

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Навчально – науковий інститут енергозбереження та енергоменеджменту
Кафедра автоматизації електротехнічних та мехатронних комплексів**

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

_____Сергій БОЙЧЕНКО

«__» _____ 20__ р.

**Дипломний проєкт
на здобуття ступеня бакалавра
за освітньо-професійною програмою
«Інжиніринг автоматизованих електротехнічних комплексів»
спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
на тему: «Електромеханічне обладнання та автоматизація процесу ізомеризації
компонентів із вторинної сировини»**

Виконала:

студентка IV курсу, групи ОА-11

Лівандовська Юлія Анатоліївна

Керівник:

професор зав. каф. Бойченко С. В.

Консультант з електричної частини:

к.т.н. доцент Мейта О. В.

Консультант з охорони праці:

к.т.н. доцент Мітюк Л. О.

Рецензент:

Нормоконтролер:

к.т.н. доцент Кулаковський Л. Я.

Засвідчую, що у цьому дипломному
проєкті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.
Студентка _____

Київ – 2025 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Навчально-науковий інститут енергозбереження та енергоменеджменту
Кафедра автоматизації електротехнічних та мехатронних комплексів

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Освітньо-професійна програма «Інжиніринг автоматизованих електротехнічних комплексів»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ Сергій БОЙЧЕНКО
«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ
на дипломний проєкт студентці
Лівандовській Юлії Анатоліївні

1. Тема проєкту «Електромеханічне обладнання та автоматизація процесу ізомеризації компонентів із вторинної сировини», керівник проєкту Бойченко Сергій Валерійович, завідувач кафедри, затверджені наказом по університету від «31» 0.5 2023 р. №2097-С
2. Термін подання студентом проєкту 09.06.2025
3. Вихідні дані до проєкту: -
4. Зміст пояснювальної записки:
 - Загальна характеристика і огляд сучасних технологій ізомеризації.
 - Розробка системи електропостачання цеху ізомеризації.
 - Автоматизація процесу ізомеризації та вибір компонентів системи.
 - Охорона праці та пожежна безпека.
5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо):

1 аркуш – Функціональна схема системи ізомеризації.

2 аркуш – Схема електропостачання цеху ізомеризації.

					ДП ОА11. 00.000 ПЗ	2
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 аркуш – Мнемосхема установки ізомеризації для SCADA системи.

4 аркуш – Монтажна схема автоматизації установки ізомеризації.

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
2 Електропостачання	к.т.н. доцент, Мейта О. В.		
4 Охорона праці	к.т.н. доцент, Мітюк Л. О.		

Календарний план

№ з/п	Найменування етапів виконання	Терміни виконання етапів	Примітка
1.	Вибір і затвердження тематики проєкту	20.01-20.03.2025 р.	
2.	Огляд джерел інформації (спеціальна, патентна, навчальна література) щодо технологічного процесу ізомеризації та підготовка 1-го розділу, а також оглядової статті	До 14.04.2025 р.	
3.	Опис схем електропостачання (електричної схеми установки, електромеханічного обладнання, системи автоматизації) в систему технології ізомеризації	До 14.04.2025 р.	
4.	Розрахунок силових компонентів електромеханічної системи, вибір комутаційної апаратури	До 21.04.2025 р.	
5.	Вибір вузлів автоматизації та проєктування схеми управління роботи установкою ізомеризації	До 21.04.2025 р.	
6.	Розроблення мнемосхеми схеми управління роботи установкою ізомеризації та усією системою	До 28.04.2025 р.	
7.	Оцінювання впливу (моделюванням можливо) роботи установки на ефективність та екологічність	До 05.05.2025 р.	
7.	Підготовка акту упровадження у навчальний та наукові процеси	До 05.05.2025 р.	
8.	Оформлення презентації, рецензування, верифікація на збіги	До 12.05.2025 р.	
9.	Представлення матеріалів на кафедрі	12.05.2025 р.	
10.	Попередній захист	21.05.2025 р.	
11.	Подання дисертації разом з пакетом документації до захисту секретарю ЕК	09.06.2025 р.	

Студентка

Юлія ЛІВАНДОВСЬКА

Керівник

Сергій БОЙЧЕНКО

					ДП ОА11. 00.000 ПЗ	3
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/П	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4	-	Завдання на дипломний проєкт	1	
2	A4	ДП ОА11. 00.000 ПЗ	Пояснювальна записка	70	
3	A1	ДП ОА11. 00.000 ФС	Функціональна схема системи ізомеризації	1	
4	A1	ДП ОА11. 00.000 СЕ	Схема електропостачання цеху ізомеризації	1	
5	A1	ДП ОА11. 00.000 МС	Мнемосхема установки ізомеризації для SCADA системи	1	
6	A1	ДП ОА11. 00.000 МН	Монтажна схема автоматизації установки ізомеризації	1	

					ДП ОА11. 00.000 ПЗ						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Відомість дипломного проєкту			Літ.	Аркуш	Аркушів	
Розроб.		Лівандовська Ю. А.									
Перевір.		Бойченко С. В.								4	
Реценз.								НТУУ "КПІ" ІЕЕ ОА-11			
Н. Контр.		Кулаковський Л. Я.									
Затверд.		Бойченко С. В.									

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПISКА

до дипломного проекту

на тему: «Електромеханічне обладнання та автоматизація процесу ізомеризації компонентів із вторинної сировини»

Київ – 2025 року

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ЕП – електроприймач;

ПЧ – перетворювач частоти;

ПЛК – програмований логічний контролер;

SCADA - Supervisory Control and Data Acquisition;

КЗ – коротке замикання;

ККД – коефіцієнт корисної дії.

					ДП ОА11. 00.000 ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломного проєкту складається з 4 розділів, пояснювальна записка містить 70 сторінок основного тексту. В основному тексті роботи наведено 6 ілюстрацій, 20 таблиць та 10 бібліографічних найменувань за переліком посилань.

Мета проєкту полягає у виборі електромеханічного обладнання для установки ізомеризації компонентів із вторинної сировини і вибору системи автоматизації даного технологічного процесу, для найбільш безпечної і ефективної роботи в умовах цеху.

Ключові слова: ізомеризація, вторинна сировина, автоматизація, ПЛК.

ABSTRACT

The explanatory note to the diploma project consists of 4 sections, the explanatory note contains 70 pages of the main text. The main text of the work contains 6 illustrations, 20 tables, and 10 bibliographic references.

The purpose of the project is to select electromechanical equipment for the isomerization unit of components from recycled materials and to select an automation system for this technological process for the safest and most efficient operation in the workshop conditions.

Keywords: isomerization, secondary raw materials, automation, PLC.

					ДП ОА11. 00.000 ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

ЗМІСТ

ВСТУП	10
1. ЗАГАЛЬНА ХАР-КА І ОГЛЯД СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ІЗОМЕРИЗАЦІЇ ..	12
1.1 Фізико-хімічні основи процесу ізомеризації	12
1.2 Класифікація методів та технологічних рішень	13
1.3 Каталітичні системи та їх ефективність	15
1.4 Автоматизація технологічних процесів ізомеризації	16
1.5 Екологічні аспекти та енергоефективність процесу ізомеризації	17
Висновки по розділу 1	19
2. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЦЕХУ ІЗОМЕРИЗАЦІЇ	21
2.1 Характеристика умов проектування та розподілу електричної енергії	21
2.2 Розрахунок електричного освітлення	21
2.3 Розрахунок електричних навантажень	24
2.4 Розрахунок електричних мереж	27
2.5 Розрахунок струмів КЗ	33
2.6 Вибір електричних апаратів	39
Висновки по розділу 2	43
3. АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ІЗОМЕРИЗАЦІЇ ТА ВИБІР КОМПОНЕНТІВ СИСТЕМИ	44
3.1 Загальні принципи автоматизації технологічного процесу	44
3.2 Вибір вузлів автоматизації	44
3.3 Розрахунок електромеханічних характеристик системи	45
3.4 Вибір обладнання для автоматизації процесу ізомеризації	47
Висновки по розділу 3	53

					ДП ОА11. 00.000 ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

4.	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА.....	55
4.1	Загальні положення охорони праці та пожежної безпеки у цеху ізомеризації 55	
4.2	Опис організаційних заходів безпеки для цеху ізомеризації.....	58
4.3	Застосування SCADA системи для підвищення безпеки об'єкту.....	61
4.4	Аналіз шкідливих та небезпечних чинників цеху ізомеризації.....	62
4.5	Електробезпека у цеху ізомеризації	64
4.6	Пожежна безпека у цеху ізомеризації	65
	Висновки по розділу 4	67
	ВИСНОВКИ.....	68
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	70

ВСТУП

У сучасному світі все більше уваги приділяється ефективному використанню ресурсів та впровадженню екологічно чистих технологій. Одним із ключових напрямів у цій сфері є застосування процесів ізомеризації для переробки вторинної сировини, що дозволяє отримати високоцінні компоненти з покращеними фізико-хімічними властивостями.

Ізомеризація є важливим процесом у нафтохімічній промисловості та органічному синтезі, оскільки дозволяє змінювати структуру молекул без суттєвої втрати маси та енергії. Автоматизація цього процесу забезпечує високу продуктивність, стабільність параметрів та мінімізацію людського втручання, що є критично важливим для промислових масштабів виробництва.

Дослідження електромеханічного обладнання для автоматизації процесу ізомеризації компонентів із вторинної сировини має велике значення, адже воно сприяє підвищенню ефективності та точності перетворень, а також дозволяє оптимізувати витрати енергоресурсів. Використання сучасних електромеханічних систем, включаючи приводи, сенсори та керуючі модулі, забезпечує можливість точного контролю технологічного процесу та його параметрів.

У контексті сучасних вимог до промислового виробництва особливу увагу приділяють автоматизації технологічних процесів, яка дозволяє забезпечити стабільну якість продукції та мінімізувати вплив людського фактору. Автоматизовані системи керування, побудовані на базі сучасних технологій, значно покращують точність і швидкість технологічних перетворень. Вони також відіграють ключову роль у забезпеченні безпеки виробництва, зменшуючи ризики, пов'язані з нестабільністю реакцій або неконтрольованими змінами параметрів процесу.

					ДП ОА11. 00.000 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Лівандовська Ю. А.			Електромеханічне обладнання та автоматизація процесу ізомеризації компонентів із вторинної сировини	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевір.		Бойченко С. В.					10	
Реценз.						НТУУ "КПІ" ІЕЕ ОА-11		
Н. Контр.		Кулаковський Л. Я.						
Затверд.		Бойченко С. В.						

Крім того, впровадження інноваційних рішень у сфері електромеханічного обладнання дозволяє розширити можливості використання вторинної сировини, що сприяє раціональному споживанню ресурсів та зниженню негативного впливу на навколишнє середовище. Завдяки точному моделюванню та керуванню процесами ізомеризації можна отримати продукти з заданими властивостями, необхідними для подальшого використання в промисловості.

Актуальність даної роботи зумовлена зростаючою потребою у впровадженні ефективних та екологічно чистих технологій у промисловості. Використання вторинної сировини є важливим напрямом у сучасному виробництві, оскільки сприяє раціональному використанню ресурсів та зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище. Автоматизація процесу ізомеризації дозволяє значно підвищити продуктивність і точність технологічних операцій, мінімізуючи енергетичні витрати та підвищуючи стабільність параметрів реакції. Впровадження сучасного електромеханічного обладнання у ці процеси є ключовим фактором у розвитку інноваційних рішень для хімічної та нафтохімічної промисловості, що забезпечує конкурентоспроможність виробництва та відповідність сучасним екологічним стандартам. Таким чином, дослідження електромеханічних систем для автоматизації ізомеризації має як технологічну, так і екологічну значущість, роблячи цю тему надзвичайно актуальною для наукових і промислових сфер.

Мета цієї дипломної роботи полягає у аналізі сучасних електромеханічних систем, що застосовуються для автоматизації процесу ізомеризації, та вивченні їхньої ефективності в умовах промислового виробництва, а також розробка технічного рішення для найбільш ефективної роботи таких електромеханічних систем. Визначення оптимальних технічних рішень дозволить створити передові технологічні підходи, які сприятимуть підвищенню продуктивності та екологічній стійкості підприємств.

					ДП ОА11. 00.000 ПЗ	11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА І ОГЛЯД СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ІЗОМЕРИЗАЦІЇ

1.1 Фізико-хімічні основи процесу ізомеризації

Ізомеризація є ключовим процесом у хімічній та нафтохімічній промисловості, оскільки дозволяє змінювати просторову або структурну конфігурацію молекул без зміни їхнього хімічного складу. Вона широко застосовується для покращення фізико-хімічних властивостей продуктів, підвищення їхньої ефективності у промислових і технологічних процесах, а також для отримання нових матеріалів із заданими характеристиками.

Процес ізомеризації базується на фундаментальних законах термодинаміки та кінетики, які визначають енергетичні параметри реакції та її рівноважний стан. Термодинамічні аспекти цього процесу залежать від природи вихідних речовин та умов проведення реакції: у деяких випадках він може бути ендотермічним, коли для протікання перетворення необхідно додатково вводити енергію, а іноді екзотермічним, коли енергія виділяється у процесі перебудови молекул. Важливу роль у стабільності та швидкості реакції відіграють параметри, такі як температура та тиск, оскільки вони впливають на рівноважний розподіл ізомерних форм та кінетику їхнього переходу.

Хімічні механізми ізомеризації включають різні типи перетворень, серед яких особливо важливими є просторові зміни конфігурації молекул та перегруповання атомів у їхній структурі. У промислових умовах ізомеризація часто проводиться з використанням каталізаторів, які значно знижують енергетичний бар'єр реакції та підвищують її селективність, дозволяючи отримати бажані продукти з максимальною ефективністю. Найпоширенішими каталізаторами є металеві системи на основі

					ДП ОА11. 00.000 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Лівандовська Ю. А.			Електромеханічне обладнання та автоматизація процесу ізомеризації компонентів із вторинної сировини	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевір.		Бойченко С. В.					12	
Реценз.						НТУУ "КПІ" ІЕЕ ОА-11		
Н. Контр.		Кулаковський Л. Я.						
Затверд.		Бойченко С. В.						

платини, молібдену або інших активних металів, здатних прискорювати процеси перебудови молекул при збереженні стабільності реакції.

Автоматизація процесу ізомеризації є важливим напрямом у сучасному виробництві, оскільки впровадження електромеханічних систем керування дозволяє забезпечити високу точність контролю параметрів, оптимізувати витрати енергоресурсів та стабілізувати продуктивність технологічних установок. Використання програмованих логічних контролерів (ПЛК) , сенсорних систем моніторингу та адаптивних алгоритмів управління дозволяє мінімізувати людський фактор та гарантувати безперервність процесу у промислових масштабах.

