установки, з його відключенням, силами змінного ремонтного персоналу, що обслуговує даний агрегат. Витрати на поточний ремонт складаються з:

- основної та додаткової заробітної плати робітників з нарахуваннями;
- вартості матеріалів і комплектних виробів;
- загальновиробничих і загальногосподарських витрат.

Експлуатаційні витрати систем Г-Д і ТП-Д для ад'юстажу сортувальних станів приведені у таблиці 3.1, 3.2.

Таблиця 3.1 - Експлуатаційні витрати систем Г-Д і ТП-Д

Найменування витрат	Г-Д варіант	ТП-Д варіант	Показник економії
Амортизаційні відрахування	74958,5	45818,7	29139,8
Витрати на електроенергію	14851954	5436245	9415709
Заробітна плата	1906,2	623,38	1282,83
Загальновиробничі господарські витрати	783,9	261,8	522,12
Витрати на матеріал	3958,8	1322,1	2636,7
Разом	2678971,7	1236413,88	1442555,7

Розрахунки показали, що система ТП-Д значно ошадливіше системи Г-Д: найбільш повно використовується електроенергія, обслуговуючий персонал, система займає площу практично у два рази менше, дозволяє дотримуватися високої точності виробництва й контролю стану за технологічним процесом на комп'ютері. Отже модернізація системи Г-Д шляхом заміни на систему ТП-Д економічно обґрунтована.

Споживання електроенергії ТКЕ-1000/220-532-1ВМД-УХЛ4 35 кВт на власні потреби і 15 кВт електродвигун загальна потужність ТКЕ-1000 / 220-532-

1ВМД-УХЛ4 становить 50 кВт, в порівнянні з системою двигун / генератора зі споживанням 400 кВт.

Таблиця 3.2 - Експлуатаційні витрати систем Г-Д і ТП-Д для злитковозу

Найменування витрат	Г-Д варіант	ТП-Д варіант	Показник економії
Амортизаційні відрахування	74958,5	45818,7	29139,8
Витрати на електроенергію	2195506	1205376	990130
Заробітна плата	1906,2	623,38	1282,83
Загальновиробничі господарські витрати	783,9	261,8	522,12
Витрати на матеріал	3958,8	1322,1	2636,7
Разом	559178,8	264095,4	295083,4

Визначимо термін окупності перетворювача за формулою, грн:

$$T_{ок} = (K_{np} + K_m) / E_{ел.ен} , \quad (3.12)$$

де $T_{ок}$ – термін окупності;

K_{np} - вартість перетворювача частоти;

K_m - вартість монтажу;

$E_{ел.ен}$ - вартість зекономленої електроенергії за рік.

Для розрахунку терміну окупності необхідно враховувати окрім ціни на перетворювач частоти також ціну на монтаж нового перетворювача.

Для перетворювача частоти типу ТКЕ-1000/220-532-1ВМД-УХЛ4 вартість монтажу складає 16800 грн. Вартість ТКЕ-1000/220-532-1ВМД-УХЛ4 на даний момент - 866413 грн.

Сумарні капітальні витрати складуть, грн:

$$K = 866413 + 16800 = 883213.$$

Заощаджена електроенергія після встановлення перетворювача частоти розраховуються за формулою, кВт·год :

$$\Delta E_{ел.ен} = 8760 \cdot 400 \cdot 0,2 = 700800.$$

Визначаємо вартість зекономленої електроенергії, грн:

$$E_{ел.ен} = 700800 \cdot 2,15 = 1506720.$$

Термін окупності при встановленні перетворювача частоти ТКЕ-1000 / 220-532-1ВМД-УХЛ4 складатиме, років:

$$T_{ок} = 883213 / 1506720 = 0,59.$$

3.4 Розробка SCADA- системи управління гарячими ножицями

Автоматизована система управління ножицями має забезпечити:

- розрахунок оптимального плану різання металу на мірні заготовки з мінімізацією відходів та числа заготовок некондиційних довжин;
- більш точне різання розкатів;
- зниження ймовірності технологічних помилок при різанні;
- підвищення точності обліку металу у цеху;
- контроль обладнання;
- покращення умов праці персоналу.

Розкрій прокату такого типу є лінійним: метал вважається одномірним, тобто. розкрій ведеться за однією координатою – довжиною. Проте завдання ускладнюється тим, що розкрій ведеться в режимі реальної прокатки, тобто на момент прибуття розкату до лінії ножиць точна його

довжина ще відома, тому що прокатка не завершена. Цей важливий для процедури пошуку оптимального плану розкрою параметр залежить від сортаменту прокату (виду сталі), режиму прокатки, а також від випадкових факторів сумарних обтискань розкочування валками стану при прокатці.

На виробництві ножиці використовуються на різних виробничих етапах. Розкрій металу на кожному з цих етапів здійснюється за певним принципом, тобто оптимізація плану розкрою відбувається за різними критеріями та з різними параметрами.

Розрахунок плану розкрою металу здійснюється у розглянутих системах за допомогою економіко-математичних методів, що не завжди дає оптимальний результат. При оптимізації розкрою велике значення має точність виміру параметрів технологічного процесу, так як ці параметри є вихідними для побудови розкрійного плану. Оптимізація розкрою металу забезпечує високий рівень економії матеріалу, що відбивається на собівартості виробленої продукції та на прибутку металургійного підприємства, таким чином, системи такого профілю мають високу окупність.

Ділянка ділильних ножиць, так само як і інші ділянки прокатного стану, що має протяжні технологічні лінії, передбачає встановлення поста керування для оператора з поданням всієї необхідної інформації про технологічний процес і можливість управління об'єктом в ручному та автоматизованому режимах з пріоритетом втручання оператора при виконанні окремих функцій управління .

Управління комплексом обладнання встановлення ножиць у робочому режимі має здійснювати:

- вимірювання довжини розкату, що надходить за лінію різання ножиць;
- позиційне керування трайбером перед ножицями із заданою точністю для різу, відповідно до програми поділу розкатів;

- дозвіл включення оператором циклу автоматичної роботи механізмів головного приводу і рольганга, що качається (опускання при різі та підйом після різі) в синхронізованому позиційному режимі;
- включення повітряного охолодження у встановленій послідовності і на заданий час.

Для нашої системи ми будемо використовувати модульну концепцію SINAMICS S120.

Гнучка модульна система приводів для вимогливих завдань. Система приводів SINAMICS S120 призначена для вирішення широкого спектру завдань у верстато- та машинобудуванні. Велика кількість різних апаратних модулів та технологічних функцій дозволяє знаходити оптимальне рішення для будь-якого промислового застосування. Перетворювачі SINAMICS S120 випускаються у модифікаціях для індивідуального чи багаторухового приводу. Діапазон номінальних потужностей перетворювачів частоти SINAMICS S120 – (0,12...4500) кВт.

SINAMICS S120 може замовлятися з різними концепціями охолодження, що дозволяє оптимізувати конструкцію електрошаф. SINAMICS S120 – найкраще рішення для гнучкості та продуктивності.

SINAMICS S120 забезпечує найвищу продуктивність у пакувальних машинах, термопласт-автоматах та екструдерах, друкарських та папероробних машинах, у підйомно-транспортній техніці, роботах та маніпуляторах, металообробних верстатах, прокатних станах, текстильному та ковальсько-пресовому устаткуванні.

За своїми властивостями компоненти SINAMICS S120 призначені для монтажу в корпус. Таким корпусом, як правило, є електрошафи, які забезпечують захист від безпосереднього стикання та інших впливів навколишнього середовища. Вони також включені до концепції ЕМС.

Загальний вигляд електрошафи представлений рисунку 3.5.

