

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

Навчально-науковий інститут енергозбереження та енергоменеджменту

Кафедра електропостачання

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

_____ Денис ДЕРЕВ'ЯНКО

«__» _____ 2024 р.

Дипломний проєкт

на здобуття ступеня бакалавра

Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітня програма: Системи забезпечення споживачів електричною енергією

на тему: Програмно-апаратний комплекс Schneider Electric для моніторингу й оцінювання якості електричної енергії

Виконала:

студентка IV курсу, групи ОЕ-01

Балан Олена Володимирівна _____

Керівник:

к.т.н., доц. Ярмолюк Олена Сергіївна _____

Консультанти:

Охорона праці та пожежна безпека

(назва розділу)

д.т.н., проф. Третькова Л.Д.

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

Нормоконтроль

(назва розділу)

к.т.н., доц. Ярмолюк О.С.

(вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

Рецензент

_____ (вчені ступінь та звання, прізвище, ініціали)

_____ (підпис)

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

Студент _____

Київ – 2024 рік

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

Навчально-науковий інститут енергозбереження та енергоменеджменту

Кафедра електропостачання

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітня програма: Системи забезпечення споживачів електричною енергією

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

_____ Денис ДЕРЕВ'ЯНКО

«___» червня 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Балан Олені Володимирівні

1. Тема проєкту «Програмно-апаратний комплекс Schneider Electric для моніторингу й оцінювання якості електричної енергії», керівник проєкту к.т.н., доц. Ярмолюк Олена Сергіївна, затверджені наказом по університету від 29 травня 2024 р. №2183-с
2. Термін здачі студентом закінченого проєкту “12” червня 2024 р.
3. Вихідні дані до проєкту Схема електропостачання району міста та цеху
4. Перелік розділів, які мають бути розроблені
 - а) електрична частина: Розробка загальної схеми електропостачання промислового підприємства та району міста
 - б) спеціальна частина: Програмно-апаратний комплекс Schneider Electric для моніторингу й оцінювання якості електричної енергії
 - в) охорона праці та пожежна безпека: Моніторинг робочого місця працівника комплексу Schneider Electric, який впроваджує цей комплекс на енергетичному підприємстві

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу

1. Схема електропостачання;
2. Однолінійна схема живлення РП-1;
3. Внутрішньобудинкова розводка дев'ятиповерхового житлового будинку
4. Вимірювання якості електричної енергії

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ (частина)	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Релейний захист та автоматика</i>	<i>к.т.н., доц. Калінчик В.П.</i>		
<i>Розрахунки струмів короткого замикання</i>	<i>к.т.н., доц. Белоха Г.С.</i>		
<i>Охорона праці та пожежна безпека</i>	<i>д.т.н., проф. Третькова Л.Д.</i>		

7. Дата видачі завдання “20” травня 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН-ГРАФІК

виконання дипломного проєкту

студенткою Балан Оленою Володимирівною

(прізвище, ініціали)

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту	Позначки керівника про виконання завдань
1	Розрахунок електричної частини	20.05.-05.06.24	
2	Розрахунок релейної частини	25.05.24	
3	Розрахунок струмів короткого замикання	13.06.24	
4	Розрахунок частини охорони праці та пожежної безпеки	29.05.24	
5	Розрахунок індивідуального завдання дипломного проєкту	30.05.-10.06.24	
6	Підготовка графічного матеріалу	10.06.-13.06.24	
7	Захист дипломного проєкту	18.06.2024	

Студент
Керівник проєкту

Олена БАЛАН
Олена ЯРМОЛЮК

РЕФЕРАТ

Тема дипломного проєкту зі спеціальною частиною: Програмно-апаратний комплекс Schneider Electric для моніторингу й оцінювання якості електричної енергії.

Дипломний проєкт представлено на аркушах 116 машинописного тексту, кількість ілюстрацій – 61, таблиць – 18, робочих креслень – 4, перелік використаних джерел – 29 найменувань, додатків – 1.

Мета проєкту – показати можливості виявлення проблемних показників роботи електроустановок та надання рекомендацій щодо використання пристроїв компенсації реактивної потужності та гармонічних спотворень за допомогою програмно-апаратного комплексу Schneider Electric.

Під час виконання дипломного проєкту було здійснено розрахунок цеху та об'єктів цивільного призначення з мережею понад 1 кВ. Також були обрані силові трансформатори, обладнання для автоматики та захисту.

Ключові слова: ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ, РОЗПОДІЛ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ, ЕНЕГОЕФЕКТИВНІСТЬ, СПОЖИВАЧІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ, КОМПЕНСАЦІЯ РЕАКТИВНОЇ ПОТУЖНОСТІ.

ABSTRACT

The topic of the diploma project with a special part: Schneider Electric software and hardware complex for monitoring and evaluating the quality of electric energy.

The diploma project is presented on 116 sheets of typewritten text, the number of illustrations - 61, tables - 18, working drawings - 4, the list of used sources - 29 names, appendices - 1.

The purpose of the project is to show the possibilities of detecting problematic indicators of the operation of electrical installations and providing recommendations for the use of reactive power compensation devices and harmonic distortions using the Schneider Electric hardware and software complex.

During the implementation of the diploma project, the calculation of the workshop and civil objects with a network of more than 1 kV was carried out. Power transformers, automation and protection equipment were also selected.

Keywords: ELECTRICITY CONSUMPTION, ELECTRICITY DISTRIBUTION, ENERGY EFFICIENCY, ELECTRICITY CONSUMERS, REACTIVE POWER COMPENSATION.

ПЕРЕЛІК ПРИЙНЯТИХ СКОРОЧЕНЬ

PME – Power Monitoring Expert;

ДБН – державні будівельні норми;

ЗІЗ – засоби індивідуального захисту;

КЗ – коротке замикання, контактне з'єднання;

КРП – компенсація реактивної потужності;

ПЛ – повітряна лінія;

ПУЕ – Правила улаштування електроустановок;

ЩАО – щит аварійного освітлення;

ЩЗО – щит зовнішнього освітлення.

					ОН-01-02.001 ПЗ	Арк
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		6

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗА ТЕМОЮ ДИПЛОМУ.....	11
2. РОЗРОБКА ЗАГАЛЬНОЇ СХЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА ТА РАЙОНУ МІСТА.....	18
2.1. Умови проєктування.....	18
2.2. Розрахунок електричних навантажень цеху та об'єктів цивільного призначення.....	23
2.3. Вибір трансформаторів і засобів компенсації реактивної потужності.....	37
2.4. Визначення центра навантаження об'єкту проєктування.....	39
2.5. Розрахунок живлячих і розподільних мереж.....	41
2.6. Вибір комутаційної апаратури Розподільної мережі.....	46
2.7. Розрахунок струмів короткого замикання та перевірка вибраних комутаційних апаратів і живлячих провідників за умов короткого замикання.....	47
2.7.1. Розрахунок струмів короткого замикання в електричній мережі вище 1 кВ.....	47
2.7.1.1. Розрахунок трифазного короткого замикання....	47
2.7.1.2. Розрахунок однофазного короткого замикання..	49
2.7.1.3. Перевірка вибраних комутаційних апаратів і провідників та висновки.....	56
2.7.2. Розрахунок струмів короткого замикання в електричній мережі нижче 1 кВ.....	59
2.7.2.1. Розрахунок трифазного короткого замикання....	59
2.7.2.2. Розрахунок однофазного короткого замикання..	62

2.7.2.3. Перевірка струмопровідних частин на термічну та електродинамічну стійкість.....	64
2.8. Релейний захист та автоматика (РЗА).....	66
2.9. Організація обліку електричної енергії на об'єкті проектування.....	69
2.10.Економічні характеристики проекту.....	72
Висновок до розділу	75
3. ВИРІШЕННЯ ПРИКЛАДНИХ ЗАДАЧ ЩОДО ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗА ТЕМОЮ ДИПЛОМУ.....	76
Висновок до розділу	94
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА	97
Висновок до розділу	107
ВИСНОВКИ.....	108
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	110
ДОДАТОК А.....	113

ВСТУП

Сучасні системи розподілу електроенергії вимагають високого рівня надійності та ефективності для забезпечення безперервного та якісного електропостачання. Зростання вимог до якості електричної енергії та стабільності роботи електроустаткування спонукає до впровадження новітніх технологій моніторингу та управління. Важливу роль у цьому відіграють програмно-апаратні комплекси, що дозволяють здійснювати постійний контроль параметрів електричних мереж і своєчасно виявляти потенційні проблеми.

Енергопостачальні компанії займають центральне місце у сучасному світі, забезпечуючи електроенергією всі сфери діяльності, включаючи промисловість, транспорт, освіту, медицину та побутові потреби населення.

Ці компанії є основними постачальниками електроенергії для промислових підприємств, які споживають великі обсяги енергії для виробничих процесів, роботи обладнання та машин. Надійне постачання електроенергії є критично важливим для ефективного функціонування промисловості, яка своєю чергою сприяє економічному зростанню та створенню робочих місць.

Одним із лідерів у цій галузі є компанія Schneider Electric, яка пропонує інноваційні рішення для моніторингу та оцінювання якості електричної енергії. Її програмно-апаратні комплекси, зокрема система EcoStruxure, забезпечують високий рівень автоматизації та інтеграції процесів управління електроенергією. Вони дозволяють здійснювати детальний аналіз параметрів мережі, виявляти відхилення від нормативних показників та оперативно реагувати на зміни.