Екологічні аспекти процесу ізомеризації також відіграють значну роль у його застосуванні, оскільки цей метод дозволяє ефективно використовувати вторинну сировину, зменшуючи залежність від первинних ресурсів та сприяючи зниженню шкідливих викидів у навколишнє середовище. Використання сучасних енергоефективних технологій у поєднанні з автоматизацією виробничих процесів відкриває нові перспективи для раціонального використання ресурсів і вдосконалення технологічних рішень, що мають ключове значення для стабільного та екологічно безпечного промислового розвитку.

1.2 Класифікація методів та технологічних рішень

Ізомеризація є складним процесом, що може здійснюватися за різними технологічними схемами залежно від специфіки вихідної сировини, вимог до кінцевого продукту та умов промислової реалізації. Усі методи ізомеризації можна класифікувати за кількома критеріями: механізмом протікання реакції, видом каталізатора, фазовим станом реагентів та рівнем автоматизації процесу.

Залежно від механізму перетворення, процес ізомеризації може бути термічним, каталітичним або біохімічним. Термічна ізомеризація передбачає зміну структури молекул під дією високих температур без залучення каталізаторів, що часто використовується у виробництві вуглеводневих палив. Каталітична ізомеризація є

					ДП ОА11. 00.000 ПЗ	13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

найбільш розповсюдженим методом у нафтохімічній та хімічній промисловості, оскільки застосування каталізаторів дозволяє значно знизити енергетичний бар'єр реакції та підвищити її селективність. Каталізатори можуть бути гетерогенними (метали платинової групи, оксиди металів) або гомогенними (органічні та органометалічні сполуки). Біохімічна ізомеризація, хоч і менш поширена в промисловості, знаходить застосування у фармацевтичних дослідженнях, де ферменти здійснюють структурні перетворення органічних сполук.

За фазовим станом реагентів розрізняють газову, рідинну та твердотільну ізомеризацію. Газова ізомеризація характерна для нафтохімічних процесів, де реакція проходить у газовій фазі при високих температурах та тиску. У рідинній фазі ізомеризація використовується для виробництва складних органічних сполук, що потребують контрольованих умов і каталітичного впливу. Твердотільні процеси, що базуються на фазових перетвореннях у матеріалах, знаходять застосування у створенні спеціальних полімерів та композитів.

Автоматизація процесу ізомеризації також є важливим аспектом сучасних технологічних рішень. Високий рівень автоматизації дозволяє забезпечити стабільність параметрів, оптимальне використання ресурсів та мінімізацію впливу людського фактора. Використання цифрових систем контролю, програмованих логічних контролерів та сенсорних модулів дозволяє оперативно коригувати умови реакції, підвищуючи продуктивність і якість отриманого продукту.

Таким чином, класифікація методів та технологічних рішень процесу ізомеризації демонструє широкий спектр підходів до реалізації цього процесу у промислових умовах. Вибір конкретного методу залежить від технологічних вимог та характеристик вихідної сировини, а інтеграція сучасних електромеханічних систем керування сприяє вдосконаленню ефективності перетворень.

					ДП ОА11. 00.000 ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

1.3 Каталітичні системи та їх ефективність

Каталітичні системи відіграють ключову роль у процесі ізомеризації, оскільки дозволяють знизити енергетичний бар'єр реакції та забезпечити її селективність і швидкість. Застосування каталізаторів дає змогу отримувати необхідні ізомери з високою ефективністю, що особливо важливо у нафтохімічній, органічній та фармацевтичній промисловості.

Каталізатори, які використовуються в процесі ізомеризації, можна поділити на гетерогенні та гомогенні. Гетерогенні каталізатори, такі як метали платинової групи (Pt, Pd), молібденові та вольфрамові сполуки, забезпечують стабільність реакції та тривалий термін експлуатації. Вони працюють у твердому стані, що дозволяє ефективно контролювати параметри реакції та мінімізувати небажані побічні продукти. Гомогенні каталізатори, зокрема органометалічні комплекси, діють у рідинній фазі та забезпечують високу селективність, що критично важливо у тонкому органічному синтезі.

Ефективність каталізаторів визначається їхньою активністю, стабільністю та здатністю забезпечувати максимальне перетворення реагентів при мінімальних енергетичних витратах. Одним із ключових параметрів є селективність—здатність каталізатора спрямовувати реакцію на утворення конкретного ізомеру. Висока селективність дозволяє мінімізувати утворення небажаних побічних продуктів, що особливо важливо для промислових процесів із оптимізацією ресурсів.

Автоматизація процесів каталізу також є важливим аспектом сучасних технологічних рішень. Використання електромеханічних систем контролю дозволяє підтримувати необхідні параметри реакції, забезпечуючи стабільність роботи каталізатора та максимальну продуктивність процесу. Моніторинг реакційного середовища за допомогою сенсорних систем, програмованих логічних контролерів та адаптивних алгоритмів управління дозволяє оперативно коригувати параметри реакції, підвищуючи її ефективність та економічність.

					ДП ОА11. 00.000 ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Екологічні аспекти застосування каталізаторів також є важливими, оскільки сучасні розробки спрямовані на створення каталітичних систем, що мінімізують викиди шкідливих речовин та забезпечують можливість регенерації каталізаторів. Впровадження інноваційних технологій у сфері каталізу відкриває перспективи для підвищення ефективності процесу ізомеризації та вдосконалення технологічних рішень, що мають ключове значення для сталого розвитку промисловості.

1.4 Автоматизація технологічних процесів ізомеризації

Автоматизація є ключовим елементом сучасного промислового виробництва, оскільки забезпечує стабільність, точність та ефективність технологічних процесів. У випадку ізомеризації, яка є складним фізико-хімічним перетворенням, впровадження автоматизованих систем керування дозволяє значно підвищити продуктивність, оптимізувати витрати енергоресурсів та мінімізувати вплив людського фактора.

Сучасні технологічні установки для ізомеризації працюють у високотемпературних і високотискових режимах, що вимагає безперервного контролю параметрів процесу. Використання систем датчиків та сенсорних модулів дозволяє оперативно збирати дані про температуру, тиск, концентрацію реагентів та каталізаторів у реакційній зоні. Ці дані передаються до централізованих керуючих блоків, оснащених програмованими логічними контролерами (ПЛК), які аналізують інформацію в режимі реального часу та коригують параметри технологічного процесу відповідно до заданих умов.

Автоматизація також передбачає інтеграцію цифрових систем управління на базі SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), що дозволяє здійснювати моніторинг усіх стадій процесу та проводити аналітичну оцінку роботи установки. Завдяки таким технологіям оператори отримують доступ до детальних даних про ефективність реакцій, продуктивність каталітичних систем та потенційні відхилення від оптимального режиму роботи. Це сприяє своєчасному внесенню коригувань у

					ДП ОА11. 00.000 ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

процес, забезпечуючи високу селективність та мінімізуючи утворення побічних продуктів.

Окрему роль відіграє використання адаптивних алгоритмів керування, які застосовуються для динамічної оптимізації процесу. Наприклад, алгоритми машинного навчання та штучного інтелекту можуть аналізувати великі масиви даних та прогнозувати поведінку системи на основі історичних значень параметрів. Такі моделі дозволяють не лише автоматично регулювати параметри ізомеризації, а й прогнозувати можливі проблеми, що забезпечує безперервність виробництва та знижує ризики технологічних відхилень.

Економічні та екологічні аспекти автоматизації також відіграють важливу роль. Оптимізовані автоматизовані системи дозволяють значно скоротити енергетичні витрати шляхом точного регулювання температурного режиму та кількості використовуваних реагентів. Крім того, мінімізація шкідливих викидів та раціональне використання ресурсів сприяють екологічній стійкості виробництва, що є критично важливим у сучасних умовах посилення екологічного контролю.

Таким чином, автоматизація технологічного процесу ізомеризації є невід’ємною складовою ефективного виробництва, що поєднує високоточні керуючі системи, цифрові платформи моніторингу та інноваційні алгоритми управління для забезпечення максимальної продуктивності та стабільності технологічного процесу.

1.5 Екологічні аспекти та енергоефективність процесу ізомеризації

Процес ізомеризації є важливим не тільки з точки зору отримання продукції з покращеними характеристиками, але і з огляду на його вплив на навколишнє середовище та енергетичну ефективність. У сучасних промислових умовах все більше уваги приділяється розробці технологій, що зменшують шкідливі викиди, раціоналізують використання ресурсів та забезпечують оптимальне енергоспоживання.

					ДП ОА11. 00.000 ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Одним з основних екологічних викликів у процесі ізомеризації є контроль шкідливих викидів у атмосферу та мінімізація утворення побічних речовин. Традиційні технологічні схеми можуть спричиняти виділення оксидів азоту, вуглецю та інших речовин, які негативно впливають на довкілля. Для боротьби з цими факторами використовуються удосконалені каталітичні системи, що сприяють максимальному перетворенню сировини без утворення токсичних залишків. Крім того, застосування фільтраційних установок і газоочисного обладнання дозволяє ефективно нейтралізувати шкідливі компоненти перед їх потраплянням у навколишнє середовище.

Енергоефективність процесу ізомеризації є ще одним критично важливим аспектом промислового виробництва. Технологічні установки, що працюють при високих температурах, потребують значних енергетичних витрат, тому розробка сучасних енергозберігаючих методів є пріоритетним напрямом для науковців і інженерів. Впровадження рециркуляційних систем теплообміну, використання відновлюваних джерел енергії та оптимізація режимів роботи установки дозволяють суттєво знизити загальні витрати енергоресурсів.

Додатково слід зазначити, що автоматизація процесу ізомеризації також сприяє покращенню екологічних характеристик та енергоефективності. Завдяки інтеграції сучасних електромеханічних систем керування можливе точне регулювання параметрів процесу, що мінімізує перевитрати енергії та скорочує шкідливі викиди. Використання програмованих логічних контролерів та інтелектуальних систем аналізу даних дозволяє прогнозувати роботу установки та оперативно коригувати технологічні режими, що значно покращує загальну екологічну стабільність виробництва.

Таким чином, екологічні аспекти та енергоефективність процесу ізомеризації відіграють ключову роль у сучасних технологічних рішеннях. Рациональне використання енергетичних ресурсів, впровадження чистих технологій та

					ДП ОА11. 00.000 ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

автоматизація управління дозволяють знизити негативний вплив на довкілля та забезпечити стабільність і надійність виробництва.

Висновки по розділу 1

Дослідження процесу ізомеризації компонентів із вторинної сировини та впровадження його автоматизації має значний технологічний та екологічний потенціал. В ході роботи було проаналізовано фізико-хімічні основи процесу, що дозволило детально розглянути механізми структурних перетворень молекул, їх термодинамічні особливості та енергетичні аспекти реакції.

Класифікація методів ізомеризації продемонструвала широкий спектр технологічних рішень, які можуть бути реалізовані в промислових умовах. Встановлено, що застосування каталітичних систем є найбільш ефективним способом проведення процесу, оскільки дозволяє значно знизити енергетичні витрати та забезпечити високу селективність реакції. Відповідний аналіз сучасних каталізаторів засвідчив їхню важливу роль у забезпеченні стабільності та продуктивності процесу.

Автоматизація технологічних процесів ізомеризації була визначена як один із ключових напрямів розвитку сучасного виробництва, що дозволяє мінімізувати втручання людини, стабілізувати параметри реакції та підвищити продуктивність технологічних установок. Використання електромеханічних систем контролю, сенсорних модулів та адаптивних алгоритмів управління сприяє оптимізації виробництва, зменшуючи технологічні ризики та енергетичні втрати.

Окрему увагу було приділено екологічним аспектам та енергоефективності процесу. Встановлено, що сучасні підходи до раціонального використання ресурсів та зниження шкідливих викидів мають вирішальне значення для екологічної стійкості виробництва. Впровадження технологій фільтрації, газоочисних систем, а також оптимізація енергоспоживання через використання рециркуляційних установок та відновлюваних джерел енергії дозволяє значно зменшити негативний вплив на довкілля.

					ДП ОА11. 00.000 ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Таким чином, комплексне дослідження процесу ізомеризації, його автоматизації та впливу на навколишнє середовище демонструє перспективність впровадження сучасних технологій та оптимізаційних рішень. Використання електромеханічних систем у поєднанні з новітніми каталітичними матеріалами та екологічно орієнтованими підходами забезпечує можливість підвищення ефективності виробництва та його стійкості в умовах сучасних індустріальних викликів.

					ДП ОА11. 00.000 ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

2. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ЦЕХУ ІЗОМЕРІЗАЦІЇ

2.1 Характеристика умов проектування та розподілу електричної енергії

Технологічною особливістю умов проектування цеху з виробництва екологічно безпечних (реформульованих) авіаційних бензинів є обмежена кількість електрифікованого обладнання. Для забезпечення технологічного процесу використовується таке електричне устаткування таблиця 2.1.

Таблиця 2.1 – Розрахункові параметри споживачів цеху з виробництва палив

№	Споживач	P_H , кВт	n	K_{Σ}	η_H	$\cos\varphi$
Збірка №1						
1	Система вентиляції	1,5	1	0,83	-	0,60
2	Насоси циркуляційні	1,1	5	0,65	-	0,85
3	Насоси охолодження	0,11	3	0,7	-	0,8
4	Подрібнювач	2	1	0,65	-	0,85

Живлення даного обладнання відбувається від мережі 0.4 кВ від сухого трансформатора типу ТСЗ.

2.2 Розрахунок електричного освітлення

Ефективне освітлення підприємств поліпшує умови праці, сприяє підвищенню продуктивності праці і знижує травматизм. Найважливішими задачами при вирішенні проблеми освітлення підприємств, поряд з економічністю, є: створення необхідного рівня освітленості на робочих місцях відповідно до нормативних вимог, відсутність осліплюючої дії джерел світла, глибоких коливань світлового потоку і різких тіней; забезпечення нормального відтворення кольору об'єктів; використання мінімальної кількості освітлювальних установок; простота, компактність, надійність і мобільність установок.

					ДП ОА11. 00.000 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Лівандовська Ю. А.			Електромеханічне обладнання та автоматизація процесу ізомеризації компонентів із вторинної сировини	Літ.	Аркуш
Перевір.		Бойченко С. В.					21
Реценз.						НТУУ "КПІ" ІЕЕ ОА-11	
Н. Контр.		Кулаковський Л. Я.					
Затверд.		Бойченко С. В.					

2.2.1 Розрахунок освітлення приміщення методом використання світлового потоку

Вхідними умовами для розрахунку методом коефіцієнта світлового потоку є розміри приміщення насосної цеху – 7х5 м.