□ *f*

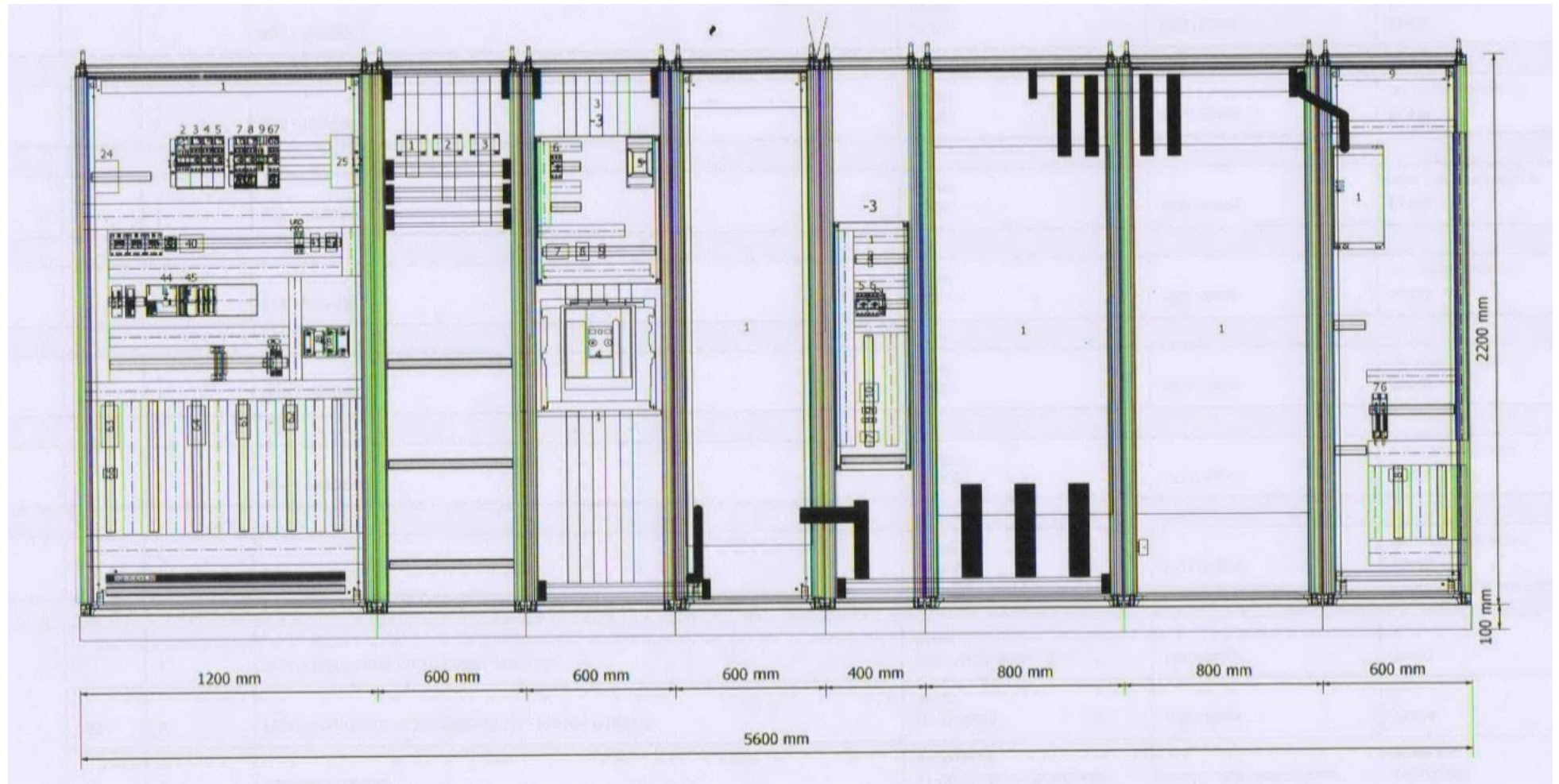


Рисунок 3.5 - Загальний вигляд електрошафи

3.4.1 Вибір датчиків виявлення металу

В промислової вимірювальної техніки потрібні дуже точні методи визначення витрати та швидкості потоку. При цьому допустимі похибки не повинні перевищувати одного відсотка, а іноді й однієї десятої відсотка, оптоелектронні вимірювачі витрати та швидкості, працюючі на оптичному ефекті Доплера, які використовують особливий вид розсіювання світла.

Датчики Simatic PX є безконтактними вимикачами, деталей, що не містять, схильних до механічного зносу та практично нечутливими до впливу навколишнього середовища, тому можуть використовуватися в промислових умовах підвищеної складності у багатьох галузях автоматизації, наприклад для: вимірювання рівня, відстаней до об'єктів; виявлення об'єктів; підрахунку кількості об'єктів; контроль розривів; визначення висоти, кольору, положення об'єктів.

Безконтактні датчики поділяються на 4 типи: ультразвукові датчики Simatic PXS; фотоелектричні датчики Simatic PXO; індуктивні датчики Simatic PXI; ємнісні датчики Simatic PXC.

Ультразвукові безконтактні датчики Simatic PXS застосовуються скрізь, де потрібно визначати як відстань до об'єктів, так і наявність самих об'єктів. Реєстровані поверхні можуть бути твердими, рідкими, зернистими або порошкоподібними. Впевнено виявляються всі плоскі або гладкі поверхні, у тому числі і ті, що знаходяться на значній відстані.

Принцип дії даних датчиків полягає у циклічному випромінюванні ультразвукових імпульсів.. При відображенні імпульсу від об'єкта ехосигнал, що виникає, приймається і перетворюється в електричний.

Фотоелектричні безконтактні датчики Simatic PXO виявляють усі металеві, дерев'яні або пластмасові об'єкти незалежно від їхньої структури. За допомогою кольорочутливих датчиків Simatic PXO можна проводити

зчитування маркувань, а також розпізнавати різні кольори та контрасти. Аналоговий лазерний датчик забезпечує досить точне визначення відстані до об'єкта та дозволяє здійснювати контроль позиціонування. Ці датчики реагують на зміну кількості прийнятого ними світла. Світловий промінь, що випромінюється діодом, переривається або відображається від реєстрованого предмета.

Датчики відбиваючої дії являють собою простий тип, що дозволяє виявляти об'єкти на невеликій відстані. Фотореле має ряд додаткових фільтрів, що виключають перешкоди від інших об'єктів. Фотореле односпрямованої дії дозволяє визначати об'єкти на значній відстані за рахунок спеціального розташування приймача та випромінювача.

Індуктивні датчики Simatic забезпечують економічний спосіб безконтактного виявлення металевих об'єктів. Використовуються в першу чергу за високих вимог до надійності, точності спрацьовування, терміну служби, частоти комутації тощо. Зовнішній вигляд датчика представлений рисунку 3.6.



Рисунок 3.6 - Зовнішній вигляд датчика Simatic

Принцип дії датчика заснований на створенні високочастотного змінного поля, яке випромінюється від активної поверхні самого датчика. При наближенні об'єкта до активної поверхні датчик спрацьовує.

Для підключення датчиків до контролера та двигуна ми використовуємо модуль датчиків SMC30. Зовнішній вигляд показано на рисунку 3.7



Рисунок 3.7 - Зовнішній вигляд модуля датчиків SMC30.

3.4.2 Вибір модуля живлення

Ми встановлюємо активний модуль живлення SINAMICS S120 630 кВт. Активний блок живлення працює як перетворювач напруги, що підвищує, і виробляє регульовану напругу проміжного контуру, яка в 1,5 рази вище, ніж номінальна напруга мережі. Завдяки цьому на підключені модулі двигунів надходить підвищена, стабільна напруга, яка не залежить від коливань напруги мережі, що призводить до більш високої динаміки та покращених властивостей регулювання.

У разі потреби активний модуль живлення додатково може виконувати функції компенсації реактивної потужності.

Активна система живлення складається з активного інтерфейсного модуля та активного модуля живлення.

У активної системи живлення з активним модулем живлення контактор, що шунтує і інтегрований у відповідний активний інтерфейсний модуль. Активні інтерфейсні модулі та активні модулі живлення мають ступінь захисту IP20.

Через активний модуль живлення один або кілька модулів двигунів підключаються до мережі енергопостачання. Активний модуль живлення виробляє постійне напруження проміжного контуру для модулів двигунів. У цьому колювання напруги мережі відбиваються на напрузі проміжного контуру.

Підтримка рекуперації активного модуля може бути деактивована через параметри.

Активний модуль живлення у генераторному режимі двигунів рекуперує енергію в мережу.

Активний модуль живлення використовується для двигунів із високими динамічними вимогами до приводів; для частих циклів гальмування та високих енергій гальмування.

Для двигуна ножиць встановлено модуль двигуна SINAMICS S120 710 кВт. Модуль двигуна – це силова частина (інвертор DC-AC), що живить підключений двигун енергією. $P_n = 710\text{кВт}$, $I_n = 1260\text{А}$, IP00, вага 450кг. Для двигуна трайбера встановлено модуль двигуна SINAMICS S120 46 кВт. Зовнішній вигляд модуля представлений рисунку 3.8.



Рисунок 3.8 - Зовнішній вигляд модуля живлення SINAMICS S120

3.4.3 Вибір активного інтерфейсного модуля

Активний інтерфейсний модуль ($P_N = 900$ кВт, $I_N = 1495$ А, $f = (47 \dots 63)$ Гц, $U_N = 3$ АС (380...480)В містить фільтр Clean Power з базовим придушенням перешкод, схему підзарядки для активного модуля живлення, пристрій реєстрації напруги мережі та контрольні датчики. За допомогою фільтра Clean Power практично повністю пригнічуються мережеві гармоніки.

Активний інтерфейсний модуль містить фільтр Clean Power, мережевий дросель, схему підзарядки, контактор, що шунтує (для типорозміру FI, GI), модуль реєстрації напруги мережі VSM і вентилятор. Зовнішній вигляд модуля представлений рисунку 3.9.



Рисунок 3.9 - Зовнішній вигляд активного інтерфейсного модуля

3.4.2 Опис мережі, що використовується

Profibus (Process Field Bus) розроблена компанією Siemens AG для промислових контролерів SIMATIC. Profibus забезпечує обмін даними між провідними та веденими пристроями або між кількома провідними

пристроями та дозволяє об'єднувати розрізнені пристрої автоматизації в єдину систему. Схема підключення представлена на рисунку 3.10.