Програмно-апаратний комплекс Schneider Electric включає широкий спектр інструментів для моніторингу, діагностики та управління, що забезпечує повний контроль над якістю електричної енергії в реальному часі. Використання таких технологій дозволяє знизити ризики аварійних ситуацій, мінімізувати економічні втрати та підвищити загальну ефективність роботи енергосистем.

					ОН-01-02.001 ПЗ	Арх
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		9

Цей дипломний проект присвячений дослідженню можливостей та переваг програмно-апаратного комплексу Schneider Electric для моніторингу й оцінювання якості електричної енергії. У рамках роботи буде проаналізовано основні функціональні можливості системи EcoStruxure, розглянуто приклади її застосування на практиці, а також оцінено вплив використання таких технологій на надійність та ефективність електричних мереж.

					ОН-01-02.001 ПЗ	Арк
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		10

1 ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ ЩОДО МЕТИ, ОБ'ЄКТУ ТА ПРЕДМЕТУ ДОСЛІДЖЕННЯ

ТОВ «ШНЕЙДЕР ЕЛЕКТРИК УКРАЇНА» спеціалізується на впровадженні систем енергетичного менеджменту, що дозволяють оптимізувати використання енергії, знижуючи витрати та підвищуючи енергоефективність;

- одним із таких продуктів є EcoStruxure Power Monitoring Expert (PME) 9.0, система для моніторингу та управління енергопостачанням.

Про EcoStruxure Power Monitoring Expert (PME) 9.0

PME 9.0 є передовою платформою для моніторингу та управління енергетичними ресурсами, яка надає користувачам можливість:

- моніторинг та аналіз: Збір та аналіз даних в режимі реального часу для виявлення неефективностей та потенційних проблем в енергетичній системі;

- звітування та візуалізація: Створення детальних звітів та візуалізація даних за допомогою зручного інтерфейсу, що полегшує розуміння енергоспоживання;

- управління активами: Оптимізація використання енергетичних ресурсів та управління активами для підвищення надійності та зменшення витрат;

- інтеграція з іншими системами: Легке інтегрування з іншими рішеннями Schneider Electric та сторонніми системами для створення комплексної інфраструктури енергоменеджменту [29].

Вплив на галузі:

1. промисловість: Завдяки рішенням PME 9.0 компанії можуть ефективно керувати енергоспоживанням, що сприяє зниженню операційних витрат та підвищенню конкурентоспроможності;

					ОН-01-02.001 ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробила		Балан О. В.			ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ ЩОДО МЕТИ, ОБ'ЄКТУ ТА ПРЕДМЕТУ ДОСЛІДЖЕННЯ	Літер	Сторінка	Сторінок
Перевірила		Ярмолюк О.С.					11	115
Т. Контр.						НН ІЕЕ		
Н. Контр.		Ярмолюк О.С.						
Затвердив		Ярмолюк О.С.						

2. комерційні підприємства: Впровадження систем енергоменеджменту дозволяє комерційним підприємствам оптимізувати використання енергії, забезпечуючи стабільність та економічну ефективність;

3. житловий сектор: Системи управління енергією забезпечують комфорт та безпеку у житлових приміщеннях, дозволяючи контролювати споживання енергії та зменшувати витрати на електроенергію.

ТОВ «ШНЕЙДЕР ЕЛЕКТРИК УКРАЇНА» є важливим гравцем на ринку електроенергетики, пропонуючи інноваційні рішення для управління та моніторингу енергії. Їхні продукти, такі як EcoStruxure Power Monitoring Expert 9.0, сприяють підвищенню ефективності та стійкості енергопостачання, що має позитивний вплив на розвиток різних галузей економіки України.

ТОВ «ШНЕЙДЕР ЕЛЕКТРИК УКРАЇНА» активно працює над впровадженням інноваційних рішень для управління та моніторингу електроенергії, забезпечуючи своїм клієнтам високоякісні продукти та послуги, які сприяють підвищенню енергоефективності, безпеки та екологічної стійкості [2].

1.1 Загальні відомості про програмно-апаратний комплекс Schneider Electric

Програмно-апаратний комплекс Schneider Electric для моніторингу й оцінювання якості електричної енергії є сучасним та інноваційним інструментом, призначеним для забезпечення надійного та ефективного управління електричними мережами. Основними елементами цього комплексу є програмне забезпечення EcoStruxure Power Monitoring Expert (PME), високоточні вимірювальні пристрої, і комунікаційні системи, які забезпечують безперервний моніторинг та аналіз якості електропостачання [28].

Основні компоненти комплексу:

1. EcoStruxure Power Monitoring Expert (PME):

					ОН-01-02.001 ПЗ	Арк
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		12

- функціональність: Це програмне забезпечення дозволяє збирати, обробляти та візуалізувати дані про електроенергію в реальному часі. Воно надає комплексний аналіз якості електроенергії, виявляючи аномалії та відхилення, що можуть призвести до збоїв у роботі систем;

- інтерфейс: Зручний користувацький інтерфейс забезпечує доступ до детальних звітів і аналітичних даних, що допомагають користувачам приймати обґрунтовані рішення щодо оптимізації енергоспоживання.

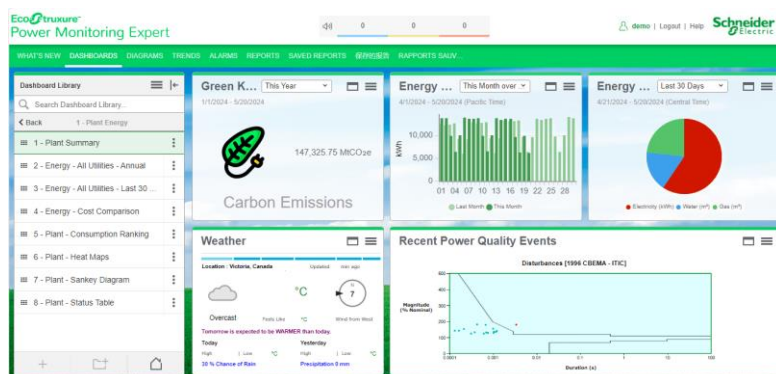


Рисунок 1.1 - Зображення інтерфейсу PME9.0

2. вимірювальні пристрої:

- типи: Schneider Electric використовує різноманітні вимірювальні пристрої, включаючи інтелектуальні лічильники, аналізатори якості електроенергії та сенсори. Ці пристрої можуть встановлюватися у ключових точках електричної мережі для точного моніторингу параметрів електроенергії;

- функції: Вимірювання напруги, струму, частоти, гармонічних спотворень, провалів напруги, перенапруги та інших параметрів, які впливають на якість електропостачання.

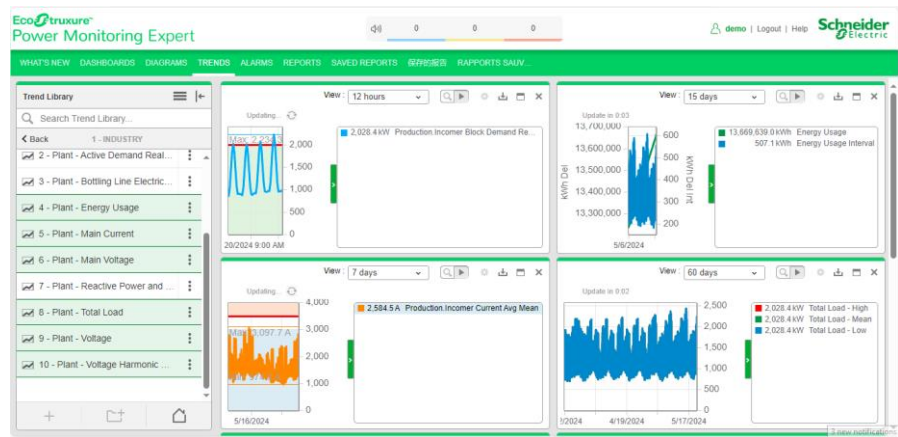


Рисунок 1.2 - Графіки використання енергії заводом, реактивної потужності, головний струм та основна напруга

3. комунікаційні системи:

- протоколи: Комплекс підтримує різні комунікаційні протоколи, такі як Ethernet, Modbus, IEC 61850, що забезпечує інтеграцію з існуючими системами управління енергоспоживанням;

- мережеві компоненти: Використання сучасних мережевих компонентів для передачі даних між вимірювальними пристроями та програмним забезпеченням дозволяє забезпечити швидкий та надійний обмін інформацією [3].

1.2 Функціональні можливості та переваги

Програмно-апаратний комплекс Schneider Electric пропонує низку функцій, що значно покращують управління електричними мережами:

- забезпечення надійності мережі. Постійний моніторинг і аналіз параметрів електропостачання дозволяють вчасно виявляти та усувати проблеми, що підвищує надійність електромережі;

- оптимізація енергоспоживання. Завдяки детальному аналізу даних про споживання електроенергії користувачі можуть оптимізувати енергоспоживання, знижуючи витрати;

- покращення якості електроенергії. Виявлення та усунення аномалій у параметрах електроенергії дозволяє підтримувати високу якість електропостачання;
- зниження витрат на обслуговування. Превентивне обслуговування та оптимізація роботи мережі знижують витрати на ремонт та обслуговування обладнання;
- аналіз даних. Застосування аналітичних інструментів для виявлення причин порушень якості електроенергії;
- автоматичні звіти. Генерація звітів про стан мережі, що дозволяє оперативно реагувати на виявлені проблеми;
- інтеграція з іншими системами: Можливість інтеграції з існуючими системами управління електроенергією для підвищення загальної ефективності [1].