Приймаємо, згідно з рекомендаціями проектування: висота підвісу світильника $h = 3$ м. Нормована освітленість приміщення $E_H = 10$ лк, стеля та стіни світло-сірі.

Метод враховує не тільки потік, який падає на робочу поверхню безпосередньо від світильника, але й потік, відбитий від стін та стелі, за рахунок введення коефіцієнта використання освітлювальної установки. Останній залежить від кольору стін і стелі, розмірів приміщення. Приймаємо тип світильника як в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Параметри обраного світильника (одноламповий)

Тип світильника	Тип лампи	Напруга, U, В	Потужність, Рл, Вт	Світловий потік, $F_{\text{л}}$, лм	Коефіцієнт потужності, $\cos \varphi$	ККД %
ППР-100	A-12-4200-E27	220	12	1500	0,65	95

Розраховуємо показник приміщення за формулою (2.1):

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} \quad (2.1)$$

де A і B - довжина та ширина освітлюваного приміщення, м;

h - висота підвісу світильника над робочою поверхнею, м.

$$i = \frac{7 \cdot 5}{3 \cdot (7 + 5)} = 0,97$$

Розраховуємо площу приміщення, враховуючи його прямокутну форму:

$$S = A \cdot B = 7 \cdot 5 = 35 \text{ м}^2$$

Мінімальна освітленість по нормах приймається в залежності від умов проектування. Для приміщення заданого типу:

$$E_{\min} = E_H = 10 \text{ лк};$$

					ДП ОА11. 00.000 ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Коефіцієнт використання при індексі приміщення $i = 0,97$ (округлюємо до значення 1 для сірого кольору стелі та сірого кольору стін визначаємо з довідкової літератури [4] і згідно неї приймаємо $K_B = 0,28$;

Розраховуємо загальний світловий потік, потрібний для забезпечення необхідної освітленості за формулою (2.2):

$$F = \frac{K_3 \cdot E_{\min} \cdot S \cdot z}{K_B} \quad (2.2)$$

де K_3 - коефіцієнт запасу, який враховує старіння ламп та заповищеність їхніх ковпаків, $K_3 = 1,3 \dots 1,5$ для ламп розжарювання, $K_3 = 1,5 \dots 2,0$ для люмінесцентних ламп (приймаємо 1,3);

z - коефіцієнт нерівномірності освітлення (приймаємо 1,3).

$$F = \frac{1,5 \cdot 10 \cdot 35 \cdot 1,3}{0,28} = 2438 \text{ лм};$$

Обчислюємо потрібну кількість ламп за формулою (2.3):

$$N = \frac{F}{F_{\text{л}}} \quad (2.3)$$

$$N = \frac{2438}{1500} = 1,6;$$

Приймаємо $N = 2$ шт.

Для рівномірного освітлення приміщення розташуємо світильники так, що відстань між світильниками була однакою в ряду, а відстань між крайніми світильниками і стіною дорівнював половині відстані між світильниками.

Розташовуємо 1 ряд по 2 світильників. Відстань між світильниками в ряду – 3 м, між рядами – 2,5 м.

Необхідну на освітлення приміщення світильниками потужність розраховуємо аналогічно точковому методу, використовуючи формулу (2.4).

$$P_{\text{ро}} = N \cdot P_{\text{л}} \quad (2.4)$$

					ДП ОА11. 00.000 ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

$$P_{po} = 2 \cdot 12 = 24 \text{ Вт};$$

Напруга живлення світильників 220-230 В, тому освітлювальний трансформатор не потрібний. Оскільки активна потужність споживання становить 0,024 кВт, то освітлення буде житись від тої самої лінії, що і додаткове обладнання приміщення цеху. Захист від струмів КЗ і перевантаження буде виконано автоматичним вимикачем.

2.3 Розрахунок електричних навантажень

Розрахунок навантажень методом коефіцієнта попиту проводиться від нижчих рівнів напруги до вищих, об'єднуючи електроприймачі у збірки (вузли). Згідно з заданою інформацією щодо споживачів приміщення ремонтно-механічного цеху будується спрощена розрахункова схема електропостачання (рис.2.1).

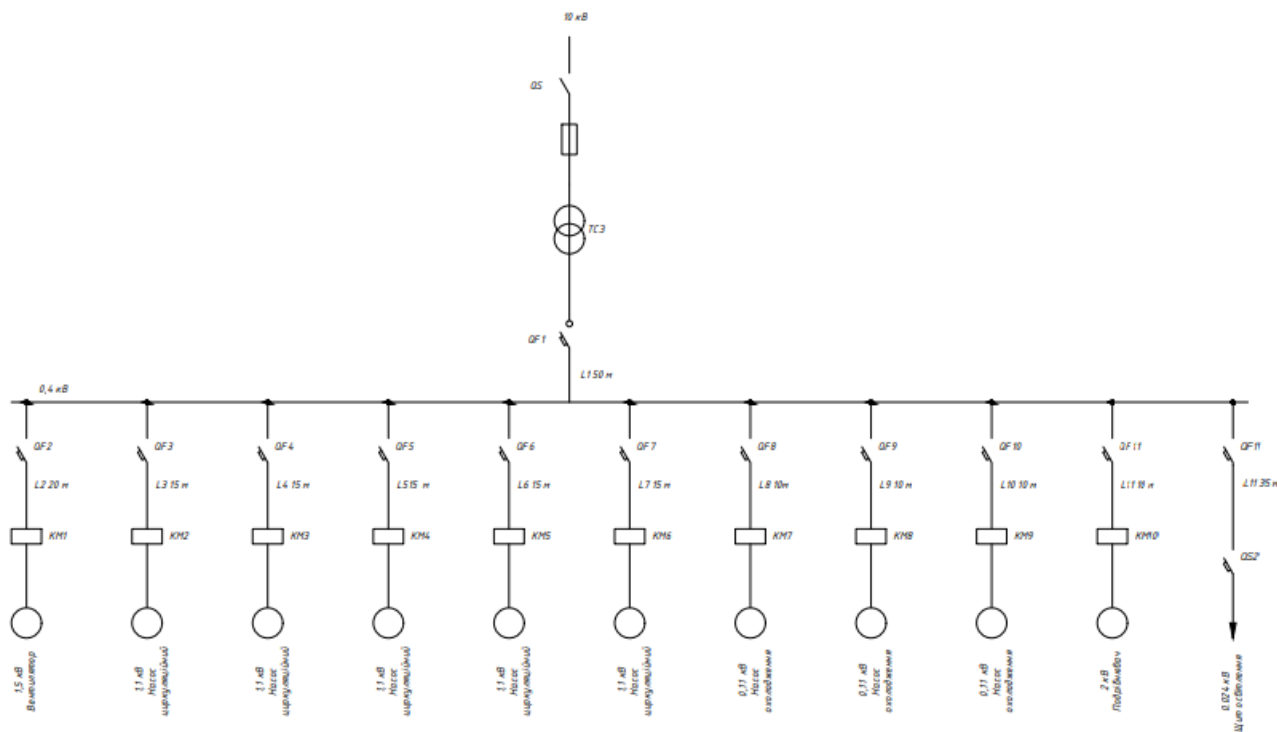


Рисунок 2.1 – Спрощена розрахункова схема електропостачання

Згідно рис. 2.1 формується таблиця зі збірками в які входять споживачі та їх розрахункові параметри.

Таблиця 2.3 – Розрахункові параметри споживачів цеху з виробництва палив

№	Споживач	P_H , кВт	n	K_{Π}	η_H	$\cos\varphi$
Збірка №1						
1	Система вентиляції	1,5	1	0,83	-	0,60
2	Насоси циркуляційні	1,1	5	0,65	-	0,85
3	Насоси охолодження	0,11	3	0,7	-	0,8
4	Подрібнювач	2	1	0,65		0,85

Визначаємо розрахункове активне навантаження P_p для електроприймачів за формулою (2.5).

$$P_p = K_{\Pi} \cdot \sum_i^n P_{H.i.} \quad (2.5)$$

$$P_{p1} = K_{\Pi 1} \cdot P_{H1} = 0,83 \cdot 1,5 = 1,2 \text{ кВт};$$

Інші споживачі розраховуються аналогічно. Результати обчислень будуть занесені до табл. 2.6.

Розрахуємо коефіцієнт реактивної потужності кожного споживача за формулою (2.6)

$$\operatorname{tg}\varphi_H = \operatorname{tg}(\arccos(\cos\varphi_H)) \quad (2.6)$$

$$\operatorname{tg}\varphi_{H1.1} = \operatorname{tg}(\arccos(0,6)) = 1,33;$$

За формулою (2.7) визначаємо розрахункове реактивне навантаження Q_p для кожного електроприймача.

$$Q_p = P_p \cdot \tan \varphi_p \quad (2.7)$$

$$Q_{p1} = P_{p1} \cdot \tan \varphi_{p1} = 1,2 \cdot 1,33 = 1,7 \text{ кВАр};$$

Розрахункові активна і реактивна потужність будуть сумою розрахункових потужностей окремих елементів. Приймаємо коефіцієнт одночасності на даній ділянці: $K_{\text{одн}} = 0,9$

Розрахункові активна і реактивна потужність будуть сумою розрахункових потужностей окремих елементів. Приймаємо коефіцієнт одночасності на даній ділянці: $K_{\text{одн}} = 0,9$

$$P_p = \sum_i^n P_{pi} = 1,7 + 3,6 + 0,2 + 1,3 = 6,4 \text{ кВт};$$

$$Q_p = \sum_i^n Q_{pi} = 1,7 + 2,2 + 0,2 + 0,8 = 4,9 \text{ кВАр};$$

$$S_p = K_{\text{одн}} \cdot \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} = 0,9 \cdot \sqrt{6,4^2 + 4,9^2} = 7,2 \text{ кВА};$$

Дані заносим до таблиці 2.6.

При роботі устаткування від трансформатора розрахункові значення активної, реактивної потужності становитимуть:

$$P_{pzб} = P_{pi} + P_{\text{росв}} = 6,4 + 0,028 = 6,4 \text{ кВт};$$

$$Q_{pzб} = Q_{pi} + Q_{\text{росв}} = 4,9 + 0,033 = 4,9 \text{ кВАр};$$

$$S_{pzб} = K_{\text{одн}} \cdot \sqrt{P_{pzб}^2 + Q_{pzб}^2} = 0,9 \cdot \sqrt{6,4^2 + 4,9^2} = 7,2 \text{ кВА};$$

Визначаємо трансформатор ТП 0,66/0,4 кВ для збірки №1 згідно заданої потужності та сфери застосування, $U_{\text{номВН}} = 0,66 \text{ кВт}$, а $U_{\text{номНН}} = 0,4 \text{ кВ}$. Обираємо трансформатор ТСЗ-10/0,66.

Таблиця 2.4 – Параметри трансформатора збірки №1

Тип	Номинальна потужність, $S_{\text{ном}}$, кВА	Номинальні напруги, кВ		Втрати потужності XX, P_x , кВт	Втрати потужності КЗ, P_k , кВт	Струм XX I_x , %	Напруга КЗ, U_k %
		ВН (Y)	НН (Δ)				
ТСЗ-10/0,66	10	0,66	0,4	0,09	0,28	7	4,5

Розрахунок втрат активної та реактивної потужності в трансформаторі марки ТСЗ-10/0,66:

$$\Delta P_{T1} = 0,02 \cdot S_{\text{ном.Т}} = 0,02 \cdot 10 = 0,2 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q_{T1} = 0,1 \cdot S_{\text{ном.Т}} = 0,1 \cdot 10 = 1 \text{ кВАр};$$

Таблиця 2.5 – Розрахунок електричних навантажень

Вхідні данні									Розрахунок			
№	Електро- приймачі	двигун	P _н , кВт	n	ΣP _н , кВт	КП	ККД, η _н	cosφ _н	tgφ _н	P _p , кВт	Q _p , кВАр	S _p , кВА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
ТП 0,6/04 кВ Трансформатор ТСЗ-10/0,66 Код =0.9												
Збірка №1												
1	Система вентиляції	-	1,5	1	2	0,83	-	0,6	1,33	1,2	1,7	2,08
2	Насоси циркуляційні	-	1,1	5	6	0,65	-	0,85	0,62	3,6	2,2	4,21
3	Насоси охолодження	-	0,11	3	0	0,7	-	0,8	0,75	0,2	0,2	0,29
4	Подрібноувач	-	2	1	2	0,65	-	0,85	0,62	1,3	0,8	1,53
5	Всього по збірці №1									6,4	4,9	7,2
6	Освітлення									0,028	0,033	0,043
7	Сумарне потужність збірка №1+ освітлення цеху та насосної									6,4	4,9	7,2
8	Втрати в трансформаторі ТСЗ-10/0,66									0,2	1	1

2.4 Розрахунок електричних мереж

2.4.1 Основні відомості

Перед вибором перетинів проводів і жил кабелів ЛЕП необхідно скласти схему електропостачання цеху з наведенням довжини всіх елементів мережі СЕП.

При виборі КЛ слід враховувати, що в будівлях цеху, усе обладнання встановлено стаціонарно для зменшення вібрацій та кабельні лінії напругою до 1000 В розраховують за втратами напруги і перевіряють за умовами нагрівання та економічній щільності струму при тривалості використання максимуму навантаження понад 4000...5000 г/рік. Крім того, погоджують перетин проводів із захистом ЛЕП, а мережу перевіряють на відключення мінімальних значень струмів КЗ релейним захистом.

2.4.2 Розрахунок струмів навантаження групи електроприймачів

При виборі перетинів проводів і жил кабелів розрахунковий струм навантаження групи електроприймачів визначається за формулою (2.8).

$$I_P = \frac{S_P}{\sqrt{3} \cdot U_H} \quad (2.8)$$

де S_P – розрахункове навантаження групи споживачів, кВА;

U_H – напруга мережі, кВ.

Розрахунковий струм низьковольтних споживачів комплексу:

$$I_{P1} = \frac{S_{P1}}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{2,1}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 3 \text{ A};$$

Розрахунковий струм збірки обраховується аналогічно:

Споживачі низької напруги:

$$I_{P1} = \frac{S_{P1}}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{7,2}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 10,4 \text{ A};$$

Аналогічно розраховуємо решту ЕП та заносимо дані в табл. 2.6.