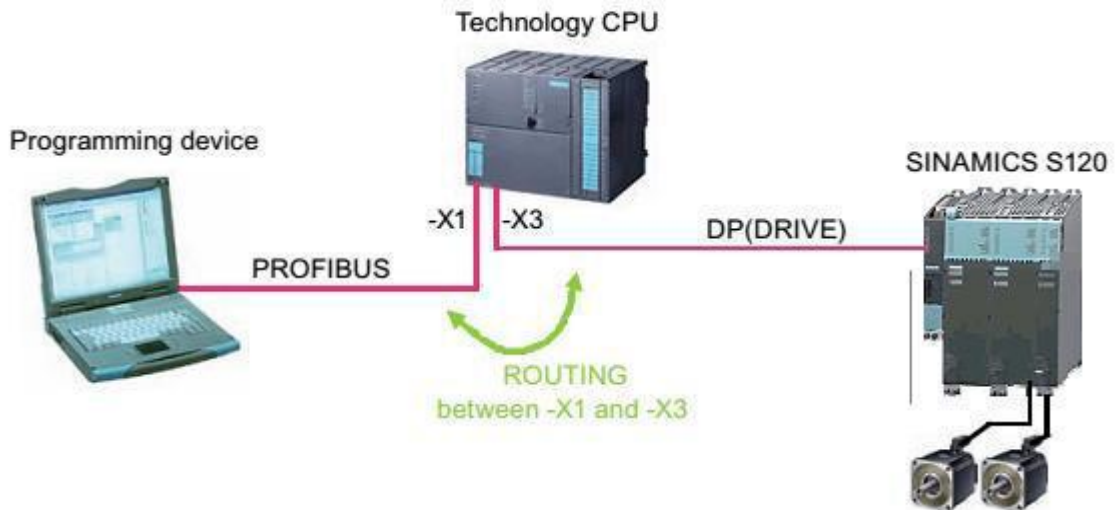


Рисунок 3.10 - Схема підключення мережі Profibus

3.4.5 Алгоритм автоматизованої роботи ножиць гарячого різання

Алгоритм роботи ножиць починається із введення даних. Далі йде очікування сигналу від датчиків. Якщо сигналу немає, то продовжуємо очікування, якщо сигнал прийшов, то якщо перша заготівля, то починається відлік довжини заготівлі. Якщо різ не перший, то ріжемо за відомою величиною. Цикл повторюється доти, доки не закінчується заготівля. Після закінчення заготівлі відбувається перевірка наявності завдання. Якщо завдання немає, то закінчуємо роботу. Якщо завдання отримано, то переходимо в режим очікування сигналу. Алгоритм автоматизованої роботи ножиць гарячого різання представлено на рисунку 3.11.

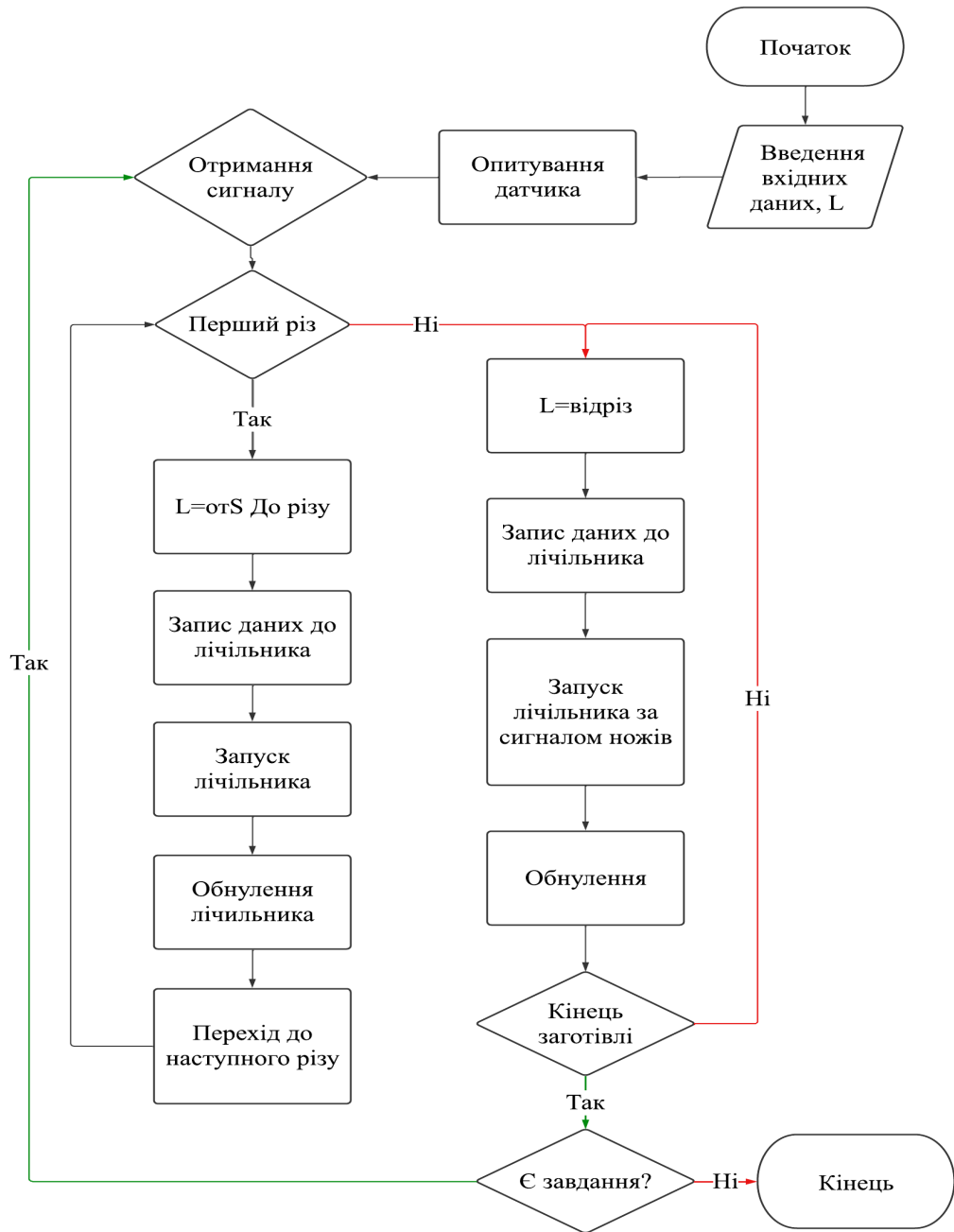


Рисунок 3.11 - Алгоритм автоматизованої роботи ножиць гарячого різання

ВИСНОВКИ

1. В ході кваліфікаційної роботи були розглянуті принципи системи ефективного управління енергоспоживанням металургійного підприємства, проведений аналіз сучасних систем SCADA як програмного комплексу, який забезпечує виконання необхідних функцій, а також інструментальних засобів для розробки цього програмного забезпечення.

Також проведений аналіз впровадження на промислових підприємствах сучасних автоматизованих систем контролю, обліку та управління електроспоживанням (АСКОЕ) як ефективного шляху економії електроенергії.

2. Проведений аналіз споживання енергоресурсів прокатоного цеху ПРАТ «Дніпроспецсталь» показав, що найбільше споживання припадає на електричну енергію (42%), істотним споживачем електричної енергії на ділянці ад'юстажа сортових станів є злитковоз із 73,1% споживання електричної енергії.

3. Запропоновані заходи щодо зменшення обсягів електроспоживання цехом, а саме: модернізацію системи автоматизації електроприводу злитковоза ад'юстажа сортових станів, виконано розрахунок витрат електропривода, що працює по системі Генератор-Двигун та Тиристорний перетворювач-Двигун. Розрахунки показали, що система ТП-Д значно ощадливіше системи Г-Д, економічний ефект склав 990130 грн.

4. Вибрано перетворювач ТКЕ-1000/220-532-1ВМД-УХЛ4. Після проведення розрахунків по установці перетворювача було виявлено, що економія буде дорівнювати 700800 кВт·год або 1506720 грн. на рік, а строк окупності буде дорівнюватися 0,59 року.

5. Розроблена SCADA система управління гарячими ножицями для розрахунку оптимального плану різання металу на мірні заготовки з мінімізацією відходів та числа заготовок некондиційних довжин, виконано

вибір обладнання (датчики виявлення металу, модуль живлення, активний інтерфейсний модуль). Розроблений алгоритм автоматизованої роботи ножиць гарячого різання.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Міністерство енергетики України : веб сайт. URL: <http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/doccatalog/list?currDir=50358>
(дата звернення 10.09.2020).
2. Державна служба статистики України : веб сайт. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua> (дата звернення 04.11.2020).
3. Ольшанский, В. М. Проблема энергосбережения при производстве проката на металлургических предприятиях Украины / В. М. Ольшанский // Металлургическая теплотехника (Сб. научн. трудов ГМетАУ). – Т. 2. – Днепропетровск: ГМетАУ, 1999. – с. 263.
4. Одиноченков В. В., Гаврева И. В. Обеспечение разработки и реализации стратегии эффективности ресурсо - и энергопотребления на предприятиях промышленности. Экономика, организация и управление предприятиями, отраслями, комплексами. 2013. №3. С. 32-34.
5. «Дніпроспецсталь» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: \WWW/ URL: <http://www.dss-ua.com/rus/index.wbp> - 13.09.22 - Загол. з екрану.
6. Хвойка, И.А. Цветные металлы и их сплавы [Текст]: навчальний посібник / І.А. Хвойка – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2001. – 428 с.
7. Воскобойников, В. Г. Общая металлургия [Текст] : учебник 6-изд., перераб. и доп. /В. Г. Воскобойников, В. А. Кудрин, А.М. Якушев. – М. : ИКЦ «Академкнига», 2005 -768 с.
8. Чернега, Д. Ф. Теорія і технологія металургійного виробництва металів і сплавів [Текст]. Т. 1. Основи металургійного виробництва металів і сплавів: комплекс підручників / Д. Ф. Чернега, В. С. Терещенко, В. А. Гладких. – К. : Вища школа, 2006. – 503 с.
9. Передільне виробництво [Електронний ресурс]. – Режим доступу: \WWW/ URL: <http://www.dss-ua.com/rus/company/production/rerolling-production/> - 15.09.22 - Загол. з екрану.