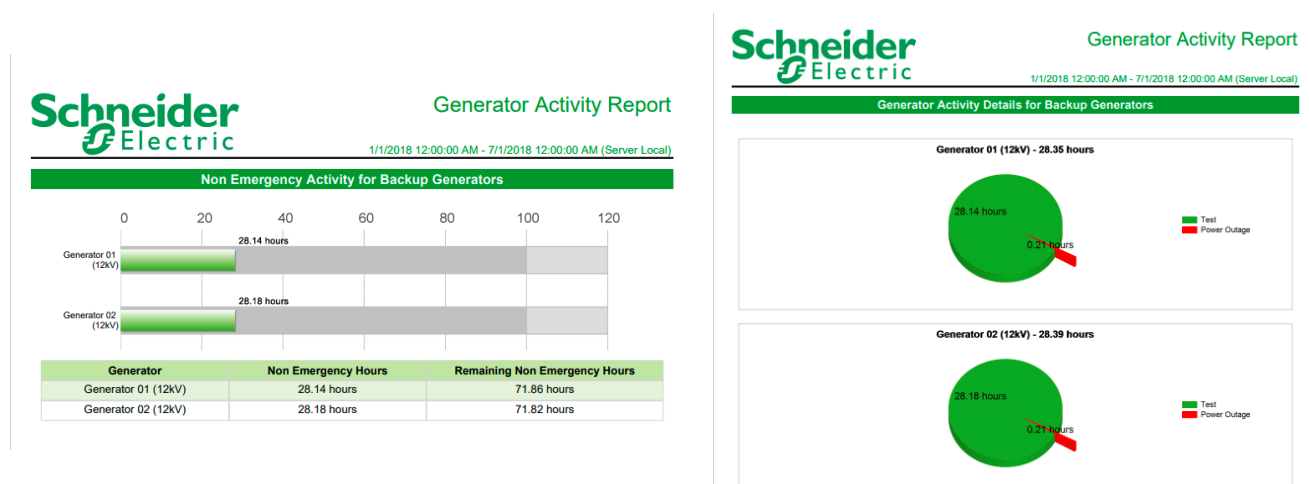


Рисунок 1.3 - Звіт про діяльність генератора

1.3 Перспективи розвитку

З розвитком технологій та зростанням вимог до якості електропостачання, програмно-апаратні комплекси Schneider Electric стають все більш важливими для забезпечення стабільного та ефективного управління електричними мережами. Інвестиції у ці системи дозволяють значно покращити надійність та якість електропостачання, що сприяє сталому розвитку енергетичної інфраструктури [1].

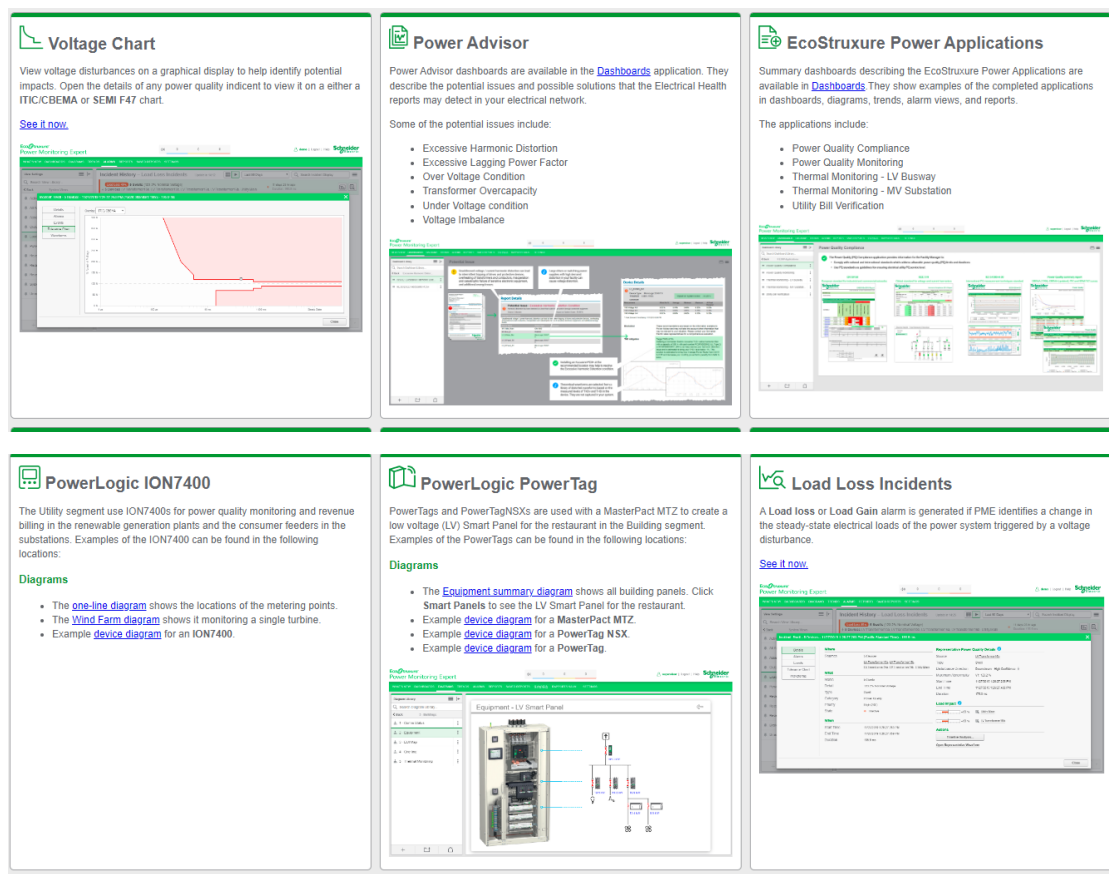


Рисунок 1.4 – Інтерфейс програмного забезпечення.

1.4 Вплив на надійність та ефективність

Використання програмно-апаратного комплексу Schneider Electric дозволяє значно підвищити надійність та ефективність електричних мереж:

- зменшення кількості збоїв: Виявлення та усунення потенційних проблем до того, як вони призведуть до серйозних збоїв;
- покращення якості електроенергії: Зниження рівня гармонічних спотворень та інших аномалій;
- оптимізація витрат: Зменшення витрат на обслуговування та ремонт завдяки превентивному обслуговуванню.

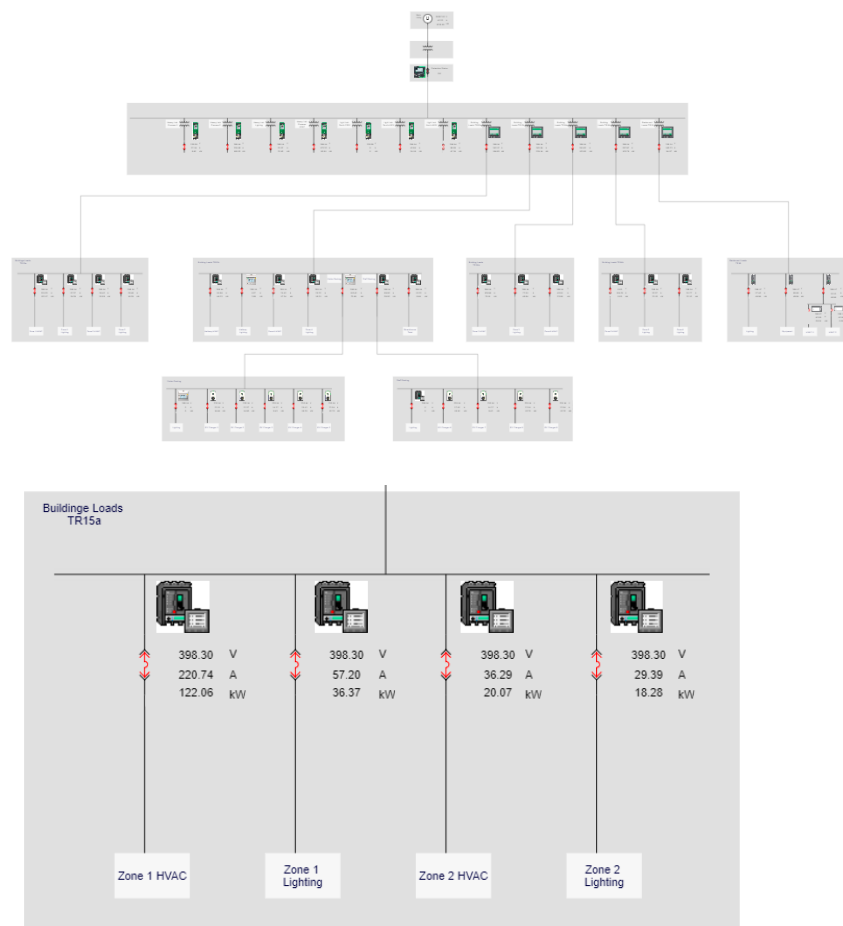


Рисунок 1.5 - Діаграма однолінійної будівлі; будівельні навантаження

1.5 Оцінка використання в майбутньому

Зважаючи на зростаючі вимоги до якості електропостачання та стабільності енергетичних систем, використання програмно-апаратних комплексів, таких як рішення від Schneider Electric, стає все більш актуальним. Інвестиції у ці технології дозволяють зменшити операційні витрати, покращити якість послуг та підвищити задоволеність споживачів.