Таблиця 2.6 – Дані параметри для розрахунку ліній

Споживач	№ лінії	Довжина лінії, м	Тип лінії	Потужність, що передається лінією, кВт	cosφ	ККД	Розрах. робочий струм лінії I_p , А
1	2	3	4	5	6	7	8
Споживачі низької напруги 0,4 кВ							
Збірка №1							
Система вентиляції	L2	20	КЛ	2,1	0,6	-	3,0
Насоси циркуляційні	L3-7	15		0,8	0,85	-	1,2
Насоси охолодження	L8-10	10	КЛ	0,1	0,8	-	0,1
Подрібноувач	L11	10		1,5	0,85	-	2,2
Ввідний кабель збірки	L1	50	КЛ	7,2	0,0		10,4
Освітлення							
Освітлення	L12	35	КЛ	0,024	1	0,9	0,1

2.4.3 Вибір перетину провідників і жил кабелів за нагрівом

Вибір перерізу проводів повітряних ліній та жил кабелів за нагрівом розрахунковим (робочим) струмом в нормальному тривалому режимі роботи полягає в порівнянні розрахункового струму і-ї лінії з допустимим струмом, для якого ПУЕ рекомендує стандартні значення перерізів проводів КЛ та жил кабелів, за умови

$$I_p \leq I_{\text{доп}}$$

де I_p - розрахунковий (або робочий) струм і-ї лінії, А;

$I_{\text{доп}}$ - тривало-допустимі струми для стандартного ряду перерізів провідника ліній.

Слід зауважити, що при проектуванні мереж враховуються умови прокладки кабелю, сферу його застосування і допустимий рівень напруги. Вважається що прокладна кабелю в цеху – в повітрі. Результати вибору заносяться до табл. 2.7.

Таблиця 2.7 – Вибір перетину провідників за допустимим нагрівом

Лінія	I_p, A	$I_{доп}, A$	$S_{нагр}, мм^2$	Марка
1	2	3	4	5
L2	3,0	19	2,5	АВВГ
L3-7	1,2	19	2,5	АВВГ
L8-10	0,1	19	2,5	АВВГ
L11	2,2	19	2,5	АВВГ
L1	10.4	19	2,5	АВВГ
L12	0.1	19	2,5	АВВГ

2.4.4 Розрахунок електричної мережі за економічною густиною струму

Вибір економічно доцільного перерізу провідників КЛ і ПЛ, що рекомендують ПВЕ, виконують за економічною густиною струму в залежності від матеріалу провідника та кількості годин використання максимуму навантаження, а для кабелів, крім того, і від матеріалу ізоляції.

Величина економічного перерізу визначається розрахунковим струмом і-ї лінії та економічною густиною струму.

Приймаємо $T_M = 4500$ год/рік, при двозмінній роботі

Економічна густина струму $J_{ЕК}$ (А/мм²) при T_M (год/рік):

Кабелі полівінілхлоридною ізоляцією з алюмінієвими жилами (АВВГ): $J_{ЕК} = 1,4$ А/мм²

Розраховуємо переріз провідників за формулою (2.9).

$$S'_{ЕК} = \frac{I_p}{J_{ЕК}} \quad (2.9)$$

де I_p - розрахунковий струм, А;

$j_{ЕК}$ - економічна густина струму, А/ мм².

Метод поширений завдяки своїй простоті і дозволяє приблизно оцінити економічну доцільність, оскільки не враховує ціну електроенергії. У випадку пошуку економічних резервів мережі застосовуються більш точні розрахунки.

Для ізолюваних проводів з перерізом жил більш 16 мм², рекомендується збільшувати економічну густину струму на 40%. Величина розрахункового економічного перерізу округлюється до найближчого меншого стандартного перерізу і отримуємо фактичну величину економічного перерізу (табл. 2.8):

$$S'_{\text{ек}} = \frac{10.4}{1.4 \cdot 1.4} = 5,3 \text{ мм}^2$$

$$S_{\text{ек1}} = 4 \text{ мм}^2;$$

Таблиця 2.8 - Розрахунок за економічною густиною струму

Лінія	I_p , А	$J_{\text{ек}}$, А/мм ²	$S'_{\text{ек2}}$, мм ²	$S_{\text{ек}}$ мм ²
L2	3,0	1,4	1,5	2,5
L3-7	1,2	1,4	0,6	2,5
L8-10	0,1	1,4	0,1	2,5
L11	2,2	1,4	1,1	2,5
L1	10.4	1,4	5,3	2,5
L12	0.1	1,4	0.1	4

2.4.5 Розрахунок електричної мережі за допустимими втратами напруги

Обраний перетин провідників ЛЕП повинен відповідати як економічним, так і технічним вимогам, у тому числі й умовам забезпечення споживачів електроенергією необхідної якості. Тому електрична мережа повинна бути вибрана або перевірена на припустиму втрату напруги.

Для низьковольтних електроприймачів (до 1 кВ) – втрати напруги у вольтах. Ділянка мережі низької напруги складається з трансформатора (або трансформаторної підстанції) та кабелів (магістральні, відгалужувальні, гнучкі), які з'єднують трансформатор та електроприймач. Величину втрат напруги для мережі до 1 кВ приймають рівною 39В, 63В, 117В)– відповідно при U_H мережі 380В, 660В, 1140В.

$$\Delta U_{\text{доп}} = 39 \text{ В};$$

Втрати напруги в низьковольтній мережі – це сума втрат напруги в усіх її елементах, яка не повинна перевищувати нормоване значення (при необхідності знизити втрати збільшують переріз кабелів).

Розрахунок втрат напруги в трансформаторі [%] проводиться за формулою (2.10).

$$\Delta U_{\text{ТР}\%} = \beta (U_{a\%} \cos \varphi_{\text{ТР}} + U_{p\%} \sin \varphi_{\text{ТР}}) \quad (2.10)$$

де $\beta = \frac{S_p}{S_{\text{н.т}}}$ – коефіцієнт завантаження трансформатора;

$U_{a\%} = \frac{\Delta P_K}{10 S_{\text{н.т.}}}$ – активна складова напруги КЗ трансформатора;

ΔP_K - втрати КЗ трансформатора, Вт;

$S_{\text{н.т}}$ - номінальна потужність трансформатора, кВА;

$U_{p\%} = \sqrt{(U_{k\%})^2 - (U_{a\%})^2}$ – реактивна складова напруги КЗ трансформатора.

Враховуючи можливість регулювання напруги на виході трансформатора за рахунок переключення відпайок обмотки первинної напруги абсолютне значення втрат напруги в трансформаторі розраховується за формулою (2.11):

$$\Delta U_{\text{ТР}} = \Delta U_{\text{ТР}\%} \cdot K_0 \cdot \frac{U_0}{100} \quad (2.11)$$

де K_0 – коефіцієнт зміни напруги в трансформаторі, що дорівнює 0,95, 1,0 та 1,05 при відпайках +5%, 0, -5%;

U_0 – вторинна напруга холостого ходу трансформатора, В.

Втрати напруги для трансформатора ТСЗ-10/0,66 становлять $\Delta U_{\text{ТР}} = 11,9$ В.

Допустимі втрати напруги в кабелі:

$$\Delta U_K = \Delta U_{\text{доп}} - \Delta U_{\text{ТР}} = 39 - 11,9 = 27,1 \text{ В};$$

Аналогічні розрахунки проводяться і для інших трансформаторів. Результати обчислень заносяться до таблиці 2.9.

					ДП ОА11. 00.000 ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Таблиця 2.9 – Розрахункові параметри трансформаторів

Трансформатор	ТСЗ-10/0,66
S_H	10
S_p	7,2
ΔP_K	0,3
$U_{k\%}$	4,5
β	0,7
$U_{a\%}$	1,7
$U_{p\%}$	3,5
$K_{од}$	0,9
$\cos\varphi$	0,9
$\sin\varphi$	0,5
$\Delta U_{TP\%}$	3
ΔU_{TP}	11,9
ΔU_K	27,1

Розрахунок втрат напруги в кабелі проводиться за формулою (2.12)

$$\Delta U_{м.к} = \frac{P_H \cdot L_{м.к} \cdot 10^3}{\gamma \cdot S_{м.к} \cdot U_H \cdot \eta_H} \quad (2.12)$$

P_H - потужність всіх електроприймачів, що живиться цим кабелем, кВт;

$L_{м.к.}$ – довжина кабелю, м;

$\gamma = 32$ м/(Ом•мм²) – питома провідність для алюмінієвих жил;

$S_{м.к.}$ – найбільший переріз кабелю з попередніх перевірок, мм²;

U_H - номінальна напруга мережі, для якої розраховуються втрати напруги, В;

η_H - ККД електроприймача.

$$\Delta U_{м.к} = \frac{P_H \cdot L_{м.к1} \cdot 10^3}{\gamma \cdot S_{м.к1} \cdot U_H \cdot \eta} = \frac{7,2 \cdot 50 \cdot 10^3}{32 \cdot 4 \cdot 380 \cdot 0,6} = 5,2 \text{ В}$$

Оскільки втрати напруги не вище допустимих, то переріз кабелю залишаєм відповідно до попередньо обраного з 4 мм².

Аналогічні дії повторюються з кожним кабелем по яким живляться електроприймачі напругою 380 (400) В. Результати заносяться до таблиці 2.10.

2.4.6 Остаточний вибір перетинів проводів і жил кабелів

Розрахунок електричної розподільної мережі ділянки зводять у таблицю, у якій повинні бути приведені основні розрахункові параметри елементів мережі, мінімальні значення перетинів провідників, обрані за різними умовами для кожної із ліній, марка остаточно обраного проводу або тип кабелів. Розрахунок розподільної мережі заноситься у таблицю 2.10.

Таблиця 2.10 – Остаточні розрахунки електричної мережі

№ лінії	Розрахунковий робочий струм I_p , А	За нагрівом		Мех. міцність $S_{мех}$, мм ²	За економічною густиною		За втратами напруги		Остаточно обрана марка
		$I_{доп}$, А	$S_{нагр}$, мм ²		$J_{ек}$, А/мм ²	$S_{ек}$, мм ²	Втрати напруги, В або %	$S_{втр}$ напруги мм ²	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
L2	3,0	19	2,5	-	1,4	2,5	1,9	2,5	АВВГ 4х2,5
L3-7	1,2	19	2,5	-	1,4	2,5	2,2	2,5	АВВГ 4х2,5
L8-10	0,1	19	2,5	-	1,4	2,5	0,6	2,5	АВВГ 4х2,5
L11	2,2	19	2,5	-	1,4	2,5	0,5	2,5	АВВГ 4х2,5
L1	10.4	19	2,5	-	1,4	4	5,2	4	АВВГ 4х4
L12	0.1	19	2,5	-	1,4	2,5	26,8	2,5	АВВГ 2х2,5

2.5 Розрахунок струмів КЗ

При проектуванні СЕП враховуються не тільки нормальні, тривалі режими роботи ЕУ, але і їх аварійні режими. Одним з аварійних режимів є коротке замикання. Коротким замиканням (КЗ) називають всяке випадкове або навмисне, непередбачене нормальним режимом роботи, електричне з'єднання різних точок ЕУ між собою або землею, при якому струми в гілках ЕУ різко зростають, перевищуючи найбільший допустимий струм тривалого режиму. У системі трифазного змінного струму можуть виникати замикання між трьома фазами – трифазні КЗ, між двома фазами – двофазне КЗ. Найчастіше виникають однофазні КЗ (60-92% від загального числа КЗ).

Як правило, трифазні КЗ викликають у пошкодженому ланцюзі найбільші струми, тому при виборі апаратури зазвичай за розрахунковий струм КЗ беруть струм трифазного КЗ. Причинами КЗ можуть бути механічні пошкодження ізоляції, падіння опор повітряних ліній, старіння ізоляції, зволоження ізоляції та ін. Короткі замикання можуть бути стійкими і не стійкими, якщо причина КЗ самоліквідується протягом безтокової паузи комутаційного апарату. Наслідком КЗ є різке збільшення струму і короткозамкненою ланцюга та зниження напруги в окремих точках системи. Дуга, що виникла в місці КЗ, призводить до часткового або повного руйнування апаратів, машин та інших пристроїв.

Зниження напруги призводить до порушення нормальної роботи механізмів, при напрузі нижче 70% номінальної напруги двигуна загальмовуються, робота механізмів припиняється. Для зменшення наслідків КЗ необхідно якомога швидше відключити пошкоджену ділянку, що досягається застосуванням швидкодіючих вимикачів і релейного захисту з мінімальною витримкою часу.

Складаємо розрахункову схему (рис.2.2) на основі схеми підприємства. На схемі позначаємо характерні точки, для яких буде розраховано струми КЗ.

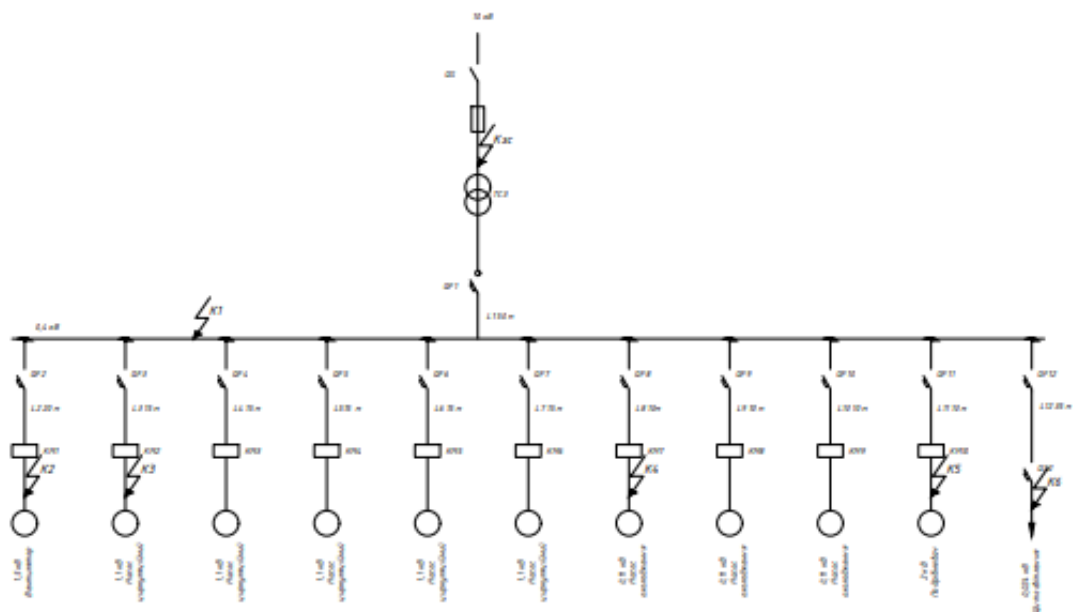


Рисунок 2.2 – Схема для розрахунку точок КЗ

Задаємося базисною потужністю:

$$S_6 = 50 \text{ МВА};$$

Всі напруги в системі – від номінальних переводимо до базисних (U_6). В якості базисних напруг приймають генераторні напруги:

$$U_{6i} = U_{\text{ген}} = 1,05 \cdot U_{\text{ном}i}, \text{ кВ}$$

$$U_{61} = 1.05U_{\text{ном}1} = 1.05 \cdot 0,66 = 10,5 \text{ кВ}$$

Величина активного опору лінії визначається за довідниковими даними або в залежності від перерізу ($R = r_0 \cdot L = \frac{1000}{\gamma \cdot S} \cdot L$). Величина реактивного опору лінії визначається за питомим опором ($X = x_0 \cdot L$).