10. Політика в області якості [Електронний ресурс]. – Режим доступу: \WWW/ URL: <http://www.dss-ua.com/rus/company/quality/index/index.wbp> - 17.09.22 - Загол. з екрану.
11. Селезньов, Д.С. Економія енергоресурсів [Текст] : Навчальний посібник/ Д.А. Дюдник – Луцьк : Видавництво «Київ», 1997. – 254 с.
12. Корольов А.А. Конструкція і розрахунок машин і механізмів прокатних станів: навчальний посібник для вузів. 2-е вид., переробл. та доповнене - М.: Металургія, 1985. - 376с.
13. Слитковоз [Електронний ресурс]. – Режим доступу: \WWW/ URL: <http://pereosnastka.ru/articles/slitkovozy> - 18.09.22 - Загол. з екрану.
14. Корольов А.А. Механічне обладнання прокатних і трубних цехів: навчальний посібник для вузів. 4-е вид., перероблене та доповнене - М.: Металургія, 1987. - 479с.
15. Бахтинов, В. Б. Прокатное производство [Текст] : Учебник для техникумов, 2-е изд., передел. и доп./ В.Б.Бахтинов. – М.:Металлургия, 1987. -416с.
16. Сологуб, М. А. Технологія конструкційних матеріалів [Текст]: підручник / М. А. Сологуб, І. О. Рожнецький, О. І. Некоз та ін.; за ред. М. А. Сологуба. – 2-ге вид. – К. : Вища школа, 2002. – 374 с.
17. Долгоруков, Ю.А. Економічне забезпечення структурної перебудови металургії України [Текст] : підручник /Ю.А. Долгоруков – Х. : Фактор, 1995. – 153 с.
18. Зінченко, В.Л. Автоматизована система контролю та обліку електроенергії [Текст] : підручник / В.Л. Зінченко, : Знання, 2011. – 231 с.
19. Загірняк, М. В. Електричні машини [Текст] : підручник / М. В. Загірняк, Б. І. Невалін. – 2-ге вид., переробл. і доповн. – К. : Знання, 2009. – 399 с.
20. Жук, А.Я. Основи розрахунків приводів машин: навчальний посібник / Жук А.Я., Желябіна Н.К. - Запоріжжя: ЗДІА, 1996. – 145с.

21. Яцун, М. А. Електричні машини [Текст] : Навчальний посібник / М. А. Яцун. – Львів : Видавництво Національного університету “Львівська політехніка», 2001. – 428 с.

22. Гершунский, Б. С. Основи електроніки та мікроелектроніки [Текст] : Підручник / Б. С. Гершунский. – 4-е вид., – К. : Вища школа, 1989. – 423 с.

23. Коренькова, Т. В. Перетворювачі частоти та пристрої плавного запуску електроприводів [Текст] : навч. посібн. / Т. В. Коренькова, А. П. Калінов, А. І. Гладир, В. Г. Ковальчук. – Кременчук : Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, 2012. – 191 с.

24. Будківський Л.Л. Освітлення підприємств [Текст] : Навч. посіб. / Л.Л. Будківський – К.: Вища шк., 2005. 363 с.

25. Покропывный, С. Ф. Экономика предприятия [Текст]: учебник / С.Ф. Покропывный. – К.: Хвиля-Прес, 1995. – 167 с.

26. Bonilla-Campos, Iñigo. (2019). Energy efficiency assessment: Process modelling and waste heat recovery analysis. *Energy Conversion and Management*, Vol. 196, p.1180-1192.

27. Goncharuk, A., Khudolei, V., Stanislavyk, O., Yatsyshyn, V., and Semenchuk, Y. (2021). Barriers to energy sustainability: A case study from Ukraine. In *E3S Web of Conferences* .

ДОДАТОК А

Демонстраційні матеріали до захисту кваліфікаційної роботи

«Удосконалення системи управління енергоспоживанням
технологічного обладнання промислового підприємства»

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Інженерний навчально-науковий інститут
ім. Ю.М. Потебні ЗНУ

1

Кафедра електричної інженерії та кіберфізичних систем

**«УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ
УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯМ
ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ
ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА»**

Виконав: студент гр. 8.1411 Хорев Д.С.

Науковий керівник: к.т.н., доцент Єрофєєва А.А.

ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ:

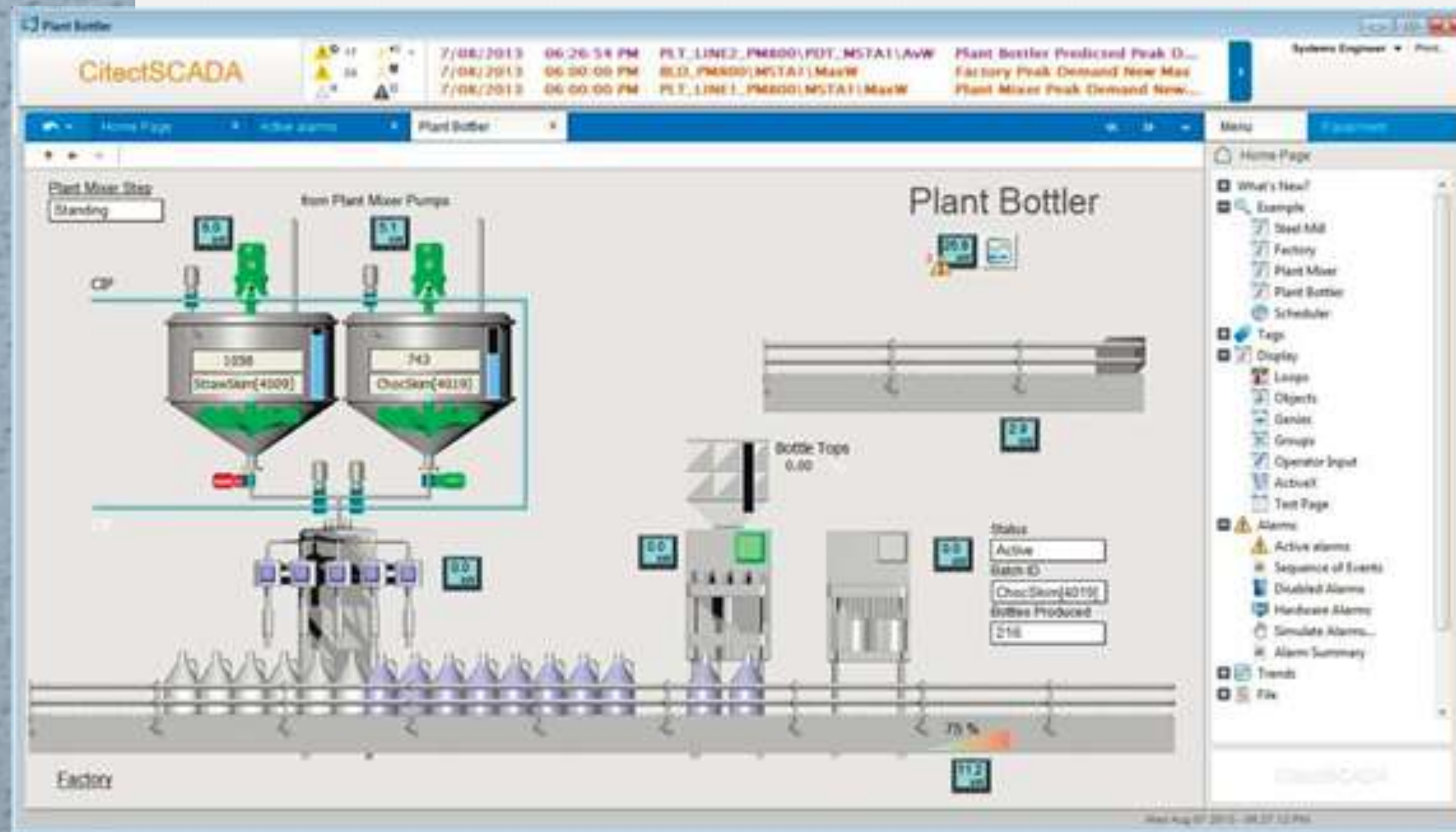
Мета роботи - удосконалення системи управління енергоспоживанням технологічного обладнання.

Для досягнення зазначеної мети в магістерській роботі вирішуються такі задачі:

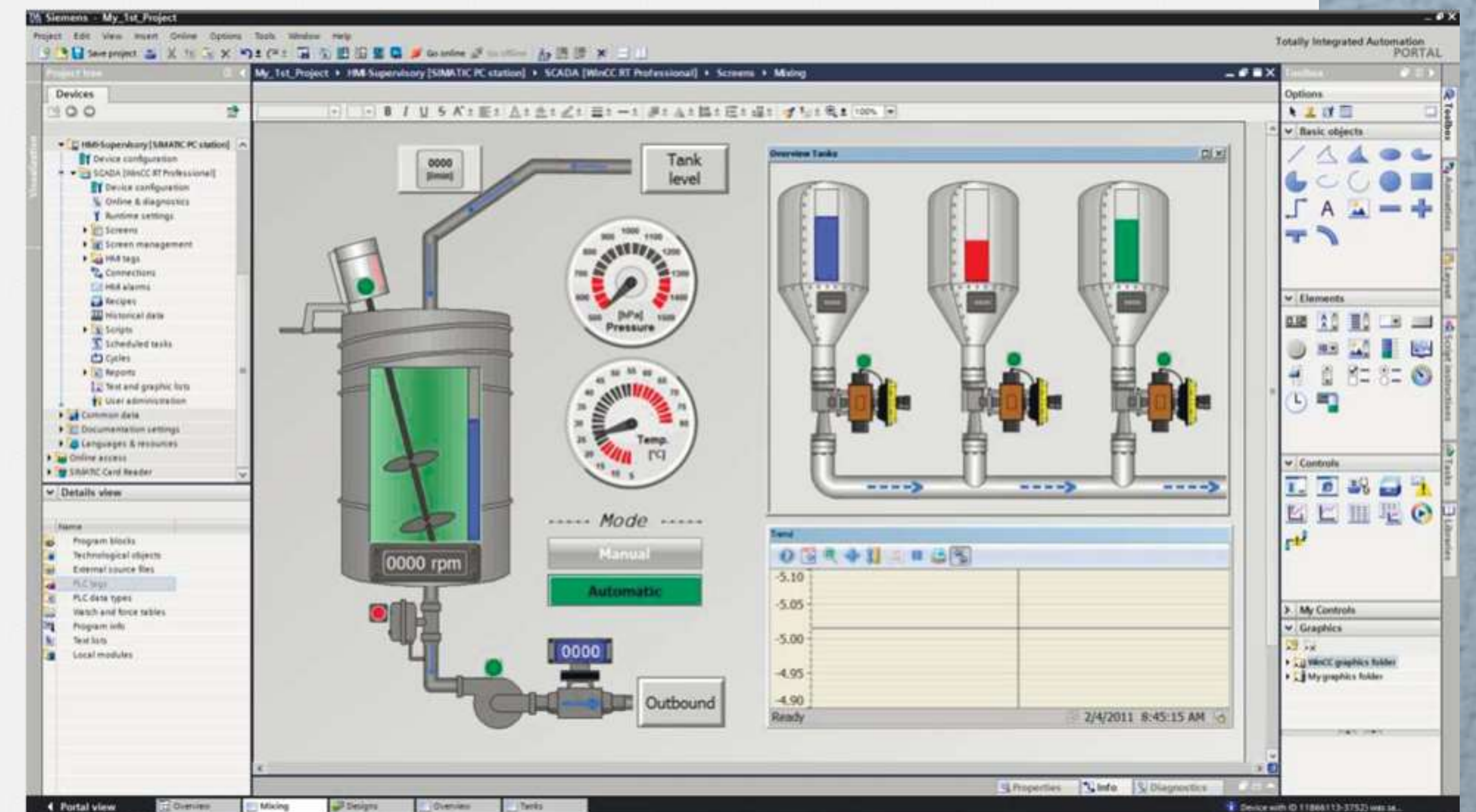
1. Провести аналіз систем ефективного управління енергоспоживанням металургійного підприємства, аналіз сучасних систем SCADA та (АСКОЕ).
2. Провести аналіз ефективності електроспоживання дільниці ад'юстажу прокатного цеху промислового підприємства.
3. Запропонувати заходи щодо модернізації системи автоматизації електроприводу технологічного обладнання.
4. Дати техніко-економічну оцінку запропонованих заходів.