Ринок систем моніторингу та оцінки якості електричної енергії продовжує зростати. За прогнозами, попит на такі системи буде зростати з кожним роком, що відкриває нові можливості для розвитку та впровадження інноваційних рішень [1-4].

2 РОЗРОБКА ЗАГАЛЬНОЇ СХЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА ТА РАЙОНУ МІСТА

2.1 Умови проєктування

У цьому проєкті розглядається система електропостачання району, який є частиною великого міста. Під системою електропостачання міста розуміється сукупність електричних мереж і трансформаторних підстанцій, розташованих на його території, які забезпечують електроенергією споживачів.

Основні показники системи визначаються місцевими умовами, такими як розміри міста, наявність джерел живлення та характеристики споживачів. Електропостачання міських споживачів здійснюється через розподільні мережі напругою 6-10 кВ і 0,38 кВ, що підключені до джерел живлення.

Трансформаторні підстанції з трансформаторами різної потужності живлять мережу 0,38 кВ. Схема побудови мережі залежить від типу споживачів. Для забезпечення електроенергією промислових підприємств і комунально-побутових споживачів можуть використовуватися окремі підстанції (ТП), які не підключені до загальної мережі. Залежно від важливості споживачів, ці підстанції можуть бути автоматизовані, тобто оснащені пристроями для автоматичного перемикання на резервну лінію у разі виходу з ладу основної.

Міські електричні мережі напругою 6-10 кВ мають особливість, що в кожному мікрорайоні можуть бути споживачі всіх трьох категорій за надійністю електропостачання, що вимагає відповідної побудови мережі. У правилах улаштування електроустановок (ПУЕ) встановлені вимоги до конструкції, розміщення та обладнання підстанцій. Зокрема, підстанції не можна розташовувати

					ОН-01-02.001 ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробила</i>		<i>Балан О. В.</i>			РОЗРОБКА ЗАГАЛЬНОЇ СХЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА ТА РАЙОНУ МІСТА	<i>Літер</i>	<i>Сторінка</i>	<i>Сторінок</i>
<i>Перевірила</i>		<i>Ярмолюк О.С.</i>					18	115
<i>Т. Контр.</i>						<i>НН ІЕЕ ОЕ-01</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Ярмолюк О.С.</i>						
<i>Затвердив</i>		<i>Ярмолюк О.С.</i>						

в житлових будівлях, школах, лікарнях, спальних корпусах санаторіїв, під приміщеннями з мокрим технологічним процесом, душовими, вбиральнями та ванними кімнатами, за винятком випадків з надійною гідроізоляцією і перекриттями з монолітного бетону. Також необхідно захистити підстанції від можливих пошкоджень у безпосередній близькості до кранів і внутрішньоцехового транспорту.

Рационально спроектована система електропостачання міста є запорукою ефективного функціонування багатьох міських і промислових об'єктів, розташованих на його території. Споживачів електроенергії на житловій території міста можна поділити на дві основні групи: житлові будинки та суспільно-комунальні установи. Споживання електроенергії в житлових будинках залежить від способу життя мешканців.

Сучасні житлові будинки оснащені великою кількістю електроприймачів (ЕП), які поділяються на електроприймачі квартир і загальнобудинкового призначення.

Вихідні дані проектування представлені на рисунку 2.1.

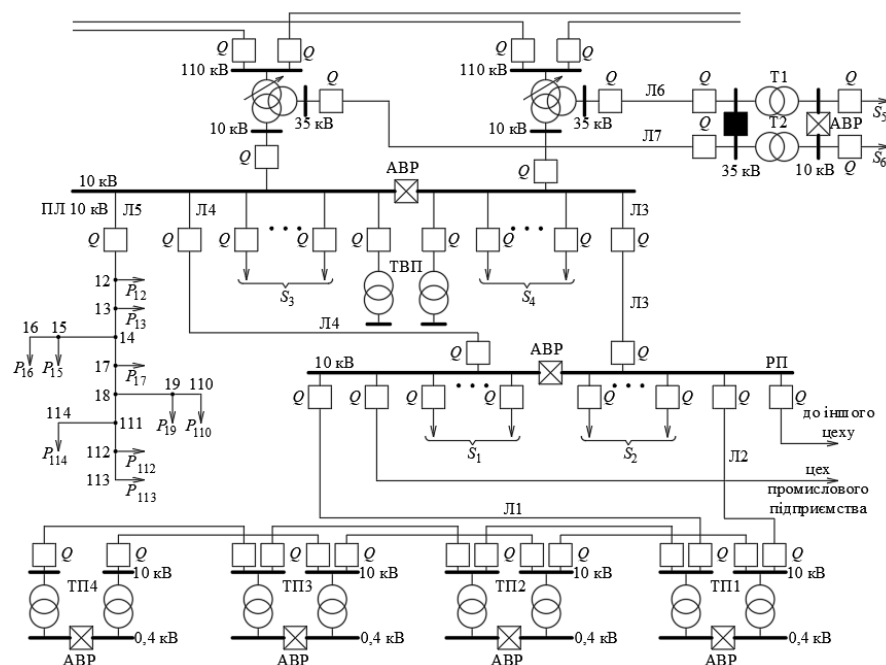


Рисунок 2.1 – Схема електропостачання

Цех обробки корпусних деталей відіграє ключову роль у виробничому процесі, забезпечуючи якість та міцність з'єднання, необхідні для створення високоякісної продукції.

Приміщення цеху збудоване з міцних матеріалів, що забезпечує оптимальну температуру та захищає від зовнішніх впливів. Воно має розміри $28 \times 35 \times 9$ метрів і складається з високоякісних сендвіч-панелей, стеля та підлога яких мають білий колір.

У цеху розміщено різноманітні верстати та обладнання, призначені для різання, з'єднання та обробки металу: від токарно-гвинторізних до плоскошліфувальних та вертикально-фрезерних верстатів. Це обладнання працює на стандартній напрузі 380В та частоті 50Гц.

З метою забезпечення надійності та безпеки, у цеху використовуються зварювальні трансформатори, які відносяться до обладнання першої категорії надійності. Перерва в їх живленні може призвести до зниження якості продукції та загрози для працівників. Інше обладнання також має високий рівень надійності, оскільки його непрацездатність може спричинити простої виробництва та порушення технологічних процесів.

У цеху дотримуються стандартів пожежної та безпечної експлуатації. Кабельні лінії прокладені у спеціальних каналах у підлозі, а всі провідні матеріали відповідають вимогам негорючої ізоляції. Освітлення забезпечується світильниками LED, розташованими таким чином, щоб забезпечити оптимальний рівень освітленості в цеху.

За допомогою відповідного розташування обладнання та дотримання вимог експлуатації, зварювальний цех забезпечує безперебійний виробничий процес, знижуючи ризики аварій та забезпечуючи високу якість виготовленої продукції.

					ОН-01-02.001 ПЗ	Арк
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		20

Таблиця 2.1 – Розподіл ЕП по силовим пунктам та за категоріями надійності електропостачання

	Номер на плані	ЕП	K_v	$\cos\varphi$	Номінальна потужність, кВт	Категорія надійності
СП1	1-5	Зварювальні апарати, ТВ=60%	0,25	0,4	48	III
СП2	11-14	Вентилятори	0,6	0,8	16	I
СП3	34-39	Електричні печі індукційні	0,65	0,9	15	I
СП4	15-19	Плоскошліфувальні верстати	0,14	0,6	12	III
	20-24	Радіально-свердлильні верстати	0,21	0,7	8	III
СП5	25-26	Токарні верстати	0,14	0,6	11	III
	30-33	Крани консольно-поворотні, ТВ = 60 %	0,12	0,45	7,5	III
СП6	6-8	Гальванічні ванни	0,5	0,7	30	III
	9,10	Розточувальні верстати	0,26	0,7	10	III
	27-29	Токарні верстати	0,14	0,6	11	III

Таблиця 2.2 – Додаткові силові пункти

ЩО ЩАО	Щит основного освітлення.	I
	Щит аварійного освітлення, світлових показчиків аварійних виходів та сигналізації.	
ЩЗО	Щит зовнішнього охоронного освітлення.	I

Обґрунтування кількості та місця розміщення силових розподільних пунктів і щитів освітлення

При розподілі ЕП по СП варто приймати до уваги наступні твердження:

- Розподільчі щити мають обмежене місце для встановлення комутаційної та захисної апаратури;
- ЕП потрібно групувати по категоріям надійності;
- Споживачів, які впливають на параметри напруги мережі потрібно підключати радіально в окремий СП.

- Розміщення СП має відповідати вимогам 4.1.32 - 4.1.36 [5];
- Рекомендовано розміщувати СП не далеко від ЕП.

Відповідно до вимог [8]:

- живлення аварійного освітлення має здійснюватися окремо від загального, тому заживлюємо його через окремий щит (ЩАО);

- пункт (8.3.2) зовнішнє (охоронне) освітлення має бути кероване окремо відносно основного. Тому заживлюємо його через окремий щит (ЩЗО).