Розрахуємо опір системи що живить трансформатор за формулою (2.13).

$$X_{з.с} = \frac{U_{с.н}^2}{S_K^{(3)}} \quad (2.13)$$

де: $S_K^{(3)}$ - потужність трифазного короткого замикання на шинах.

$$X_{з.с} = \frac{400}{50 \cdot 10^6} = 0,0032 \text{ Ом}$$

Опори понижуючого трансформатора обрахуємо за формулами (2.14 – 2.16).

$$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2} \quad (2.14)$$

$$Z_T = U_k \cdot \frac{U_{с.н}}{100 \cdot \sqrt{3} \cdot I_{н.т.}} \quad (2.15)$$

$$R_T = \frac{\Delta P_k}{3 \cdot I_{н.т.}^2} \quad (2.16)$$

$$X_T = \sqrt{0,72^2 - 0,44^2} = 0,56 \text{ Ом}$$

$$Z_T = \frac{4,5 \cdot 0,4}{100 \cdot \sqrt{3} \cdot 14,3} = 0,72 \text{ Ом}$$

$$R_T = \frac{4,2}{3 \cdot 14,3^2} = 0,44 \text{ Ом}$$

					ДП ОА11. 00.000 ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Активний опір кабельних ліній розраховуємо за формулою (2.17). Довжину КЛ переводимо в кілометри.

$$R_{L1} = \frac{1000}{\gamma \cdot S_{L1}} \cdot L_1 \quad (2.17)$$

$$R_{L1} = \frac{1000}{50 \cdot 4} \cdot 0,05 = 0,391 \text{ Ом};$$

Реактивний опір кабельних ліній, що живить споживачів низької напруги визначаємо за формулою (2.18). Питомий реактивний опір КЛ приймаємо $x_0=0,07$ Ом/км, $U < 1$ кВ довжиною 1 км.

$$X_{L1} = x_0 \cdot L_1 \quad (2.18)$$

$$X_{L1} = 0,07 \cdot 0,050 = 0,0035 \text{ Ом};$$

Аналогічно розраховуємо решту опорів та заносимо значення до табл. 2.11.

Таблиця 2.11 – Опори елементів мережі у іменованих одиницях

Елемент мережі	R, Ом	X, Ом
1	2	3
ТСЗ-10/0,66	0,448	0,5636
L2	0,188	0,0011
L3-7	0,125	0,0007
L8-10	0,125	0,0007
L11	0,391	0,0035
L1	0,438	0,0025
L12	0,250	0,0014

За розрахунковою схемою складають схему заміщення, де всі її елементи замінюють опорами. Далі, у разі необхідності, спрощують схему шляхом заміни послідовних, паралельних та інших з'єднань опорів еквівалентними.

Розрахуємо сумарний опір до кожної точки КЗ:

Точка К_{зс}: Повний опір складається лише з реактивного опору зовнішньої системи $x_{зс}$

$$z_{Kзс} = x_{зс} = 0,0032 \text{ Ом}$$

Точка К_{рп}: Повний опір складається з опорів зовнішньої системи $x_{зс}$ та трансформатора ТМ-250

$$z_{Kрп} = \sqrt{(x_{зс} + x_{T1})^2 + (r_{T1})^2} = \sqrt{(0,0032 + 0,56)^2 + (0,45)^2} = 0,3 \text{ Ом}$$

Точка К1:

$$\Sigma r_{K1} = r_{L1} + r_{T1}, \text{ Ом}$$

$$\Sigma x_{K1} = x_{зс} + x_{T1} + x_{L1}, \text{ Ом}$$

$$z_{K1} = \sqrt{(\Sigma x_{K1})^2 + (\Sigma r_{K1})^2}, \text{ Ом}$$

Інші точки розраховуємо аналогічно. Результати заносимо в табл. 2.12

Таблиця 2.12 – Сумарні опори точок КЗ

Точка	$\Sigma r_k, \text{ Ом.}$	$\Sigma x_k \text{ Ом.}$	$\Sigma z_k \text{ Ом.}$
Крп№1	0,45	0,567	0,72
К1	0,04	0,099	0,11
К2	1,54	1,145	1,92
К3	1,47	1,145	1,87
К4	1,41	1,144	1,82
К5	1,41	1,144	1,82
К6	1,37	1,144	1,79

Приклад розрахунку струмів КЗ для точки

Діюче значення струму трифазного КЗ для і-ої точки ланцюга розраховується за формулою (2.19).

$$I_{kK1}^{(3)} = \frac{U_{с.н.}}{\sqrt{3} \cdot z_{K1}} \quad (2.19)$$

$$I_{kK1}^{(3)} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot 0,11} = 0,2 \text{ кА};$$

Струми двофазного короткого замикання розраховуються за формулами (2.20 - 2.21).

$$I_{ki}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{ki} \quad (2.20)$$

$$I_{kK1}^{(2)} = \frac{U_{с.н.}}{2 \cdot Z_{K1}} \quad (2.21)$$

$$I_{kK1}^{(2)} = \frac{400}{2 \cdot 0,11} = 0,2 \text{ кА}$$

Амплітудне значення ударного струму короткого замикання розраховується за формулою (2.22).

$$i_{yki} = \sqrt{2} \cdot k_y \cdot I_{ki}^{(3)} \quad (2.22)$$

де k_y - ударний коефіцієнт, $k_y = 1,2 \dots 1,3$ при короткому замиканні на шинах підстанції, $k_y = 1,8$ при короткому замиканні зі сторони високої напруги, $k_y = 1$ при короткому замиканні у віддаленій точці;

$\sum I_H$ - сума номінальних струмів асинхронних двигунів потужністю понад 100 кВ·А.

$$i_{yK1} = k_y \cdot \sqrt{2} \cdot I_{K1.1}^3 = 1,2 \cdot \sqrt{2} \cdot 0,2 = 0,4 \text{ кА}$$

Аналогічно розраховуємо решту струмів короткого замикання та заносимо значення до табл. 2.13.

Таблиця 2.13 – Розрахунок струмів КЗ у іменованих одиницях

Точка КЗ	R, Ом	X, Ом	Z, Ом	$I_K^{(3)}$, кА	$I_K^{(2)}$, кА	i_y , кА	I_y , кА
1	2	3	4	5	6	7	8
Крп№1	0,45	0,567	0,72	0,3	0,28	0,5	0,3
K1	0,84	0,574	1,02	0,2	0,20	0,4	0,2
K2	1,54	1,145	1,92	0,1	0,10	0,2	0,1
K3	1,47	1,145	1,87	0,1	0,11	0,2	0,2
K4	1,41	1,144	1,82	0,1	0,11	0,2	0,1
K5	1,41	1,144	1,82	0,1	0,11	0,2	0,1
K6	1,37	1,144	1,79	0,1	0,11	0,2	0,1

2.6 Вибір електричних апаратів

Для розподілу енергії від живлячого трансформатора ТСЗ застосовується розподільний щит з встановленими вимикачами серії ВА. Пуск двигунів обладнання виконується за допомогою пускачів типу ПМА.

Для вводу 0,66 кВ робочим струмом буде номінальний струм первинної обмотки трансформатора (ТСЗ-10/0,66):

$$I_p = I_{\text{ном ВН Т}} = \frac{S_{\text{ном Т}}}{\sqrt{3} U_{\text{ном ВН Т}}} = \frac{10}{\sqrt{3} \cdot 10} = 0,5 \text{ А}$$

Робочим струмом РП-1 (вимикачі та інше обладнання) на вводі буде номінальний струм вторинної обмотки трансформатора Т1:

$$I_p = I_{\text{ном НН Т}} = \frac{S_{\text{ном Т}}}{\sqrt{3} U_{\text{ном НН Т}}} = \frac{10}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 14,4 \text{ А}$$

2.6.1 Вибір роз'єднувачів

Для роз'єднувачів за номінальною напругою повинні виконуватись умови:

$$U_{\text{н.а.}} \geq U_{\text{н.с.}}; U_{\text{м.а.}} \geq U_{\text{р.м.}}$$

де $U_{\text{н.а.}}$, $U_{\text{н.с.}}$ - номінальна напруга відповідно апарату;

$U_{\text{р.м.}}$ - максимально тривала робоча напруга;

$U_{\text{м.а.}}$ - максимально допустима напруга апарата (можна прийняти для розрядників - $1,25 U_{\text{н.}}$; для вимикачів, роз'єднувачів, ізоляторів - $1,15 U_{\text{н.}}$; для запобіжників, реакторів, трансформаторів струму і напруги, кабелів $1,1 U_{\text{н.}}$).

При виборі апаратів за струмом:

$$I_{\text{н.а.}} \geq I_p;$$

де $I_{\text{н.а.}}$ - дається при розрахунковій температурі зовнішнього середовища $\theta_{\text{о.с.}} = +35^\circ \text{C}$.

I_p - розрахунковий струм, як правило прирівнюється до номінального.

					ДП ОА11. 00.000 ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Струмоведучі частини й електричні апарати повинні бути динамічно і термічно стійкі при струмах КЗ:

$$I_{\max} \geq I_y \text{ чи } i_{\max} \geq i_y$$

де $I_{\max}$, $i_{\max}$ - діюче значення й амплітуда максимально припустимого струму, що характеризують динамічну стійкість апарата;

I_y , i_y - діюче значення та амплітудне значення ударного струму КЗ.

$$I_t \cdot \sqrt{t} \geq I_{\infty} \cdot \sqrt{t_{\phi}}$$

де I_t - струм термічної стійкості, що даний апарат може витримати без ушкодження протягом t (1...10 с) (приводиться в каталогах);

t_{ϕ} - приймається 0,25 с.

2.6.1 Вибір автоматичних вимикачів у загальнопромисловому виконанні та уставок їх захисту

Автоматичні вимикачі є, на відміну від плавких запобіжників, апаратами багаторазової дії, які споряджені пристроями витримки часу, забезпечуючи вибіркову дію захисту. Всі автомати мають в кожній фазі максимальне струмове реле прямої дії, що називається розчеплювачем. Останній складається із двох елементів: нагрівання на основі біметалічної пластинки, що забезпечує захист від перевантаження з витримкою часу і називається тепловим, і електромагнітного елементу, що виконує максимальний струмовий захист з витримкою або без витримки часу – струмову відсічку при струмах КЗ.

На основі каталогів на автомати та технічних умов їх роботи вибір апаратів захисту виконується за трьома нижче наведеними умовами.

$$I_{н.а.} \geq I_p; U_{н.а} = U_{н.м.}; I_{в.} \geq 1,2 \cdot I_K^{(3)}$$

					ДП ОА11. 00.000 ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

де $I_{н.а.}$, $U_{н.а.}$ – номінальні струми та напруги автомата;

$I_{в.}$ – граничний струм автомата, що вимикається;

$I_K^{(3)}$ – струм трифазного короткого замикання на входних затискачах автоматичного вимикача. Необхідна додаткова перевірка на термічну та електродинамічну стійкість.

Струм уставки $I_{у.а.}$ максимального захисту автомата обирають за умовою:

$$I_{у.а.} \geq I_{п.мах} + \sum_{i=1}^{K-1} I_{н.i}$$

де $I_{п.мах}$ – номінальний пусковий струм найбільш потужного електродвигуна;
 $\sum_{i=1}^{K-1} I_{н.i}$ – сума номінальних струмів решти електроспоживачів.

Вибране значення уставки повинно бути перевірене на надійність вимикання автоматом струму двофазного короткого замикання $I_{K.min}^{(2)}$ – у найвіддаленішій точці захищеної мережі за умовою:

$$I_{K.min}^{(2)} / I_{у.а.} \geq 1,5 \text{ (1,25)}$$

Запобіжники в схемі не використовуються для захисту двигунів так як їх функціонал повністю заміщують автоматичні вимикачі які є більш гнучкими у параметрах захисту від перевантажень і струмів КЗ та налаштуванні. Крім цього є ризик виходу з ладу одного з запобіжників трифазного кола двигуна, що не призведе до його повного вимикання і як наслідок призведе до пошкодження споживача [3].

Всі обрані у даному підрозділі захисні апарати і обладнання будуть занесені у таблицю 2.14.

					ДП ОА11. 00.000 ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Таблиця 2.14 – Електричні апарати

Місце встанов.	Позначення схеми	Умови вибору електричних апаратів						Тип прийнятого апарата				
		За номін. напругою $U_{\text{ном.ап}} \geq U_{\text{м}}$		За номінальним струмом $I_{\text{ном.ап}} \geq I_{\text{р}}$		За струмом вимикання $I_{\text{вим.}} \geq I_{\text{кі}}^{(3)}$		За ел.-дин. Стьйкістю $I_{\text{д.с.}} \geq I_{\text{у}}$	За термічною стійкістю $I_{\text{тс}}^2 t_{\text{тс}} \geq I_{\text{с}}^2 t_{\text{п}}$			
		$U_{\text{нап}}$ кВ	$U_{\text{м}}$ кВ	$I_{\text{нап}}$ А	$I_{\text{р}}$ А	$I_{\text{в.}}$ кА	$I_{\text{к.мах}}^{(3)}$ кА	$I_{\text{дс}}$ кА	$I_{\text{у}}$ кА	$I_{\text{тс}}$ кА	$I_{\text{с}}^2 t_{\text{пр}}$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	12	13	14
Напруга мережі $U_{\text{н}} = 10 \text{ кВ}$												
Роз'єднувачі та запобіжники												
Ввід	QS1	10	10	200	0,5	10	-	85	75	-	-	РЛД 10/200
	ПТ	10	10	100	0,5	-	-	-	75	-	-	ПКТ-10
Напруга мережі $U_{\text{н}} = 0,4 \text{ кВ}$												
Автоматичні вимикачі												
L2	QF2	0,4	0,4	4	3,0	4,5	0,3	-	0,28	-	-	ВА-47-29
L3-7	QF3-7	0,4	0,4	2	1,2	4,5	0,2	-	0,20	-	-	ВА-47-29
L8-10	QF8-10	0,4	0,4	1	0,1	4,5	0,1	-	0,10	-	-	ВА-47-29
L11	QF11	0,4	0,4	3	2,2	4,5	0,1	-	0,11	-	-	ВА-47-29
L1	QF1	0,4	0,4	13	10.4	4,5	0,1	-	0,11	-	-	ВА-47-29
L12	QF12	0,4	0,4	1	0.1	4,5	0,1	-	0,11	-	-	ВА-47-29
L2	QF5.3	0,4	0,4	10	3,0	-	-	-	-	-	-	ПМА-12201
L3-7	QF5	0,4	0,4	10	1,2	-	-	-	-	-	-	ПМА-12201
L8-10	QF6.1	0,4	0,4	10	0,1	-	-	-	-	-	-	ПМА-12201
L11	QF6.2	0,4	0,4	10	2,2	-	-	-	-	-	-	ПМА-12201

Висновки по розділу 2

У даному розділі проведено обґрунтування вибору схеми живлення і розподілу електроенергії цеху з виробництва екологічно безпечних (реформульованих) авіаційних бензинів та проведений розрахунок робочого освітлення, визначено електричні навантаження та обрано потужність сухого трансформатора ТСЗ-10/0,66, вибрано кабелі марки АВВГ, розраховано струми короткого замикання, проведено вибір електричних апаратів для мережі 10 кВ це роз'єднувач типу РЛД 10/200 та запобіжники ПКТ-10 та 0,4 кВ це автоматичні вимикачі серії ВА-47-29 та магнітні пускачі ПМА-12201.