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ СИСТЕМ SCADA

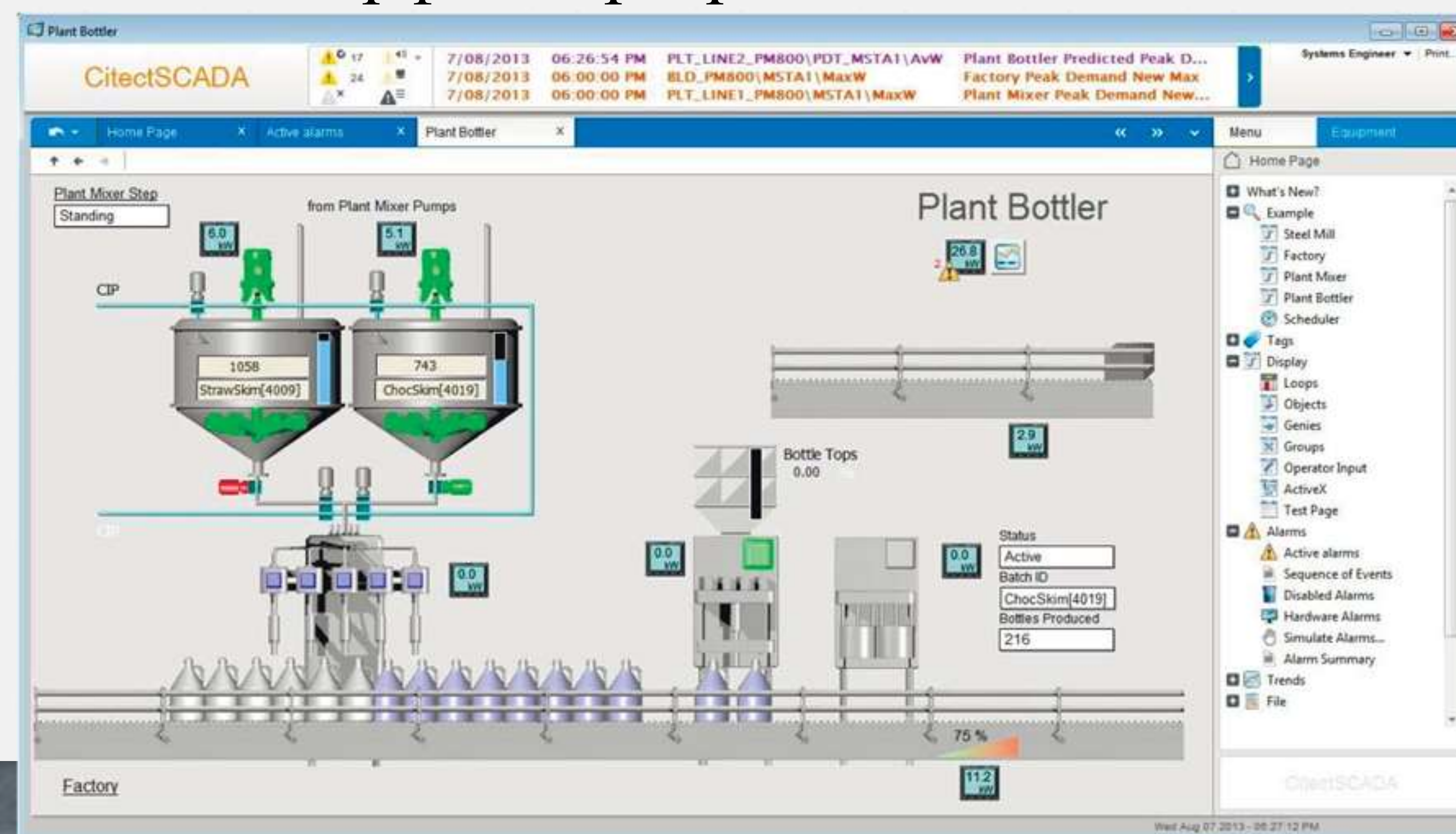
Інтерфейс програми MasterSCADA



Інтерфейс програми SIMATIC WinCC

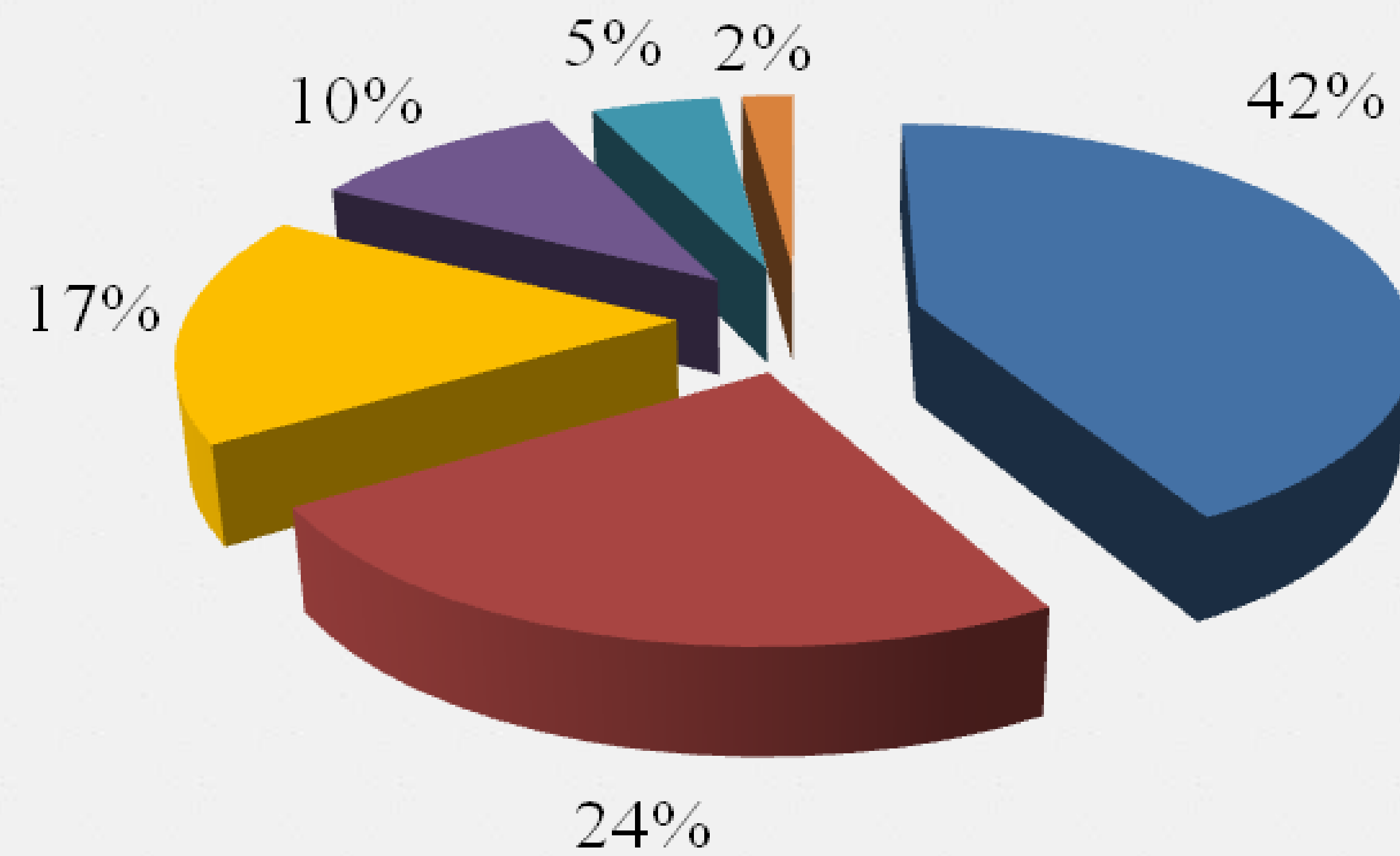


Інтерфейс програми CitectSCADA



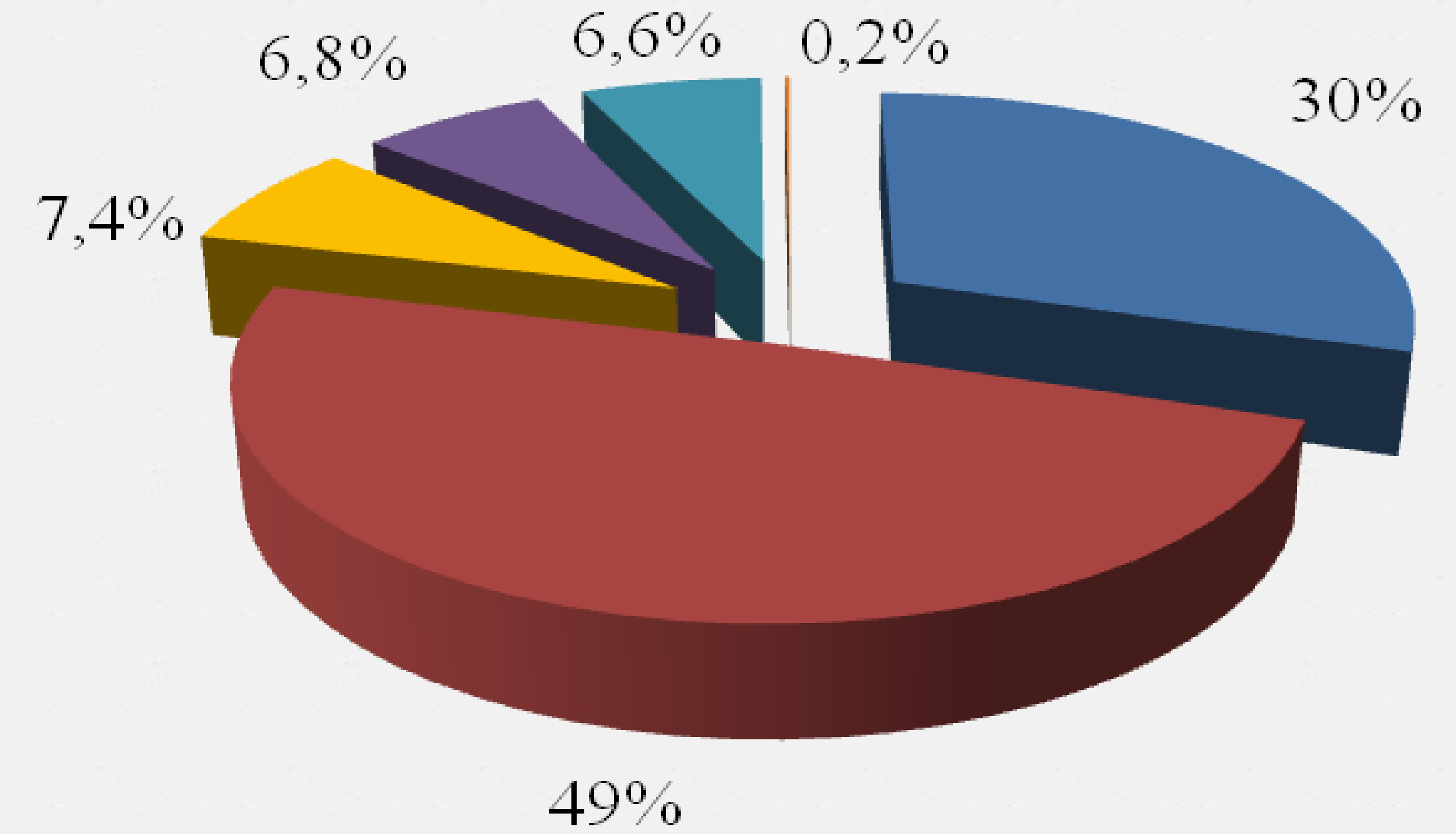
АНАЛІЗ СПОЖИВАННЯ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ ПРОКАТНИМ ЦЕХОМ

Структура споживання енергоресурсів



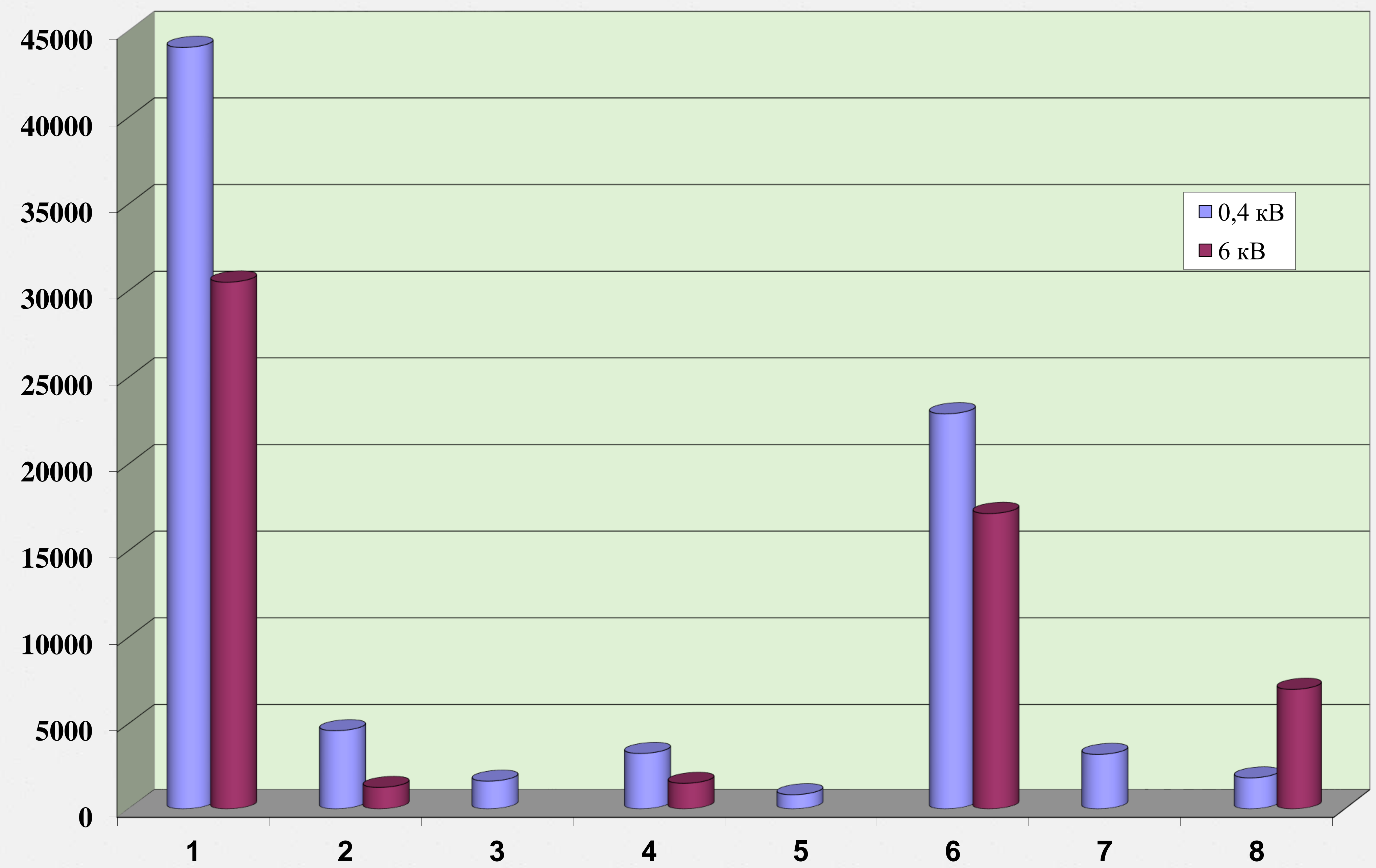
- - електрична енергія
- - природний газ
- - пара
- - технічна вода
- - повітря
- - кисень

Структура грошових витрат



- - електрична енергія
- - природний газ
- - пара
- - технічна вода
- - повітря
- - кисень

ДІАГРАМА ВСТАНОВЛЕНОЇ ПОТУЖНОСТІ СПОЖИВАЧІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ПЕРЕДІЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА ПрАТ «ДНІПРОСПЕЦСТАЛЬ»



1 – прокатний цех;

2 – ковальський цех;

3 – термічний цех;

4 – калібрувальний цех;