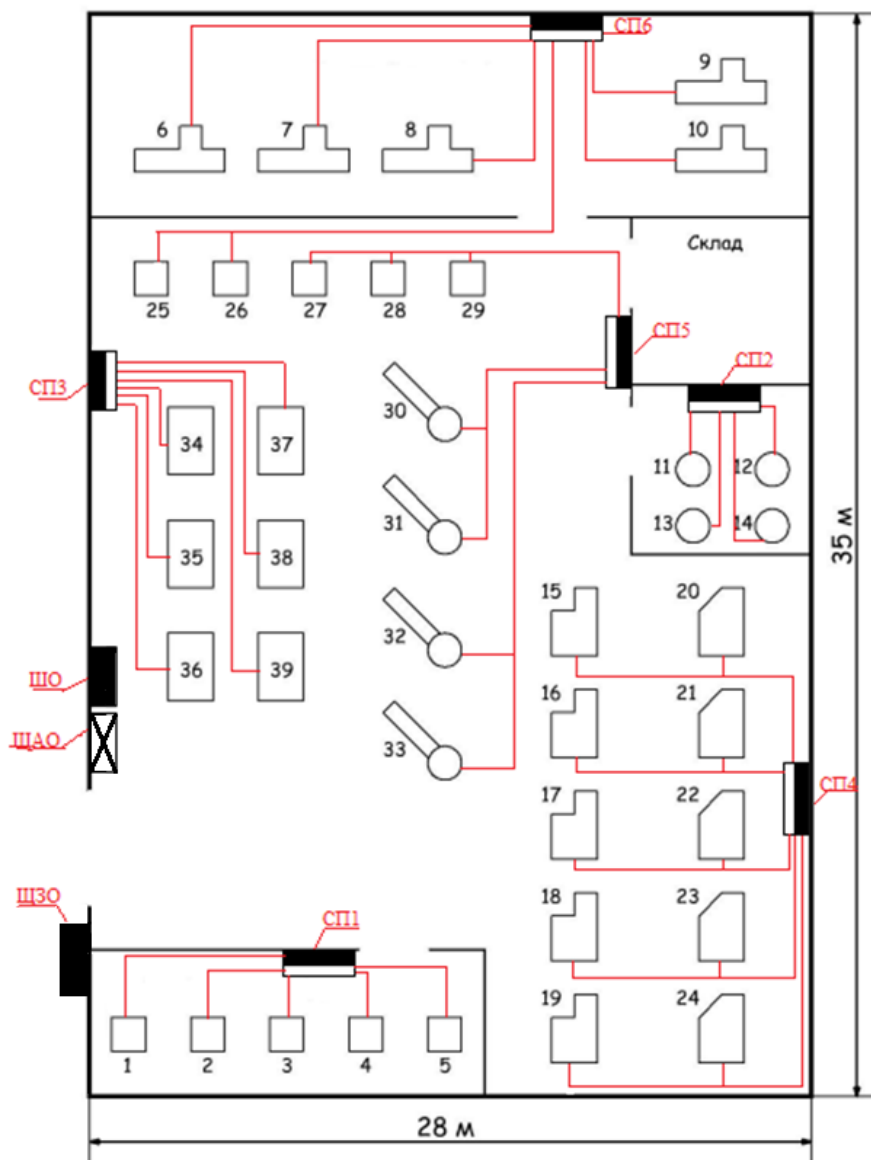


Рисунок 2.2 – План розміщення ЕП цеху обробки корпусних деталей

Визначення розрахункових електричних навантажень цеху промислового підприємства

2.2 Визначення розрахункових електричних навантажень цеху промислового підприємства

Метод розрахункових коефіцієнтів (РК) [5], котрий базується на методі упорядкованих діаграм, дає можливість більш точно враховувати формування середніх значень електричних навантажень на високих ступенях електропостачання і тим самим усунути необґрунтоване збільшення розрахункових навантажень.

Номінальна активна потужність групи ЕП розраховується за формулою:

$$P_H = n P_{Hi},$$

де n – кількість ЕП;

P_{Hi} – номінальна потужність електроприймача для токарних верстатів, за формулою (1.1):

$$P_H = 3 \cdot 11 = 33 \text{ кВт},$$

Для консольно-поворотних кранів:

$$P_H = n P_{\text{паст}} \sqrt{TB},$$

$$P_H = 4 \cdot 7,5 \cdot \sqrt{0,60} = 23,24 \text{ кВт}.$$

де $P_{\text{паст}}$ - паспортна потужність;

TB – коефіцієнт тривалості включення.

Розрахунок інших навантажень проводимо згідно формул $P_H = n P_{Hi}$, та $P_H = n P_{\text{паст}} \sqrt{TB}$, та результати зводимо в таблицю 2.2.

Визначаємо проміжну активну і реактивну потужності:

$$P_{\text{пр}} = P_H \sum k_B,$$

$$Q_{\text{пр}} = P_{\text{пр}} \operatorname{tg} \varphi.$$

де k_B – коефіцієнт використання;

$$P_{\text{пр}}=33\cdot0,14=4,62 \text{ кВт},$$

$$Q_{\text{пр}}=4,62\cdot1,33=6,16 \text{ квар.}$$

Розраховуємо номінальну групову активну потужність для СП5:

$$P_{\text{н}}=\sum_{i=1}^n P_{\text{ні}}=23,24+33=56,24 \text{ кВт.}$$

Для інших споживачів розрахунок проводимо аналогічно та результати зводимо до таблиці 1.2.

Сумарна проміжна активна і реактивна потужності для СП5:

$$P_{\text{п}}=\sum_{i=1}^n P_{\text{прі}},$$

де $\sum P_{\text{пр}}$ – сума активних проміжних потужностей для СП5,

$$P_{\text{пСП1}}=4,62+2,78=7,409 \text{ кВт},$$

$$Q_{\text{п}}=\sum_{i=1}^n Q_{\text{прі}},$$

де $\sum Q_{\text{пр}}$ - сума реактивних проміжних потужностей для СП5,

$$Q_{\text{пСП1}}=6,16+5,53=11,69 \text{ квар.}$$

Серед всіх споживачів СП5 шукаємо з максимальною і мінімальною потужностями:

$$P_{\text{мінпСП5}}=7,5 \text{ кВт},$$

$$P_{\text{махпСП5}}=11 \text{ кВт},$$

$$m=\frac{P_{\text{махпСП5}}}{P_{\text{мінпСП5}}}=\frac{11}{7,5}=1,47.$$

Розраховуємо коефіцієнт використання всього силового пункту:

$$K_{\text{в}}=\frac{P_{\text{п}}}{P_{\text{н}\Sigma}},$$

де $P_{\text{п}}$ - сумарна проміжна потужності для СП5;

$P_{\text{н}\Sigma}$ - сумарна номінальна потужність для СП5;

$$K_{\text{вСП5}}=\frac{7,409}{56,24}=0,13.$$

					ОН-01-02.001 ПЗ	Арк
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		24

Ефективне число ЕП визначимо по формулі:

$$n_{\text{ef}} = \frac{P_{\Sigma}^2}{\sum P_{\text{ні}}^2},$$

де $P_{\text{н max}}$ - максимальна номінальна потужність

$$n_{\text{ef СП5}} = \frac{56,24^2}{11^2 \cdot 3 + 7,5^2 \cdot 4} = 5,38.$$

Приймаємо $n_{\text{ef СП5}} = 7$

Для інших електроприладів розрахунок ведеться аналогічно. Дані зводимо в таблицю 1.2.

Згідно [2] визначаємо коефіцієнт розрахункового навантаження:

$$K_{\text{р СП5}} = 2,116.$$

Розраховуємо сумарну розрахункову активну потужність для СП5:

$$P_{\text{р}} = P_{\text{п}} K_{\text{р}},$$

де $P_{\text{п}}$ – сумарна проміжна активна потужність для СП5;

$K_{\text{р}}$ – коефіцієнт розрахункового навантаження;

$$P_{\text{р}} = 7,409 \cdot 2,116 = 15,68 \text{ кВт},$$

Визначаємо розрахункову реактивну потужність:

$$\text{при } n_{\text{е}} > 10 \quad Q_{\text{р}} = Q_{\text{пр}},$$

$$\text{при } n_{\text{е}} \leq 10 \quad Q_{\text{р}} = 1,1 \cdot Q_{\text{пр}},$$

$$\text{СП5: } Q_{\text{р}} = 1,1 \cdot Q_{\text{пр}} = 12,86 \text{ квар (так як } n_{\text{е}} = 7 < 10),$$

Повна розрахункова потужність для СП5:

$$S_{\text{р}} = \sqrt{P_{\text{р}}^2 + Q_{\text{р}}^2},$$

$$S_{\text{р СП5}} = \sqrt{15,68^2 + 12,86^2} = 20,27 \text{ кВА}.$$

Розрахунковий струм для СП5:

$$I_{\text{р}} = \frac{S_{\text{р}}}{\sqrt{3} U_{\text{н}}},$$

де S_p – повна розрахункова потужність для СП5;

U_n – номінальна напруга;

$$I_{pСП5} = \frac{20,27}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 30,81 \text{ А.}$$

Для інших СП розрахунків проводимо аналогічно і результати зводимо до таблиці 1.2.