					ДП ОА11. 00.000 ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

3. АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ІЗОМЕРИЗАЦІЇ ТА ВИБІР КОМПОНЕНТІВ СИСТЕМИ

3.1 Загальні принципи автоматизації технологічного процесу

Автоматизація процесу ізомеризації має вирішальне значення для забезпечення стабільності роботи установки, зниження енергетичних витрат та підвищення продуктивності. Впровадження сучасних електромеханічних систем дозволяє забезпечити точний контроль параметрів реакції та запобігти небажаним технологічним відхиленням.

Використання систем програмованих логічних контролерів (PLC) у технологічному регламенті дозволяє керувати всіма стадіями процесу - від підготовки сировини до контролю температури, тиску та концентрації реагентів у реакційній зоні. Аналіз даних із датчиків температури та тиску дає змогу автоматично коригувати параметри процесу відповідно до оптимальних режимів роботи установки.

3.2 Вибір вузлів автоматизації

На основі аналізу технологічного регламенту виробництва екологічно безпечного авіаційного бензину можна виділити основні вузли автоматизації процесу ізомеризації:

- Датчики контролю технологічних параметрів – температурні, тискові, рівневі сенсори для забезпечення стабільності процесу.
- Системи приводу та насосного обладнання – електромеханічні приводи, що забезпечують подачу реагентів та регулювання витрат.
- Автоматичні регулювальні клапани – необхідні для управління потоками рідини та газу в установці.

					ДП ОА11. 00.000 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Електромеханічне обладнання та автоматизація процесу ізомеризації компонентів із вторинної сировини	Літ.	Аркуш	Аркушів
Розроб.		Лівандовська Ю. А.					44	
Перевір.		Бойченко С. В.						
Реценз.								
Н. Контр.		Кулаковський Л. Я.						
Затверд.		Бойченко С. В.				НТУУ "КПІ" ІЕЕ ОА-11		

- Програмовані логічні контролери (PLC) – для аналізу даних та автоматичного коригування режимів процесу.
- SCADA-системи – для візуалізації технологічного процесу, моніторингу стану установки та оперативного внесення змін до режиму роботи.

3.3 Розрахунок електромеханічних характеристик системи

Для визначення параметрів електромеханічних систем проведемо розрахунки потужності насосів, витрат електроенергії та робочих характеристик приводів.

За технологічним регламентом установка передбачає подачу рідких реагентів під тиском. Потужність насоса можна розрахувати за формулою (3.1).

$$P_n = \frac{Q_p \cdot H_p \cdot \rho_p \cdot g}{\eta} \quad (3.1)$$

де Q_p - об'ємна витрата рідини, $м^3/с$;

H_p - висота підйому рідини, $м$;

ρ_p - густина рідини, $кг/м^3$;

g - прискорення вільного падіння, $м/с^2$;

η - коефіцієнт корисної дії насоса.

Для розрахунку потужності насоса приймаємо наступні значення відповідних величин:

Об'ємну витрату реагенту Q_p приймаємо рівною $0,015 м^3/с$. Це приблизне значення, яке відповідає витратам у системах з безперервною подачею рідини, таких як насосні станції нафтохімічних виробництв.

Висоту підйому рідини H_p приймаємо $30 м$. Це стандартне значення для технологічного переміщення рідин у вертикальних реакторах та колонних апаратах, зважаючи на те, що установка може містити теплообмінники, сепаратори та

					ДП ОА11. 00.000 ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Густина рідини ρ_p приймаємо рівною 850 кг/м^3 . Це середнє значення для нафтопродуктів та органічних реагентів, що можуть використовуватись у процесі ізомеризації.

Значення коефіцієнту корисної дії насоса η приймаємо рівним – 0,80. ККД насоса залежить від його типу, конструкції та умов експлуатації. Для промислових відцентрових насосів, які часто використовуються у хімічних процесах, типовий діапазон ККД становить 0,70 – 0,85.

Підставивши відповідні значення у формулу (3.1) отримуємо:

$$P_n = \frac{0,015 \cdot 30 \cdot 850 \cdot 9,81}{0,80} = 4,7 \text{ кВт}$$

Отже, для стабільної роботи установки необхідно встановити насос потужністю = 4.7 кВт.

Далі проводимо розрахунок витрат електроенергії за формулою (3.2)

$$E_n = P_n \cdot t_p \quad (3.2)$$

де t_p – час роботи насосу, год;

Приймаємо час роботи насосу t_p рівним 12 год, тоді:

$$E_n = 4,7 \cdot 12 = 56,4 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Тобто насосна система споживає = 56.4 кВт·год електроенергії за добу.

Окрім автоматизації роботи вузлів, важливим є оптимізація енергоспоживання системи ізомеризації. Встановлення рекупераційних теплообмінників для повторного використання тепла технологічних газів дозволяє знизити витрати енергії на 15-20%. Крім того, впровадження частотних регуляторів приводу насосів дозволяє регулювати робочі режими залежно від фактичного навантаження, що додатково зменшує енергетичні втрати.

					ДП ОА11. 00.000 ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

3.4 Вибір обладнання для автоматизації процесу ізомеризації

Автоматизація технологічного процесу ізомеризації потребує ретельного вибору обладнання, яке забезпечить точний контроль параметрів, стабільну роботу системи та оптимізацію енергоспоживання. Враховуючи раніше визначені вузли автоматизації, доцільно розглянути відповідні типи обладнання та їхні технічні характеристики.

3.4.1 Датчики контролю технологічних параметрів

Для моніторингу температури, тиску, рівня рідини та концентрації реагентів використовуються такі види сенсорів:

- Термопари типу К – забезпечують точний вимір температури у широкому діапазоні (0–1200°C) і мають швидкий час реакції.
- П'єзорезистивні датчики тиску – працюють у діапазоні до 10 МПа і дозволяють здійснювати точний контроль тиску у реакторній зоні.
- Оптичні рівнеміри – дозволяють контролювати рівень рідини в резервуарах і реакторах, забезпечуючи безперервний моніторинг.
- Газові аналізатори – визначають концентрацію газових компонентів у процесі, що важливо для контролю каталітичних реакцій.

В якості датчика температури використаємо термопару типу К Omega KQXL – діапазон вимірювання: 0–1200°C, точність $\pm 1^\circ\text{C}$, швидкий час реакції.

Датчик тиску обираємо Endress+Hauser Cerabar PMP71 – діапазон 0–10 МПа, точність $\pm 0.075\%$, стійкість до високих температур.

Датчик для рівня рідини обираємо - Endress+Hauser Liquiphant FTL31 – ультразвуковий датчик рівня, точність ± 0.5 мм, стійкість до хімічних речовин.

Газовий аналізатор обираємо - Siemens ULTRAMAT 23 – стаціонарний

					ДП ОА11. 00.000 ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

газоаналізатор, вимірювання CO₂, NO_x, SO₂, точність ±1%.

Ці моделі відповідають промисловим вимогам і можуть бути використані для автоматизації процесу ізомеризації.

3.4.2 Системи приводу та насосного обладнання

Відповідно до розрахованих значень у пункті 3.2, обираємо насос для застосування у технологічному процесі ізомеризації. В нашому випадку підходить насос від компанії Grundfos моделі CR 64-2 A-F-A-V-HQQV див. рис. 3.1.



Рис. 3.1. Зображення насосу моделі CR 64-2 A-F-A-V-HQQV

Короткі технічні характеристики обраного насосу наведені у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 Короткі технічні характеристики насоса Grundfos моделі CR 64-2 A-F-A-V-HQQV

Характеристика	Значення
Густина перекачуваної рідини, кг/м ³	850
Об'ємна витрата, м ³ /г	54
Висота підйому рідини, м	30
Потужність двигуна, кВт	11
Напруга, В	400

Графік робочих характеристик насоса Grundfos моделі CR 64-2 A-F-A-V-HQQV зображено на рис. 3.2.

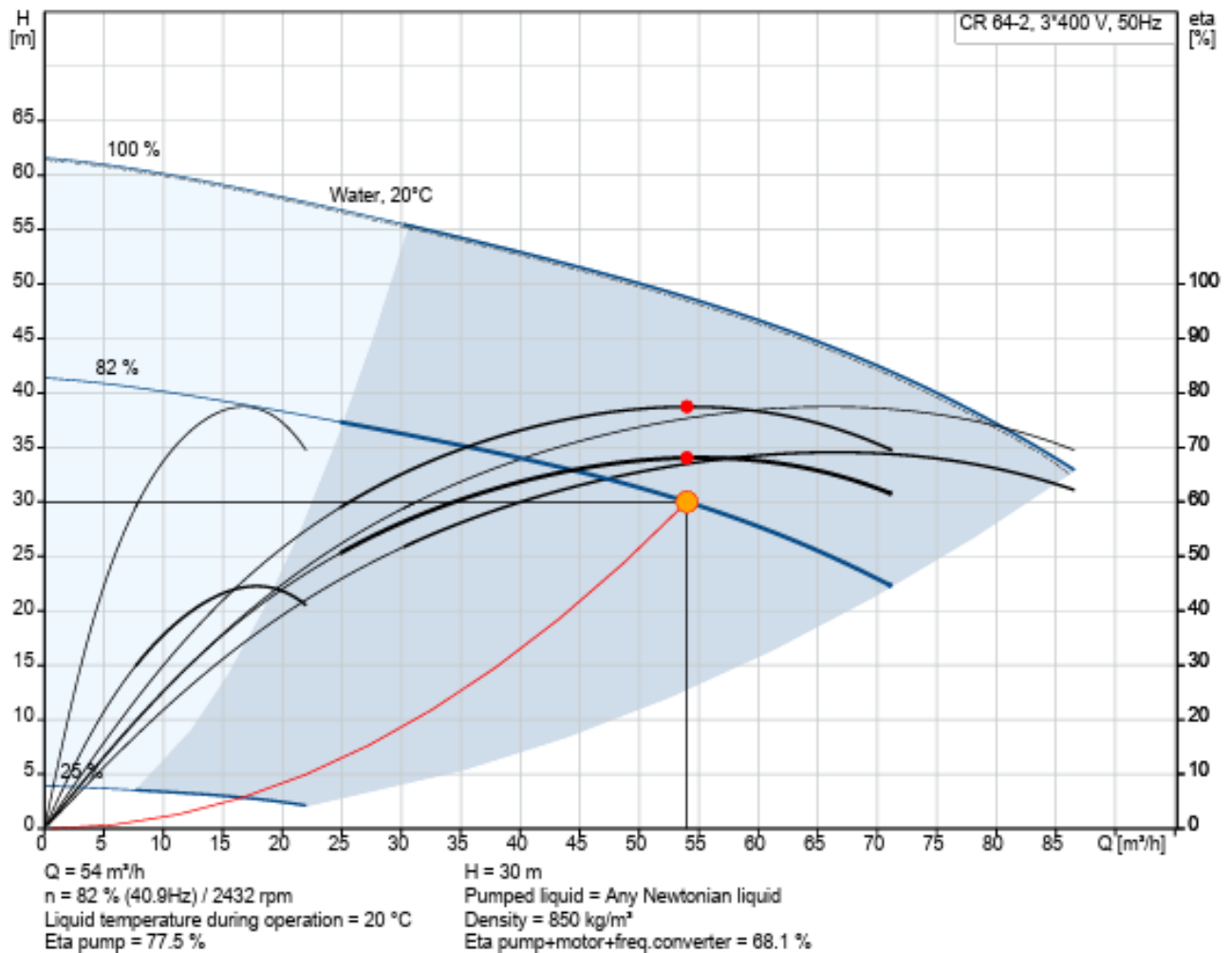


Рис. 3.2. Зображення робочих характеристик насосу моделі CR 64-2 A-F-A-V-HQQV

Для плавного регулювання, забезпечення високої ефективності роботи насоса та підвищення строку експлуатації обраного насоса, доцільним є встановлення перетворювача частоти. Для даної моделі насоса, відповідно зазначеним характеристикам у таблиці 3.1, можна обрати перетворювач частоти від компанії Schneider Electric моделі ATV930 (див. рис. 3.3).



Рис. 3.3. Зображення перетворювача частоти моделі ATV930

Короткі технічні характеристики обраного перетворювача частоти див. у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 Короткі технічні характеристики перетворювача частоти ATV930 від компанії Schneider Electric

Характеристика	Значення
Номінальна напруга живлення, В	240
Максимальний струм у сталому режимі, А	46,8
Ступінь захисту	IP21
Потужність двигуна, кВт	11
Комунікаційні можливості	Modbus TCP Modbus SL EtherNet/IP
Максимальна вихідна частота, Гц	599

3.4.3 Автоматичні регулювальні клапани

Обираємо автоматичні регулювальні клапани, які будуть використані для управління потоками реагентів та газових сумішей:

Клапани з електропневматичним приводом обираємо - Danfoss AMV 435 – це електропневматичний клапан для точного регулювання подачі реагентів, робочий тиск до 16 бар, діапазон температур -10°C – 180°C.

В якості сферичного запірного клапана можна використати - Danfoss JIP Ball Valve – швидкодіючий запірний клапан, витримує температури до 200°C, має антикорозійне покриття.

Пропорційний регулювальний клапан обираємо - Danfoss VFG21 – двоходовий пропорційний клапан, витрата до 32 м³/год, робочий тиск 16 бар, інтеграція з PLC.