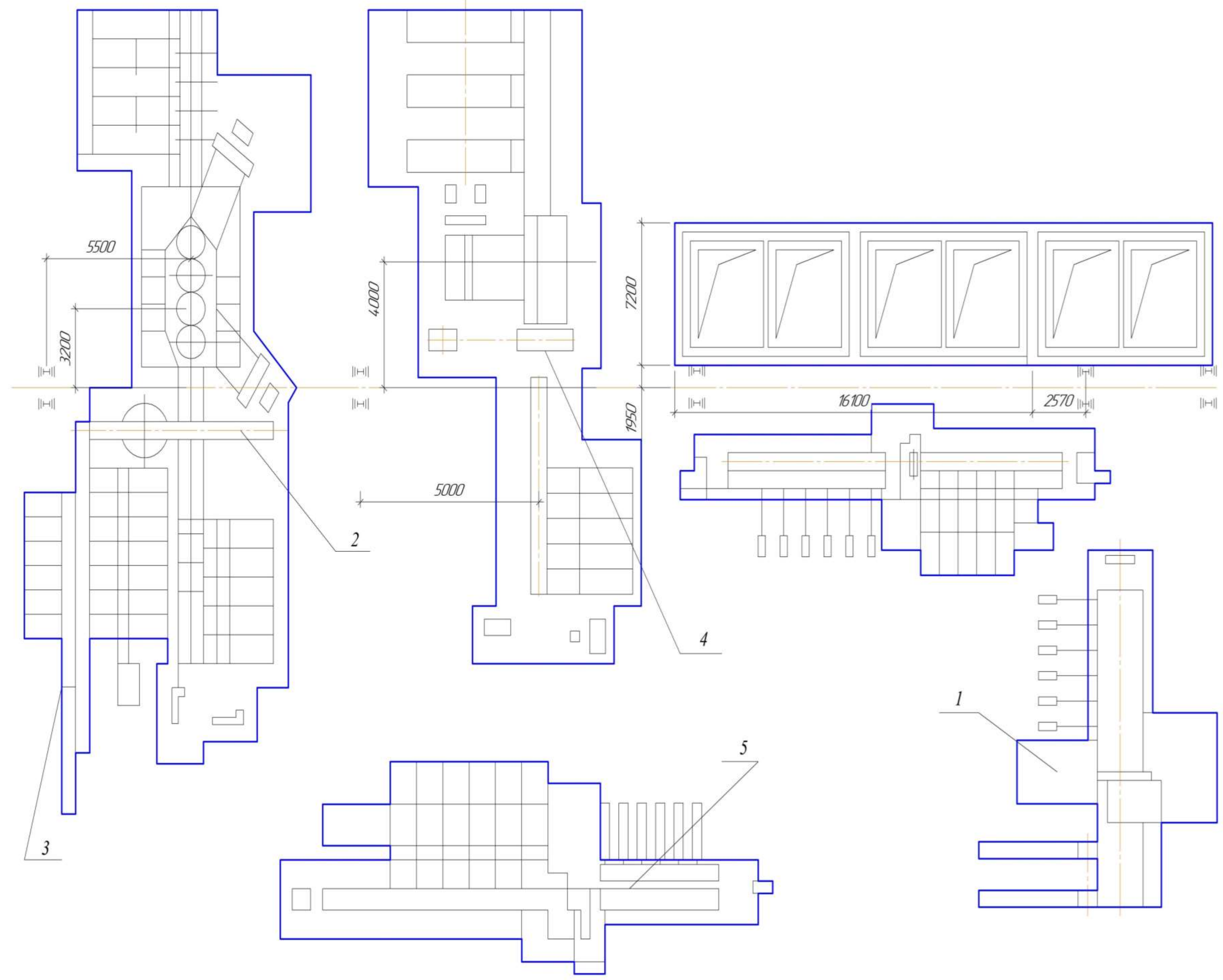
5 – відділ підготовки сирих матеріалів;

6 – енергосиловий цех;

7 – цех ад'юстажної обробки;

8 – ковальсько-пресовий цех.

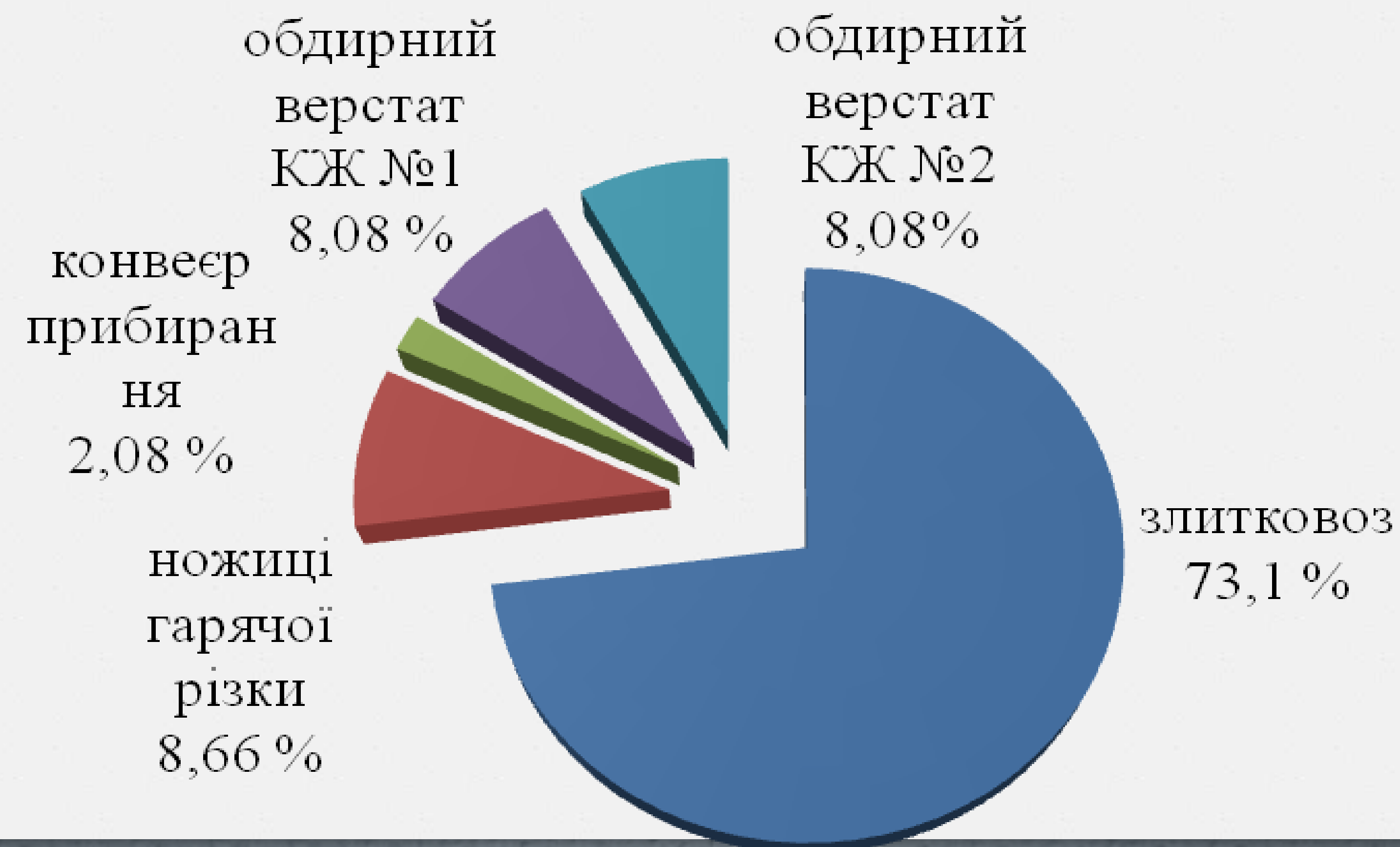
ОБЛАДНАННЯ АД'ЮСТАЖА СОРТОВИХ СТАНІВ



Код	Знак	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.
A1	1			Обдирний верстат КЖ №1	1
A1	2			Злитковоз	1
A1	3			Передаючий візок	1
A1	4			Ножиці гарячого різання	1
A1	5			Обдирний верстат КЖ №2	1

АНАЛІЗ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ НА АД'ЮСТАЖІ СОРТОВИХ СТАНІВ

Назва	Потужність, кВт	Час роботи, год	Споживання електричної енергії кВт · год	Споживання електричної енергії, %
Злитковоз	575	22	12650	73,10
Ножиці гарячої різки	125	12	1500	8,66
Конвеєр прибирання	30	12	360	2,08
Обдирний верстат КЖ1	175	16	1400	8,08
Обдирний верстат КЖ2	175	16	1400	8,08
Всього			17310	100



ЗАХОДИ ЩОДО СКОРОЧЕННЯ ВИТРАТ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ОБЛАДНАННЯМ АД'ЮСТАЖУ СОРТУВАЛЬНИХ СТАНІВ