Розрахуємо сумарне силове навантаження цеху:

Сумарна кількість електроприймачів

$$n_{\Sigma} = \sum_{i=1}^m n_i ,$$

$$n_{\Sigma} = 5 + 4 + 6 + 10 + 7 + 7 = 39.$$

Розраховуємо номінальну групову активну потужність:

$$P_n = \sum_{i=1}^n P_{ni} = 185,90 + 64 + 45 + 60 + 56,24 + 132 = 543,14 \text{ кВт.}$$

Серед всіх електроприймачів шукаємо з максимальною і мінімальною потужностями:

$$P_{\min СП5} = 7,5 \text{ кВт,}$$

$$P_{\max СП1} = 48 \text{ кВт,}$$

$$m = \frac{P_{\max СП1}}{P_{\min СП5}} = \frac{48}{7,5} = 6,4.$$

Сумарна проміжна активна і реактивна потужності:

$$P_{пCH} = \sum_{i=1}^n P_{пCHi} ,$$

$$P_{пCH} = 46,476 + 38,4 + 29,25 + 26,6 + 7,408 + 53,28 = 201,41 \text{ кВт.}$$

$$Q_{пCH} = \sum_{i=1}^n Q_{пCHi} ,$$

$$Q_{пCH} = 106,49 + 28,80 + 14,166 + 28,891 + 11,694 + 55,321 = 245,36 \text{ квар.}$$

Розраховуємо коефіцієнт використання:

					ОН-01-02.001 ПЗ	Арк
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		26

$$K_B = \frac{P_{псн}}{P_{н\sum}},$$

$$K_{всп} = \frac{201,41}{543,14} = 0,37.$$

Ефективне число ЕП визначимо по формулі:

$$n_{еСП} = \frac{2 \sum_{i=1}^n P_{hi}}{P_{n.i.max}},$$

$$n_{еСП} = \frac{2 \cdot 543,14}{48} = 22,63.$$

Приймаємо $n_{еСП} = 22$.

Згідно [2] визначаємо коефіцієнт розрахункового навантаження:

$$K_p = 0,85.$$

Розраховуємо сумарну розрахункову активну потужність:

$$P_p = P_{п} K_p,$$

$$P_p = 201,41 \cdot 0,85 = 171,20 \text{ кВт.}$$

Визначаємо розрахункову реактивну потужність:

$$Q_p = K_p Q_{пр},$$

$$Q_p = 0,85 \cdot 245,36 = 208,56 \text{ квар.}$$

Повна розрахункова потужність силового навантаження:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2},$$

$$S_p = \sqrt{171,20^2 + 208,56^2} = 269,83 \text{ кВА.}$$

Розрахунковий струм:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} U_H},$$

$$I_p = \frac{269,83}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 409,96 \text{ А.}$$

Визначення розрахункових навантажень освітлювальних установок, як правило, передують розрахунки електричного освітлення проєктованого цеху, яке поділяють на робоче та аварійне.

Для розрахунку освітлення в електромеханічному цеху використаємо метод коефіцієнта використання.

Потрібний потік ламп в кожному світильнику Φ знаходиться з формули:

$$\Phi = \frac{E_{\min} k_z F z}{\eta}$$

де k_z – коефіцієнт запасу;

$E_{\min}$ – мінімальна освітленість, лк;

F – площа, приміщення, що освітлюється, м²;

z – коефіцієнт нерівномірності освітленості;

η – коефіцієнт використання світлового потоку – відношення світлового потоку, який падає на робочу поверхню, до світлового потоку світильників.

Коефіцієнт використання η залежить від типу світильника, коефіцієнтів відбиття стін $\rho_{\text{ст}}$, стелі $\rho_{\text{с}}$, робочої поверхні $\rho_{\text{р}}$, та від показника приміщення який враховує співвідношення розмірів приміщення.

Приймаємо:

$$\rho_{\text{ст}} = 0,5,$$

$$\rho_{\text{с}} = 0,3,$$

$$\rho_{\text{р}} = 0,1.$$

Згідно [3] та вище приведених формул, визначаємо:

Коефіцієнт запасу $k_z = 1,8$.

Мінімальна освітленість $E_{\min} = 200$ лк.

Коефіцієнт нерівномірності $z = 1,15$.

Площа приміщення:

$$F = A \cdot B,$$

$$F = 35 \cdot 28 = 980 \text{ м}^2.$$

Визначимо показник, який враховує співвідношення розмірів приміщення (індекс приміщення):

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

$$h = H - h_c - h_p,$$

де $H = 9$ м – висота приміщення цеху;

$h_c = 1,2$ м – відстань світильника від перекриття;

$h_p = 0,8$ м – висота розрахункової поверхні над підлогою згідно норм [6];

$$h = 9 - 1,2 - 0,8 = 7 \text{ м},$$

Тоді:

$$i = \frac{35 \cdot 28}{7 \cdot (35 + 28)} = 2,2.$$

Вибираємо згідно [3] коефіцієнт використання світлового потоку:

$$\eta = 0,35.$$

Визначимо світловий потік однієї лампи, необхідний для забезпечення заданої мінімальної освітленості, лм:

Нормоване значення освітленості для цеху дорівнює 200 лк. Коефіцієнт мінімальної освітленості $z = 1,12$. Вибираємо значення коефіцієнту запасу $k_3 = 1,3$.

Вибираємо згідно [7] тип та потужність ламп:

тип LED ДБО 01-3x60-180-011 TRS, $\Phi_{\text{л}} = 26100$ лм, $P_{\text{л}} = 180$ Вт $U = 220$ В.

Тоді світловий потік:

$$\Phi = \frac{200 \cdot 1,3 \cdot 980 \cdot 1,12}{0,35} = 815360 \text{ лм},$$

Кількість світильників :

$$N_{\text{св}} = \frac{\Phi}{\Phi_{\text{л}}},$$

$$N = \frac{815360}{26100} = 31,23 \approx 32 \text{ шт.}$$

Використовуємо LED ДБО 01-3x60-180-011 TRS; Потужність ламп $P_{\text{л}} = 180$ Вт, $I = 0,81$ А, $\cos \varphi = 0,9$, тоді $\text{tg} \varphi = 0,48$.

					ОН-01-02.001 ПЗ	Арк
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		29

Визначаємо активну потужність освітлювального навантаження при коефіцієнті попиту ($K_{\Pi}=0,9$):

$$P_{\text{осв}} = n P_{\text{л}} K_{\Pi},$$
$$P_{\text{осв}} = 32 \cdot 180 \cdot 0,9 = 5184 \text{ Вт.}$$

Визначаємо реактивну потужність освітлювального навантаження:

$$Q_{\text{осв}} = P_{\text{осв}} \operatorname{tg} \varphi,$$
$$Q_{\text{осв}} = 5184 \cdot 0,48 = 2488,32 \text{ вар.}$$

Світильники аварійного освітлення розмістимо рівномірно по всій площі приміщення, значення освітленості при аварійному освітленні для ремонтно-механічного цеху рекомендується брати 5 % від норми робочого освітлення, але не менш як 5 та не більше 30 лк. Для освітлення використаємо LED світильник ДБО 02-15-001 VGL.

$$P_{\text{ав}} = 0,05 P_{\text{осв}},$$
$$P_{\text{ав}} = 0,05 \cdot 5184 = 259,2 \text{ Вт.}$$

Розрахуємо повне освітлювальне навантаження:

$$S_{\text{осв}} = \sqrt{P_{\text{осв}\Sigma}^2 + Q_{\text{осв}\Sigma}^2},$$
$$P_{\text{осв}\Sigma} = P_{\text{осв}} + P_{\text{ав}},$$
$$P_{\text{осв}\Sigma} = 5184 + 259,2 = 5443,2 \text{ Вт.}$$
$$Q_{\text{осв}\Sigma} = P_{\text{осв}} \operatorname{tg} \varphi,$$
$$Q_{\text{осв}\Sigma} = 5184 \cdot 0,484 = 2509,05 \text{ квар.}$$
$$S_{\text{осв}} = \sqrt{5443,2^2 + 2509,05^2} = 5,993 \text{ кВА.}$$

Результати розрахунків зведемо в таблицю 1.2.