3.4.4 Програмовані логічні контролери та SCADA-системи

Автоматизація процесу ізомеризації потребує комплексного підходу до керування технологічними параметрами, аналізу даних та моніторингу стану установки. Використання програмованих логічних контролерів (PLC) та SCADA-систем забезпечує стабільність роботи, оперативне реагування на зміну умов та оптимізацію енергоспоживання. Враховуючи складність технологічного процесу ізомеризації, для управління системою доцільно використати Modicon M580 від Schneider Electric.

Програмований логічний контролер Modicon M580 відіграє ключову роль в автоматизації процесу ізомеризації, забезпечуючи безперервний контроль та оптимізацію роботи установки. Він здійснює збір і аналіз даних з датчиків температури, тиску, рівня рідини та концентрації газів, що дозволяє оперативно реагувати на зміну технологічних параметрів. Система автоматично коригує робочі режими, керуючи насосами, регулюючи подачу реагентів і підтримуючи температуру.

					ДП ОА11. 00.000 ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

Крім того, контролер відповідає за логіку функціонування установки, включаючи запуск і зупинку агрегатів, моніторинг аварійних ситуацій та реалізацію адаптивних алгоритмів оптимізації. Завдяки інтеграції з SCADA-системою, Modicon M580 здійснює обмін даними для віддаленого моніторингу, що дозволяє операторам контролювати процес у реальному часі та вносити необхідні коригування.

Основними перевагами Modicon M580 є висока продуктивність, забезпечена підтримкою Ethernet для швидкого обміну інформацією, а також гнучка інтеграція з SCADA-системами та промисловими мережами. Контролер має вбудовані механізми кібербезпеки та високу відмовостійкість, що є критично важливим для безперервної роботи установки. До того ж, його масштабованість дозволяє адаптувати систему управління при модернізації процесу або розширенні технологічних потужностей. Зображення даного контролера можна побачити на рис. 3.4.



Рис. 3.4. Зображення ПЛК моделі Modicon M580

					ДП ОА11. 00.000 ПЗ	52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для забезпечення зручного контролю та управління процесом ізомеризації використовую Plant SCADA (колишній Citect SCADA) від Schneider Electric, яка надає повний моніторинг та оптимізацію роботи установки.

Система дозволяє контролювати технологічні параметри в реальному часі, включаючи температуру, тиск і витрати реагентів, що дає можливість оперативно виявляти будь-які відхилення та підтримувати стабільність процесу. Завдяки дистанційному управлінню, оператори можуть коригувати режими роботи, змінювати параметри насосів та клапанів без необхідності фізичного втручання.

Крім того, Plant SCADA автоматично записує всі аварійні події та аналізує продуктивність процесу, що допомагає виявляти закономірності, прогнозувати можливі збої та підвищувати ефективність технологічного процесу. Завдяки глибокій інтеграції з PLC Modicon M580, система забезпечує синхронізацію даних та автоматизоване регулювання робочих режимів, що сприяє точному та адаптивному керуванню установкою.

Використання Plant SCADA дозволяє швидко реагувати на зміни технологічних параметрів, коригувати алгоритми керування на основі аналізу історичних даних, а також зменшити експлуатаційні витрати завдяки автоматичному контролю енергоспоживання. Завдяки гнучким можливостям доступу, оператори можуть керувати установкою як локально, так і дистанційно, що підвищує зручність експлуатації та загальну надійність процесу.

Висновки по розділу 3

У цьому розділі було розглянуто основні аспекти автоматизації процесу ізомеризації, вибір відповідного обладнання та виконання технічних розрахунків, що підтверджують ефективність запропонованої системи управління. Крім того, було визначено ключові параметри інтеграції апаратних компонентів і програмних засобів, що забезпечують стабільність роботи установки та її енергетичну ефективність.

					ДП ОА11. 00.000 ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

Визначено критично важливі вузли автоматизації, включаючи датчики технологічних параметрів, системи приводу, насосне обладнання, регулювальні клапани та засоби моніторингу. Проведені розрахунки дозволили підібрати оптимальні характеристики електромеханічних компонентів, зокрема потужності насосів, привідних систем та витрат електроенергії, що підтвердило відповідність параметрів до вимог технологічного процесу.

Для реалізації ефективного автоматизованого управління було обрано програмований логічний контролер Modicon M580, який забезпечує збір даних, контроль технологічних параметрів, адаптивне коригування режимів роботи та інтеграцію з SCADA-системою. Впровадження Plant SCADA дозволяє здійснювати моніторинг у реальному часі, дистанційне управління установкою, аналіз технологічних даних та оптимізацію процесу ізомеризації.

Отже, автоматизація процесу ізомеризації за допомогою сучасних технологічних рішень підвищує надійність роботи, енергоефективність та рівень контролю технологічного процесу. Запропоновані алгоритми та обладнання дозволяють знизити експлуатаційні витрати, мінімізувати ризики відхилень та забезпечити безперервне функціонування установки, що сприяє її високій продуктивності та технологічній стабільності.

					ДП ОА11. 00.000 ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА

4.1 Загальні положення охорони праці та пожежної безпеки у цеху ізомеризації

Процес ізомеризації, який розглядається у дипломному проєкті, характеризується роботою з високотемпературним обладнанням, електромеханічними агрегатами та хімічними реагентами, що обумовлює необхідність ретельної організації заходів з охорони праці та пожежної безпеки. Забезпечення безпечних умов роботи охоплює як безпосередній захист персоналу від інфрачервоних, електричних, хімічних та механічних чинників, так і розробку систем раннього виявлення аварійних ситуацій, організацію заходів пожежного захисту та контроль за дотриманням нормативних вимог.

В першу чергу докладно аналізуються умови праці на робочих місцях, де проводиться ізомеризація. Працівники працюють в умовах, коли температура робочої зони може сягати 26-27 °С, що характерно для зон із високотехнологічним обладнанням, а мікроклімат підтримується за рахунок систем вентиляції, що забезпечують вологість у межах 40–60 %. Рівень освітлення виробничих приміщень розраховано на значення 650 лк, що гарантує комфорт та безпеку операційних маніпуляцій, а шум виробничих агрегатів не перевищує 85–95 дБА, що мінімізує ризик виникнення слухових порушень при тривалій експлуатації. Крім того, стабільні кліматичні умови сприяють збереженню якості технологічного процесу, попереджаючи відхилення, що можуть негативно вплинути на ефективність виробництва. Ці фактори дозволяють мінімізувати вплив негативних виробничих чинників на здоров'я працівників та сприяють підвищенню їх оперативної здатності і продуктивності на робочому місці.

					ДП ОА11. 00.000 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Лівандовська Ю. А.			Електромеханічне обладнання та автоматизація процесу ізомеризації компонентів із вторинної сировини	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевір.		Бойченко С. В.					55	
Реценз.						НТУУ "КПІ" ІЕЕ ОА-11		
Н. Контр.		Кулаковський Л. Я.						
Затверд.		Бойченко С. В.						

Для узагальнення основних параметрів умов праці було складено таблицю, що містить ключові показники робочого середовища (див. табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Основні параметри умов праці на робочих місцях установки ізомеризації

Показник умов праці	Нормативне значення
Температура робочої зони	25–35 °С
Відносна вологість	40–60 %
Рівень освітлення	≥ 400 лк
Рівень шуму	85–95 дБА
Електромагнітне поле	До 5 кВ/м
Концентрація шкідливих речовин	До 5 мг/м³

Далі розглядаються заходи з технічного захисту та організаційні рішення, спрямовані на мінімізацію впливу небезпечних і шкідливих виробничих чинників. Застосування сучасних технологій дозволяє забезпечити захисну ізоляцію електричних мереж, правильне розташування та огороження гарячих елементів технологічного обладнання, а також впровадження систем автоматичного моніторингу та регулювання, що оперативно реагують на можливі відхилення від нормованих параметрів. Для запобігання ураженню електричним струмом та механічних пошкоджень персоналом використовуються спеціальні засоби індивідуального захисту (діелектричні рукавички, захисні каски, спеціальний одяг), що задовольняють вимоги нормативних документів. Додатково, впровадження інтегрованих систем контролю дозволяє вчасно виявляти потенційні несправності технологічного обладнання і проводити своєчасне профілактичне обслуговування, що значно знижує ризик аварійних ситуацій.

З метою узагальнення інформації щодо застосування засобів особистого захисту та заходів з організації безпечних умов праці, наведено узагальнену таблицю, де містяться приклади основних технічних заходів (див. табл. 4.2).

Таблиця 4.2 – Основні заходи з технічного та організаційного забезпечення безпеки праці.

Заходи з безпеки	Опис та мета	Впроваджені заходи
Захист електроустаткування	Забезпечення ізоляції струмовідних частин, огорожувальних бар'єрів та заземлення для запобігання ураженню електричним струмом.	Використання ізоляційних оболонок та захисних штанг
Організаційні заходи	Встановлення правил роботи, внутрішніх стандартів, розробка нарядів-допусків з метою контролю за дотриманням техніки безпеки під час виконання робіт.	Розроблені внутрішні інструкції та графіки чергувань
Системи вентиляції та клімат-контролю	Забезпечення адекватного повітрообміну, контроль температури і вологості для зниження впливу хімічних речовин і надвиробничого тепла.	Встановлена загальнообмінна вентиляція та відсмоктувачі
Заходи пожежної безпеки	Запобігання виникненню пожеж шляхом використання первинних засобів тушіння, систем сигналізації та організації евакуаційних шляхів, а також застосування мереж блискавкозахисту.	Встановлено вогнегасники відповідно до чинних норм та впроваджено автоматичні системи тушіння

4.2 Опис організаційних заходів безпеки для цеху ізомеризації

З метою забезпечення безпеки персоналу у цеху ізомеризації було розроблено і впроваджено внутрішні інструкції та графіки чергувань. Ці документи спрямовані на забезпечення безпеки працівників, безперебійну роботу установки та чіткий порядок виконання обов'язків під час роботи.

4.2.1 Внутрішні інструкції

1) Загальні положення

Ці інструкції регламентують порядок роботи персоналу цеху з установкою ізомеризації та описують дії, які кожен працівник має виконувати протягом чергування для забезпечення безпеки, ефективності виробничого процесу та оперативного реагування у випадку аварійних ситуацій. Інструкції обов'язкові для всіх співробітників, які працюють у цеху, і є складовою частиною системи охорони праці підприємства.

2) Підготовка до початку робочої зміни

Перед початком кожної зміни відповідальна особа (змінний керівник або старший виробничої групи) зобов'язана провести:

- Огляд роботи установки ізомеризації з перевіркою всіх систем автоматичного моніторингу (температура, тиск, рівень реагентів).
- Перевірку засобів індивідуального та колективного захисту, наявність необхідних запобіжних знаків, огорожень і захисних пристроїв.
- Контроль за чистотою робочих місць та технічним станом обладнання.
- Ознайомлення з графіком чергувань, розподіл завдань та оформлення наряду-допуску на виконання робіт.

					ДП ОА11. 00.000 ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

3) Порядок роботи протягом чергування

Протягом робочої зміни кожен працівник повинен:

- Дотримуватися інструкцій з охорони праці, регламентів експлуатації установки та технічних умов роботи.
- Своєчасно вносити дані у журнали контролю параметрів роботи установки (зчитування показників датчиків, контроль роботи систем автоматичного регулювання).
- Негайно повідомляти відповідального керівника про будь-які відхилення від нормованих режимів роботи, несправності обладнання або аварійні ситуації.
- Брати участь у щоденних оперативних зборах для обговорення стану установки, розподілу завдань та аналізу змінних умов виробництва.
- Дотримуватися затвердженого графіку чергувань і вчасно проводити передачу інформації при зміні робочих груп.

4) Завершення зміни та передача змін

Наприкінці робочого часу зміна повинна бути належно здана наступній команді через оформлення акту передачі, у якому фіксуються показники роботи установки, виконані заходи з профілактики несправностей, а також виявлені відхилення та запропоновані рішення для їх усунення. Відповідальність за завершення зміни лежить на старшій особі, що відповідає за зміну.

5) Дії у разі надзвичайних ситуацій

У разі виникнення аварійної ситуації, наприклад, перевищення критичних значень температури чи тиску, витоку реагентів, або несправності системи контролю, кожен працівник зобов'язаний:

- Припинити виконання робіт та відразу евакуюватися за встановленими маршрутами;
- Негайно повідомити відповідальний пункт моніторингу та змінного керівника;

					ДП ОА11. 00.000 ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

- Дотримуватися інструкцій щодо використання аварійних засобів пожежогасіння та першої допомоги, встановлених для даного об'єкту.
- Негайно зв'язатися з аварійними службами, надавши точну інформацію про місцезнаходження, характер аварії та кількість осіб, які знаходяться на об'єкті, для оперативної координації дій і евакуації.

4.2.2 Графік чергувань

Для безперервної роботи установки ізомеризації організовується система чергувань із трьома змінами. Нижче наведено графік роботи на один тиждень (див. табл. 4.3).

Таблиця 4.3 – Тижневий графік чергувань зміни цеху ізомеризації

День тижня	I зміна (8:00 – 16:00)	II зміна (16:00 – 00:00)	III зміна (00:00 – 8:00)
Понеділок	Команда А	Команда Б	Команда В
Вівторок	Команда Б	Команда В	Команда А
Середа	Команда В	Команда А	Команда Б
Четвер	Команда А	Команда Б	Команда В
П'ятниця	Команда Б	Команда В	Команда А
Субота	Команда В	Команда А	Команда Б
Неділя	Команда А	Команда Б	Команда В

Усі команди заздалегідь отримують розклад залежно від графіку роботи підприємства. Графік може коригуватися згідно з виробничими потребами, сезонними змінами чи особливостями проведення профілактичних заходів. При кожному зміні чергування відповідальний керівник веде контроль за своєчасною передачею інформації та оформленням відповідних актів-допусків до роботи.

Для забезпечення безпеки та своєчасного реагування на аварійні ситуації формуються щоденні журнали контролю роботи установки, де фіксуються усі параметри технологічного процесу, а також дані про виконання внутрішніх інструкцій, що дозволяє відслідковувати одержані показники та оперативно корегувати роботу персоналу.

Цей документ визначає порядок дій усіх співробітників цеху під час роботи з установкою ізомеризації, сприяє підвищенню ефективності виробничих процесів і забезпечує контроль за дотриманням норм безпеки на кожному етапі роботи.