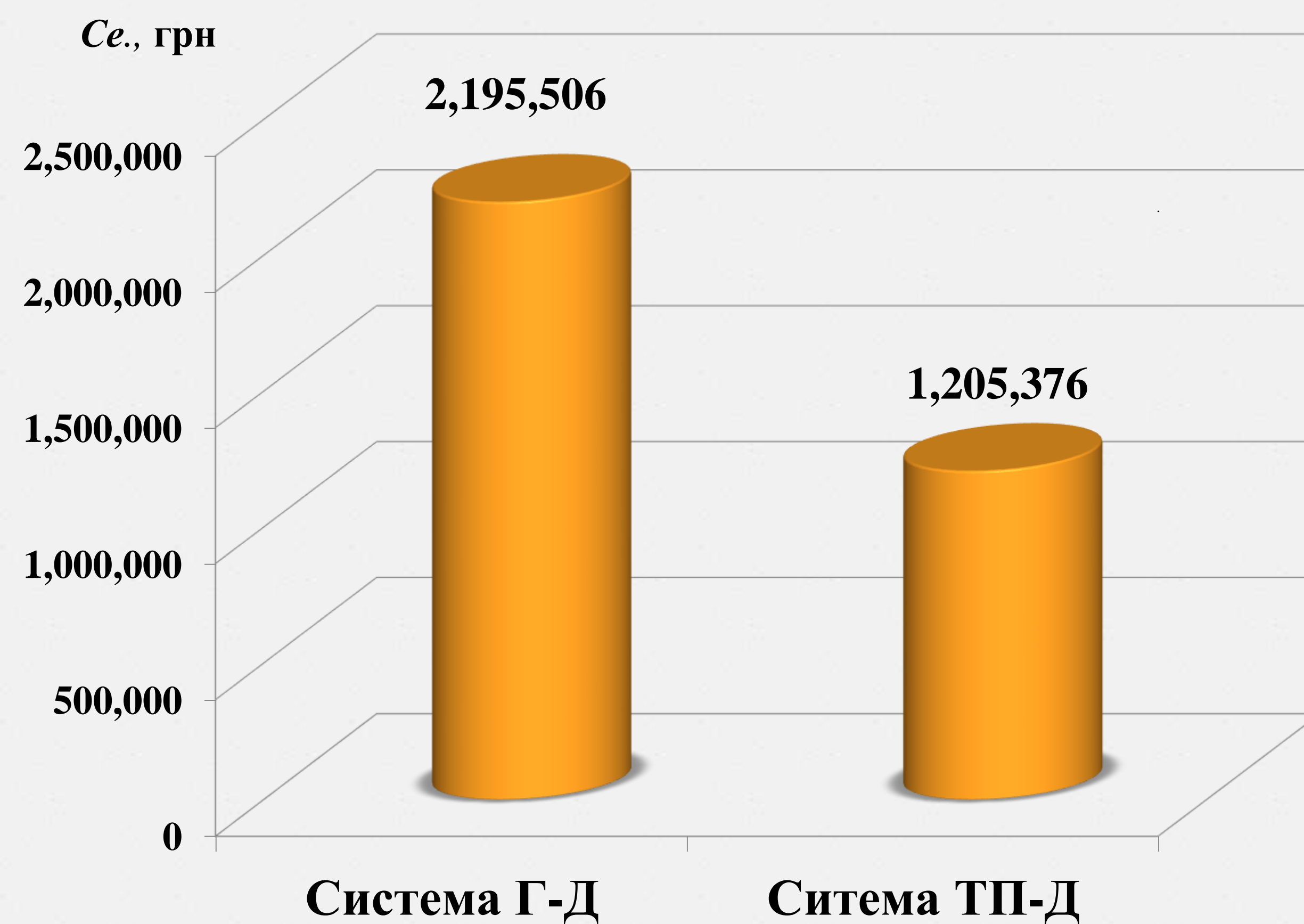
ТИРИСТОРНИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ ТИПУ ТКЕ-1000/220-532-1ВМД-УХЛ4

$I_{\text{ном}}, \text{А}$	1000
$U_{\text{ном}}, \text{В}$	220



ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ ЗАПРОПОНОВАНОГО ЗАХОДУ

ВИТРАТИ НА ЕЛЕКТРИЧНУ ЕНЕРГІЮ СИСТЕМА Г-Д ТА ТП-Д



ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАПРОПОНОВАНИХ ЗАХОДІВ

ПОКАЗНИКИ	ЗАХОДИ З ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ
ЕКОНОМІЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ЗА РІК В ГРОШОВОМУ ВИРАЖЕННІ, ГРН	1506720
КАПІТАЛЬНІ ВИТРАТИ НА ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАХОДУ, ГРН.	883213
ТЕРМІН ОКУПНОСТІ КАПІТАЛОВКЛАДЕНЬ, РОКИ	0,59

РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ НОЖИЦЯМИ ГАРЯЧОГО РІЗАННЯ

SINAMICS S120



Індуктивні датчики



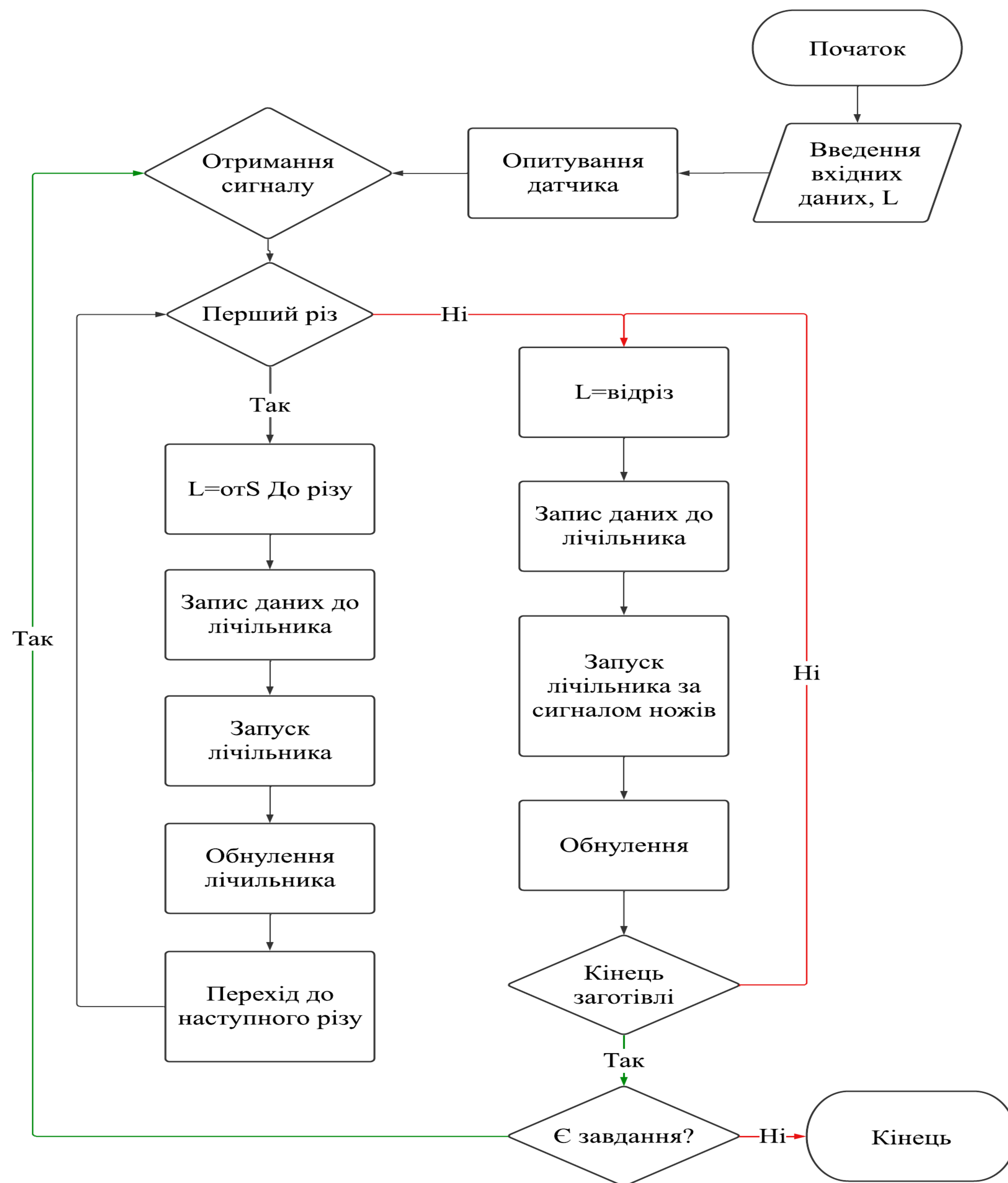
Модуль живлення



Активний інтерфейсний модуль

- розрахунок оптимального плану різання металу на мірні заготовки з мінімізацією відходів та числа заготовок некондиційних довжин;
- більш точне різання розкатів;
- зниження ймовірності технологічних помилок при різанні;
- підвищення точності обліку металу у цеху;
- контроль обладнання;
- покращення умов праці персоналу.

АЛГОРИТМ АВТОМАТИЗОВАНОЇ РОБОТИ НОЖИЦЬ ГАРЯЧОГО РІЗАННЯ



1. В ході кваліфікаційної роботи були розглянуті принципи системи ефективного управління енергоспоживанням металургійного підприємства, проведений аналіз сучасних систем SCADA як програмного комплексу, який забезпечує виконання необхідних функцій, а також інструментальних засобів для розробки цього програмного забезпечення. Також проведений аналіз впровадження на промислових підприємствах сучасних автоматизованих систем контролю, обліку та управління електроспоживанням (АСКОЕ) як ефективного шляху економії електричної енергії.

2. Проведений аналіз споживання енергоресурсів прокатного цеху ПраТ «Дніпроспецсталь» показав, що найбільше споживання припадає на електричну енергію (42%), істотним споживачем електричної енергії на ділянці ад'юстажа сортових станів є злитковоз із 73,1% споживання електричної енергії.

3. Запропоновані заходи щодо зменшення обсягів електроспоживання цехом, а саме: модернізацію системи автоматизації електроприводу злитковоза ад'юстажа сортових станів, виконано розрахунок витрат електропривода, що працює по системі Генератор-Двигун та Тиристорний перетворювач-Двигун. Розрахунки показали, що система ТП-Д значно ощадливіше системи Г-Д, економічний ефект склав 990130 грн.

4. Вибрано перетворювач ТКЕ-1000/220-532-1ВМД-УХЛ4. Після проведення розрахунків по установці перетворювача було виявлено, що економія буде дорівнювати 700800 кВт·год або 1506720 грн. на рік, а строк окупності буде дорівнюватися 0,59 року.

5. Розроблена SCADA- система управління гарячими ножицями для розрахунку оптимального плану різання металу на мірні заготовки з мінімізацією відходів та числа заготовок некондиційних довжин, виконано вибір обладнання (датчики виявлення металу, модуль живлення, активний інтерфейсний модуль). Розроблений алгоритм автоматизованої роботи ножиць гарячого різання.