Активна потужність на шинах 0,4кВ ТП:

$$P_{\text{нн}} = P_{\text{р}} + P_{\text{осв}},$$

де $P_{\text{р}}$ – сумарна розрахункова активна потужність для всіх СП;

$P_{\text{осв}}$ – активна потужність освітлювального навантаження;

					ОН-01-02.001 ПЗ	Арк
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		30

$$P_{\text{HH}}=171,20+5,44=176,64 \text{ кВт.}$$

Реактивна потужність на шинах 0,4 кВ ТП:

$$Q_{\text{HH}}=Q_p+Q_{\text{осв}},$$

де Q_p – сумарна розрахункова активна потужність для всіх СП;

$Q_{\text{осв}}$ – активна потужність освітлювального навантаження;

$$Q_{\text{HH}}=208,56+2,500=211,06 \text{ квар.}$$

Повна потужність на шинах 0,4кВ ТП:

$$S_{\text{HH}}=\sqrt{P_{\text{HH}}^2+Q_{\text{HH}}^2},$$

де P_{HH} і Q_{HH} – активна і реактивна потужність на шинах НН.

$$S_{\text{HH}}=\sqrt{176,64^2+211,06^2}=275,22\text{кВА.}$$

Таблиця 2.3 - Навантаження цеху промислового підприємства

Початкові дані										Проміжні потужності		$n_{p.e}$	n_e	K_p	Розрахункові потужності			Розрахунковий струм $I_{p, A}$
За умовою						Довідникові									$P_{p, кВт}$	$Q_{p, квар}$	$S_{p, кВ\cdot A}$	
Найменування ЕП	$n, од$	Номінальна потужність, кВт				$P_{n.i. max} / P_{n.i. min}$	k_n K_n	$cos\varphi$	$tg\varphi$									
		P_{ni}	$P_{n\Sigma}$	$P_{n.i. max}$	$P_{n.i. min}$													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Зварювальні апарати, ТВ=60%	5	48,0	185,90				0,25	0,4	2,29	46,48	106,49							
СП1	5		185,90	48	48	1,00	0,25			46,476	106,49	3,0	5	1,56	72,502	117,14	137,76	209,3
Вентилятори	4	16,0	64,00				0,6	0,8	0,75	38,4	28,80							
СП2	4		64,00	16	16	1,00	0,6			38,4	28,80	4,0	4	1,14	43,78	31,68	54,037	82,1
Електричні печі індукції	6	15,0	45,00				0,65	0,9	0,48	29,25	14,166							
СП3	6		45,00	15	15	1,00	0,65			29,25	14,166	1,5	6	1,035	30,274	15,583	34,049	51,732
Плоскошліфувальні верстати	5	8,0	40,00				0,14	0,6	1,33	5,6	7,4667							
Радіально-свердлильні верстати	5	12,0	60,00				0,35	0,7	1,02	21,00	21,42							
СП4	10		60,00	12	8	1,50	0,44			26,6	28,891	10,0	10	1,06	28,20	28,891	40,37	61,3
Токарні верстати	3	11,0	33,00				0,14	0,6	1,33	4,62	6,16							
Крани консольно-поворотні ТВ=60%	4	7,5	23,24				0,12	0,45	1,98	2,7885	5,5339							
СП5	7		56,24	11	7,5	1,47	0,13			7,4085	11,694	5,38	7	2,116	15,68	12,863	20,278	30,81
Гальванічні ванни	3	30,0	90,00				0,5	0,7	1,02	45	45,909							
Розточувальні верстати	2	10,0	20,00				0,26	0,7	1,02	5,2	5,3051							
Токарні верстати	2	11,0	22,00				0,14	0,6	1,33	3,08	4,1067							
СП6	7		132,00	30	10	3,00	0,4			53,28	55,321	8,80	7	1,12	59,67	55,321	81,372	123,63
Силове навантаження (СП1...СП2) на шинах 0,4 кВ ТП	39		543,14	48	7,5	6,4	0,37			201,41	245,36	22,63	22	0,85	171,20	208,56	269,83	409,96
Освітлювальне навантаження (ЩО)															5,44	2,500	5,987	9,0962
Сумарне навантаження на шинах 0,4 кВ ТП															176,64	211,06	275,22	418,16

Розрахункові навантаження цивільних об'єктів

Відповідно до ДБН В.2.5-23:2010 класифікуємо дані об'єкти за категоріями надійності електропостачання.

Таблиця 2.4 – Характеристики комунально-побутових споживачів

Код об'єкту	Характеристика об'єкту	Кількість	Кат. над.
Б	Житловий будинок з електричними плитами, 16 поверхів, 1 секція, 48 помешкань	2	II
Е	Житловий будинок з газовими плитами, 9 поверхів, 1 секції, 36 помешкань	1	II
Ж	Житловий будинок з газовими плитами, 9 поверхів, 4 секція, 216 помешкань	1	II
З	Житловий будинок з газовими плитами, 9 поверхів, 3 секції, 108 помешкань	3	II
Л	Аптека з площею залу 100 м ²	2	II
М	Перукарня на 20 робочих місць	1	III
Р	Ресторан на 200 місць	1	II

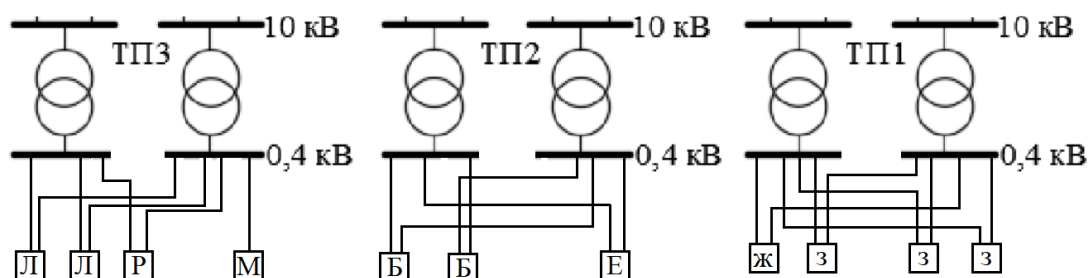


Рисунок 2.4 – Принципова схема приєднання об'єктів до ТП

Розрахунок нормального режиму

Визначення розрахункових навантажень громадських об'єктів:

$$P_{ж.б} = p_{пит} n_{кв} + 0,9 K_{п.л} n_{ліф} p_{л},$$

$$Q_{ж.б} = p_{пит} n_{кв} \operatorname{tg} \varphi_{кв} + 0,9 K_{п.л} n_{ліф} p_{л} \operatorname{tg} \varphi_{ліф},$$

де $p_{пит}$ – питоме розрахункове електричне навантаження житл;

$n_{кв}$ – сумарна кількість квартир;

$n_{ліф}$ – сумарна кількість ліфтів;

$K_{пл}$ -коефіцієнти попиту для ліфтових установок;

tgφ-реактивне навантаження

При проведенні розрахунків всі житлові будинки з однаковим характером приготування їжі розглядаються як один житловий будинок з сумарним числом квартир та сумарним числом ліфтових установок.

Визначення навантажень в нормальному режимі роботи

Від ТП1 живиться: Житловий будинок з газовими плитами, 9 поверхів, 4 секція, 216 помешкань – 1 шт., житловий будинок з газовими плитами, 9 поверхів, 3 секції, 108 помешкань – 3 шт.,

$$P_{ЖЗ}^1 = 0,82 \cdot \left(\frac{216+108 \cdot 3}{2} \right) + 0,9 \cdot 0,65 \cdot \frac{13}{2} \cdot 6,5 = 246,11 \text{ кВт},$$

$$Q_{ЖЗ}^1 = 0,82 \cdot \left(\frac{216+108 \cdot 3}{2} \right) \cdot 0,43 + 0,9 \cdot 0,65 \cdot \frac{13}{2} \cdot 6,5 \cdot 1,17 = 124,12 \text{ квар.}$$

Розраховуємо навантаження на першому трансформаторі:

$$P_{ТП1} = 246,11 \text{ кВт},$$

$$Q_{ТП1} = 124,12 \text{ квар},$$

$$S_{ТП1.ТП1} = \sqrt{246,11^2 + 124,12^2} = 275,63 \text{ кВА.}$$

Від ТП2 живиться: Житловий будинок з електричними плитами, 16 поверхів, 1 секція, 48 помешкань, житловий будинок з газовими плитами, 9 поверхів, 1 секції, 36 помешкань.

$$P_B^1 = 2,24 \cdot \left(\frac{48 \cdot 2}{2} \right) + 0,9 \cdot 0,9 \cdot \frac{2}{2} \cdot (6,5+9) = 120,075 \text{ кВт},$$

$$Q_B^1 = 2,24 \cdot \left(\frac{48 \cdot 2}{2} \right) \cdot 0,4 + 0,9 \cdot 0,9 \cdot \frac{2}{2} \cdot (6,5+9) \cdot 1,17 = 57,697 \text{ квар},$$

$$P_E^1 = 3,05 \cdot \left(\frac{36}{2} \right) + 0,9 \cdot 0,9 \cdot \frac{1}{2} \cdot 6,5 = 57,53 \text{ кВт},$$

$$Q_E^1 = 3,05 \cdot \left(\frac{36}{2} \right) \cdot 0,43 + 0,9 \cdot 0,9 \cdot \frac{1}{2} \cdot 6,5 \cdot 1,17 = 26,68 \text{ квар.}$$

Розраховуємо навантаження на другому трансформаторі в ТП2:

					ОН-01-02.001 ПЗ	Арк
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		33

$$P_{ТП2}=120,075+57,53\cdot0,9=171,852 \text{ кВт},$$

$$Q_{ТП2}=57,697+26,68\cdot0,9=81,709 \text{ квар},$$

$$S_{ТП2}=\sqrt{171,852^2+81,709^2}=190,287 \text{ кВА}.$$

Від ТПЗ живиться : аптеки – 2 шт., перукарня – 1 шт., ресторан – 1 шт., магазин – 1 шт.,

$$P_{Л}=\frac{100}{2}\cdot0,12=6 \text{ кВт},$$

$$Q_{Л}=\frac{100}{2}\cdot0,12\cdot0,4=2,4 \text{ квар},$$

$$P_{М}=20\cdot1,45=29 \text{ кВт},$$

$$Q_{М}=20\cdot1,45\cdot0,25=7,25 \text{ квар},$$

$$P_{Р}=\frac{200}{2}\cdot1,03=103 \text{ кВт},$$

$$Q_{Р}=\frac{200}{2}\cdot1,03\cdot0,2=20,6 \text{ квар},$$

$$P_{ТП3}=103+29\cdot0,8+6\cdot0,5=129,2 \text{ кВт},$$

$$Q_{ТП3}=20,6+7,25\cdot0,8+2,4\cdot0,8=28,32 \text{ квар},$$

$$S_{ТП3}=\sqrt{129,2^2+28,32^2}=132,26 \text{ кВА}.$$

Таблиця 2.5. – Навантаження об'єктів в нормальному режимі роботи

Позначення на схемі	Об'єкт	$P_p, \text{кВт}$	$Q_p, \text{квар}$
ЖЗ	Житловий будинок з газовими плитами	246,11	124,1
Б	Житловий будинок з електричними плитами	120,075	57,697
Е	Житловий будинок з газовими плитами	57,53	26,68
Л	Аптека	6	2,4
М	Перукарня	29	7,25
Р	Ресторан	103	20,6