4.3 Застосування SCADA системи для підвищення безпеки об'єкту

SCADA система, інтегрована з програмованими логічними контролерами, є ключовим елементом безпеки технологічного процесу установки ізомеризації. Завдяки постійному моніторингу основних показників, таких як температура, тиск, рівень реагентів та інші критичні параметри, система забезпечує оперативне реагування на будь-які відхилення від нормованих режимів роботи. Це дозволяє не лише своєчасно виявляти потенційні аварійні ситуації, а й активувати алгоритми автоматичного управління, що мінімізує ризик для персоналу та обладнання.

Застосування SCADA системи забезпечує інтегровану систему попередження, яка у випадку виникнення надзвичайних ситуацій миттєво генерує сигнали тривоги та надає оператору всю необхідну інформацію для прийняття рішень. При виявленні різких змін технологічних параметрів система може автоматично ініціювати процедури відключення критичних агрегатів або запуску аварійних протипожежних засобів, що значно знижує потенційну шкоду та запобігає ескалації аварійної ситуації.

В даній дипломній роботі було прийнято рішення застосувати SCADA систему від компанії Schneider Electric - Plant SCADA. Дана система дозволяє не тільки реалізувати весь вище перелічений функціонал для забезпечення безпеки персоналу об'єкту, а також допомагає передбачати виникнення потенційних загроз і небезпек.

					ДП ОА11. 00.000 ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

Інтеграція SCADA дозволяє створити прозору систему контролю, де кожний параметр детально логується та аналізується з можливістю відстеження історичних даних. Це сприяє виявленню потенційних проблем задовго до їх виникнення, що дає змогу оптимізувати профілактичне обслуговування та своєчасно корегувати оперативні режими роботи установки. Оператори мають у режимі реального часу доступ до актуальної інформації, що підвищує їхню здатність оперативно реагувати на будь-які зміни в технологічних умовах.

Завдяки використанню SCADA система створює єдиний інформаційний простір, який об'єднує дані з численних датчиків, виконавчих пристроїв та мережевих інтерфейсів управління. Така інтеграція не лише підвищує рівень автоматизації виробничого процесу, мінімізуючи людський фактор, а й забезпечує комплексний підхід до забезпечення безпеки, де всі критичні аспекти контролю та моніторингу стають доступними в єдиному центрі управління.

Таким чином, застосування SCADA системи для автоматизованого моніторингу та управління технологічним процесом, істотно підвищує рівень безпеки об'єкту, забезпечуючи своєчасне реагування на потенційні загрози та оптимізацію роботи установки із переключенням на аварійні режими в разі необхідності. Це своєю чергою створює стабільне та безпечне середовище для роботи персоналу, сприяє зниженню ризиків виникнення аварійних ситуацій і забезпечує ефективну експлуатацію технологічного обладнання.

4.4 Аналіз шкідливих та небезпечних чинників цеху ізомеризації

Технологічний процес ізомеризації включає використання високотемпературних реакторів, обробку агресивних хімічних реагентів та експлуатацію складного електрообладнання, що створює комплекс ризиків для здоров'я персоналу та безпеки виробництва. Одними із ключових чинників є висока температура та теплове випромінювання.

					ДП ОА11. 00.000 ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

Хімічний характер процесу обумовлює утворення летких органічних сполук, які за високих концентраціях можуть бути токсичними та викликати подразнення дихальних шляхів, очей і шкіри. Крім того, неправильне або неконтрольоване використання реагентів може призвести до утворення вибухонебезпечних сумішей, що підвищує ризик пожежних та вибухових ситуацій. Електрообладнання, що працює під високою напругою, створює додаткову загрозу у вигляді ураження електричним струмом, що вимагає застосування сучасних систем ізоляції та заземлення. Також варто зазначити, що експлуатація насосів та електродвигунів супроводжується високим рівнем шуму та вібрацій, що можуть стати причиною хронічних проблем зі слухом, а іноді й механічних травм при довгостроковій роботі.

Після проведення комплексного аналізу шкідливих чинників у цеху ізомеризації, було визначено певні значення по кожному окремому чиннику (див табл. 4.4).

Таблиця 4.4 – Шкідливі чинники у цеху ізомеризації

Чинник	Значення	Відповідність нормам
Температура в приміщенні	26-27 °C	Відповідає нормам
Відносна вологість в приміщ.	42,8-50,1 %	Відповідає нормам
Освітлення робочої зони	650 лк	Відповідає нормам
Звук у робочій зоні	86,5 дБА	Відповідає нормам
Електромагнітне поле	2.2 кВ/м	Відповідає нормам
Концентрація шкідливих речовин	4,7 мг/м ³	Відповідає нормам

Систематичний моніторинг, зокрема і за допомогою впровадженої SCADA системи, робочих параметрів в цеху ізомеризації дозволяє виявляти відхилення від норм та своєчасно здійснювати профілактичні заходи, що є ключовим для збереження здоров'я працівників і підвищення загального рівня безпеки.

Отже після проведеного аналізу шкідливих та небезпечних чинників цеху ізомеризації, не було виявлено порушень і відхилень від чинних норм. Таким чином, можна констатувати факт правильного впровадження заходів безпеки на підприємстві і організації відповідного режиму роботи.

4.5 Електробезпека у цеху ізомеризації

Забезпечення електробезпеки у цеху ізомеризації має вирішальне значення для запобігання аварійним ситуаціям, ураженню електричним струмом та пожежам, що можуть статися через використання високовольтного обладнання, електродвигунів, насосів та складних систем управління. Оскільки технологічний процес ізомеризації передбачає інтеграцію потужних електроагрегатів із системами автоматичного моніторингу та регулювання (SCADA), забезпечення належної електробезпеки вимагає комплексного підходу, який охоплює як технічні, так і організаційні заходи.

Основною задачею є створення безпечного електричного середовища шляхом застосування сертифікованого електрообладнання, здійснення регулярних перевірок та технічного обслуговування, а також впровадження систем захисту від ураження електричним струмом. Для цього використовуються сучасні методи ізоляції струмовідних частин, ефективне заземлення та системи автоматичного вимикання, що дозволяють у разі виявлення параметричних відхилень, оперативно відключити електропостачання критичних ділянок цеху. Регулярний моніторинг робочих параметрів електричних мереж за допомогою SCADA-системи забезпечує не тільки своєчасне виявлення потенційних несправностей, а й дозволяє знизити ризик аварійних ситуацій через автоматизацію процесів контролю.

Особлива увага приділяється організації робіт під напругою, де кожен співробітник зобов'язаний проходити регулярне навчання з охорони праці та ознайомлення з внутрішніми інструкціями щодо безпечного виконання електричних робіт.

					ДП ОА11. 00.000 ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

Всі електроустаткування повинні бути встановлені відповідно до державних нормативних документів, а технологічні схеми робіт – ретельно задокументовані з обов’язковою процедурою передачі інформації між змінами. Крім того, для зниження ризику ураження електричним струмом використовуються спеціальні засоби індивідуального захисту, такі як діелектричні рукавички, ізолюючий захисний одяг та каски, що відповідають вимогам стандартів.

Для узагальнення основних параметрів електробезпеки можна зазначити такі ключові показники, як відповідність робочого напругового діапазону вимогам нормативів, регулярність профілактичних оглядів та своєчасне виявлення несправностей у системах захисту. Використання сучасних технологій дозволяє не лише підтримувати оптимальний стан електричних мереж, а й інтегрувати дані про електричні параметри у єдину систему управління, що сприяє оперативному реагуванню у разі відхилень від стандартних режимів.

Загалом, комплекс заходів з електробезпеки в цеху ізомеризації забезпечує не тільки стабільну роботу технологічного обладнання, але й створює безпечне середовище для працівників, що є основою для підвищення ефективності виробничого процесу та збереження здоров’я персоналу.

4.6 Пожежна безпека у цеху ізомеризації

У цеху ізомеризації пожежна безпека є одним із ключових напрямків охорони праці, адже технологічний процес передбачає роботу з легкозаймистими реагентами, високими температурами та складним електрообладнанням, що створює значний ризик виникнення пожежних ситуацій. В умовах, коли небезпека займання може виникнути як у зв’язку з несанкціонованим впливом джерел запалювання, так і внаслідок несправностей обладнання чи технологічних процесів, необхідно впроваджувати комплекс заходів як технічного, так і організаційного характеру.

					ДП ОА11. 00.000 ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

Технічні заходи спрямовані на попередження виникнення пожежі та своєчасне реагування у разі її виникнення. До них належать встановлення сучасних систем автоматичного виявлення диму та високої температури, що інтегровані з системою SCADA для оперативного контролю та сигналізації. Автоматизовані системи пожежогасіння, наприклад, розпилювачі води, системи газового гасіння або пінного гасіння, активуються при виявленні відхилень від нормальних робочих параметрів, мінімізуючи шкоду для обладнання та забезпечуючи безпечне припинення технологічного процесу. Також велика увага приділяється правильному розташуванню джерел запалювання та огороженню зон, де зберігаються або використовуються легкозаймисті речовини, що запобігає випадковому контакту персоналу з потенційно небезпечними елементами.

Організаційні заходи передбачають розробку і впровадження чітко структурованих планів евакуації, внутрішніх інструкцій та процедур дій у надзвичайних ситуаціях. Працівники проходять регулярне навчання та тренування з пожежної безпеки, що дозволяє швидко налаштуватися на виконання необхідних дій у разі виникнення загрози. Всі евакуаційні маршрути повинні бути чітко позначені, а приміщення оснащені системами аварійного освітлення та звукового оповіщення. Крім того, передбачено щоденний контроль за станом пожежної сигналізації та технічного обслуговування пожежогасильних засобів, що гарантує їхню готовність до використання.

Таким чином, завдяки комплексному підходу, який включає як сучасні технологічні рішення, так і чітко регламентовані організаційні заходи, систему пожежної безпеки цеху ізомеризації вдалося інтегрувати у загальну систему охорони праці підприємства. Це дозволяє знизити ризики виникнення аварійних ситуацій, забезпечити своєчасне реагування на надзвичайні події та, як наслідок, сприяти збереженню здоров'я та життя працівників, а також забезпечити безперебійну експлуатацію технологічного обладнання.

					ДП ОА11. 00.000 ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

Висновки по розділу 4

У даному розділі було всебічно проаналізовано питання охорони праці та пожежної безпеки у цеху ізомеризації, що є критично важливими для забезпечення стабільної та безпечної експлуатації установки. Було визначено основні шкідливі та небезпечні чинники, серед яких – високі температурні режими, вплив хімічно активних реагентів, ризики, пов'язані з експлуатацією високовольтного обладнання, а також небезпека виникнення пожеж і вибухів через специфіку технологічного процесу.

Застосування сучасних технологій, зокрема інтеграція SCADA-системи для моніторингу та управління електричними мережами, дозволяє оперативно реагувати на відхилення від нормованих параметрів, своєчасно встановлювати та регулювати заходи з технічного захисту. Особлива увага приділяється системам електробезпеки, що забезпечують належну ізоляцію, заземлення та автоматичне вимикання обладнання, що створює безпечне електричне середовище на виробництві.

Також було розглянуто комплекс заходів пожежної безпеки, який охоплює як технічні рішення, так і організаційні заходи – розробку планів евакуації, навчання персоналу та впровадження систем аварійного оповіщення. Запровадження чітких внутрішніх інструкцій та графіків чергувань сприяє пунктуальному виконанню завдань, своєчасній передачі інформації та оперативному реагуванню на надзвичайні ситуації.

Отже, комплексний підхід до організації системи охорони праці у цеху ізомеризації, що включає аналіз шкідливих чинників, забезпечення електробезпеки та впровадження ефективних заходів пожежної безпеки, сприяє не лише збереженню здоров'я персоналу, але й підвищенню продуктивності виробничого процесу за рахунок мінімізації аварійних ситуацій і забезпечення стабільної роботи технологічного обладнання.

					ДП ОА11. 00.000 ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

ВИСНОВКИ

У даній дипломній роботі розглянуто питання застосування сучасного електромеханічного обладнання та систем автоматизації для процесу ізомеризації компонентів із вторинної сировини. Проведено всебічний аналіз технологічних аспектів процесу ізомеризації, що включає в себе фізико-хімічні основи реакції, механізми каталізу та класифікацію сучасних технологічних рішень. Результати аналізу свідчать про доцільність впровадження каталітичних систем, які забезпечують високу селективність та ефективність хімічного перетворення за мінімальних енергетичних витрат, що є важливим з точки зору як виробничої ефективності, так і екологічної стійкості підприємства.

Аналіз умов експлуатації цеху ізомеризації дозволив визначити оптимальні параметри робочого середовища: стабільну температуру, належний рівень вологості, достатню освітленість, контроль шуму та електромагнітних полів. Ці дані підкріплено розрахунками та інженерним аналізом, який демонструє відповідність встановлених значень чинників чинним нормативним вимогам. Завдяки цьому побудована система технологічного процесу гарантує не лише високу якість виробленої продукції, але і забезпечує надійний захист здоров'я персоналу.

Важливою складовою роботи є впровадження сучасних систем автоматизації, зокрема інтеграції програмованих логічних контролерів (PLC) типу Modicon M580 і SCADA-системи Plant SCADA від Schneider Electric. Завдяки цьому забезпечено безперервний моніторинг критичних параметрів (температура, тиск, рівень реагентів) та оперативне реагування на відхилення від норм, що значно знижує ризик виникнення аварійних ситуацій.

					ДП ОА11. 00.000 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Лівандовська Ю. А.			Електромеханічне обладнання та автоматизація процесу ізомеризації компонентів із вторинної сировини	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевір.		Бойченко С. В.					68	
Реценз.						НТУУ "КПІ" ІЕЕ ОА-11		
Н. Контр.		Кулаковський Л. Я.						
Затверд.		Бойченко С. В.						

Комплексний підхід до проектування електромеханічного обладнання, забезпечення електробезпеки та пожежної безпеки дозволяє створити стабільну, надійну та екологічно чисту систему виробництва. Проведені розрахунки підтверджують доцільність застосування обраних технологічних рішень, що забезпечують оптимізацію енергоспоживання та зниження експлуатаційних витрат. Впровадження сучасних рішень для автоматизації технологічного процесу ізомеризації сприяє підвищенню якості продукції, зменшенню впливу негативних виробничих чинників і створює безпечне робоче середовище для персоналу.

Отже, результати проектування демонструють, що застосування сучасного електромеханічного обладнання та інтегрованих систем автоматизації дозволяє досягти високої продуктивності та екологічної стійкості виробництва, забезпечуючи відповідність встановленим нормам з охорони праці, електробезпеки та пожежної безпеки. Це створює надійну основу для подальшої комерціалізації та впровадження даних технологій у промислові проекти з переробки вторинної сировини.

					ДП ОА11. 00.000 ПЗ	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69