Визначення навантажень в післяаварійному режимі роботи

Від ТП1 живиться: Житловий будинок з газовими плитами, 9 поверхів, 4 секція, 216 помешкань – 1 шт., житловий будинок з газовими плитами, 9 поверхів, 3 секції, 108 помешкань – 3 шт.,

$$P_{ЖЗ}=0,68 \cdot (216+108 \cdot 3)+0,9 \cdot 0,45 \cdot 13 \cdot 6,5=401,422 \text{ кВт},$$

$$Q_{ЖЗ}=0,68 \cdot (216+108 \cdot 3) \cdot 0,43+0,9 \cdot 0,45 \cdot 13 \cdot 6,5 \cdot 1,17=197,93 \text{ квар.}$$

Розраховуємо навантаження на першому трансформаторі:

$$P_{ТП1}=401,422 \text{ кВт},$$

$$Q_{ТП1}=197,93 \text{ квар},$$

$$S_{ТП1.ТП1}=\sqrt{401,422^2+197,93^2}=447,566 \text{ кВА.}$$

Від ТП2 живиться: Житловий будинок з електричними плитами, 16 поверхів, 1 секція, 48 помешкань, житловий будинок з газовими плитами, 9 поверхів, 1 секції, 36 помешкань

$$P_{Б}=1,75 \cdot 48 \cdot 2+0,9 \cdot 0,8 \cdot 2 \cdot (6,5+9)=190,32 \text{ кВт},$$

$$Q_{Б}=1,75 \cdot 48 \cdot 2 \cdot 0,4+0,9 \cdot 0,8 \cdot 2 \cdot (6,5+9) \cdot 1,17=93,314 \text{ квар},$$

$$P_{Е}=2,4 \cdot 36+0,9 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 6,5=91,665 \text{ кВт},$$

$$Q_{Е}=2,4 \cdot 36 \cdot 0,43+0,9 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 6,5 \cdot 1,17=43,312 \text{ квар.}$$

Розраховуємо навантаження на другому трансформаторі в ТП2:

$$P_{ТП2}=190,32+91,665 \cdot 0,9=272,818 \text{ кВт},$$

$$Q_{ТП2}=93,314+43,312 \cdot 0,9=132,294 \text{ квар},$$

$$S_{ТП2}=\sqrt{272,818^2+132,294^2}=303,201 \text{ кВА.}$$

Від ТП3 живиться : аптеки – 2 шт., перукарня – 1 шт., ресторан – 1 шт., магазин – 1 шт.,

$$P_{Л}=100 \cdot 0,12=12 \text{ кВт},$$

$$Q_{Л}=100 \cdot 0,12 \cdot 0,4=4,8 \text{ квар},$$

$$P_{М}=20 \cdot 1,45=29 \text{ кВт},$$

$$Q_{М}=20 \cdot 1,45 \cdot 0,25=7,25 \text{ квар},$$

					ОН-01-02.001 ПЗ	Арк
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		35

$$P_p=200 \cdot 1,03=206 \text{ кВт},$$

$$Q_p=200 \cdot 1,03 \cdot 0,2=41,2 \text{ квар},$$

$$P_{ТПЗ}=206+29 \cdot 0,8+12 \cdot 0,5=235,2 \text{ кВт},$$

$$Q_{ТПЗ}=41,2+7,25 \cdot 0,8+4,8 \cdot 0,8=50,84 \text{ квар},$$

$$S_{ТПЗ}=\sqrt{235,2^2+50,84^2}=240,631 \text{ кВА}.$$

Таблиця 2.6. – Навантаження об'єктів в післяаварійному режимі роботи

Позначення на схемі	Об'єкт	$P_p, \text{кВт}$	$Q_p, \text{квар}$
ЖЗ	Житловий будинок з газовими плитами	401,422	197,93
Б	Житловий будинок з електр. плитами	190,32	93,314
Е	Житловий будинок з газовими плитами	91,665	43,312
Л	Аптека	12	4,8
М	Перукарня	29	7,25
Р	Ресторан	206	41,2

Визначимо навантаження на вводі для кожного об'єкту окремо і занесемо отримані значення у таблицю 2.7.

$$P_{Ж}=0,85 \cdot 216+0,9 \cdot 0,7 \cdot 4 \cdot 6,5=199,98 \text{ кВт},$$

$$Q_{Ж}=0,85 \cdot 216 \cdot 0,4+0,9 \cdot 0,7 \cdot 4 \cdot 6,5 \cdot 1,17=92,6 \text{ квар},$$

$$P_3=0,79 \cdot 108 \cdot 3+0,9 \cdot 0,54 \cdot 9 \cdot 6,5=284,391 \text{ кВт},$$

$$Q_3=0,79 \cdot 108 \cdot 3 \cdot 0,4+0,9 \cdot 0,54 \cdot 9 \cdot 6,5 \cdot 1,17=135,648 \text{ квар},$$

Таблиця 2.7. – Навантаження на вводі кожного об'єкту для післяаварійного режиму роботи

Позначення на схемі	Об'єкт	$P_p, \text{кВт}$	$Q_p, \text{квар}$
Ж	Житловий будинок з газовими плитами	199,98	92,6
З	Житловий будинок з газовими плитами	284,391	135,648
Б	Житловий будинок з електр.плитами	190,32	93,314
Е	Житловий будинок з газовими плитами	91,665	43,312
Л	Аптека	12	4,8
М	Перукарня	29	7,25
Р	Ресторан	206	41,2

2.3 Вибір трансформаторів і засобів компенсації реактивної потужності

Таблиця 2.8 - Навантаження ТП в післяаварійному режимі роботи

№	P, кВт	Q, квар	S _ф , кВА
ТП1	401,422	197,93	447,566
ТП2	272,818	132,294	303,201
ТП3	235,2	50,84	240,631
ТП4	920	250	953,362
ТП цех	176,64	211,06	275,22

Оберемо трансформатор для ТП1.

Приймаємо для ТП1 трансформатор ТМ 100/10 з паспортними даними:

$$S_H=400 \text{ кВА};$$

$$\Delta P_{xx}=0,83 \text{ кВт};$$

$$\Delta P_{кз}=5,5 \text{ кВт};$$

$$I_{xx}=1,5 \text{ \%};$$

$$U_{кз}=4,5 \text{ \%}.$$

Перевірка трансформатора в післяаварійному режимі:

Втрати в трансформаторі:

$$\Delta S = \sqrt{(\Delta P_{xx} + \Delta P_{кз})^2 + \left(S_H \frac{I_{xx}}{100} + \left(\frac{S_{\phi}}{S_H} \right)^2 S_H \frac{U_{кз}}{100} \right)^2},$$

$$\Delta S = \sqrt{(0,83 + 5,5)^2 + \left(400 \cdot \frac{1,5}{100} + \left(\frac{447,567}{100} \right)^2 \cdot 400 \cdot \frac{4,5}{100} \right)^2} = 29,229 \text{ кВА},$$

$$S_{ТП1} = S_{\phi} + \Delta S < 1,4 S_H$$

$$S_{ТП1} = 447,567 + 29,229 < 1,4 \cdot 400 = 476,796 < 560 \text{ кВА}.$$

Вибір трансформаторів для наступних ТП в післяаварійному режимі проводиться аналогічно, результати заносимо до таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 - Розподіл навантаження на ТП1-ТП6 в післяаварійному режимі

№	Марка трансформатора	$S_{нт}$, кВА	ΔS кВА	$S_{п/а}$, кВА	$1,4S_{нт}$, кВА	$K_{зав}$
ТП1	ТМ 400/10	400	29,229	476,796	560	1,192
ТП2	ТМ 250/10	250	21,720	324,921	350	1,300
ТП3	ТМ 250/10	250	15,759	256,391	350	1,026
ТП4	ТМ 1000/10	1000	68,602	1021,965	1400	1,022
Цех	ТМ 250/10	250	18,872	294,095	350	1,176

Визначимо номінальні потужності Розподільних трансформаторів.

Для ТП1 приймаємо трансформатор ТМ 250/10, з наступними паспортними даними [8]:

$$S_{тп} = 250 \text{ кВА};$$

Вирішення задачі компенсації реактивної потужності

Реактивна потужність - це складова частина повної потужності, що не бере участі в корисній роботі, але викликає додаткові втрати в електроенергетиці.

Пасивна компенсація здійснюється за допомогою конденсаторних батарей. Конденсаторні батареї є найбільш економічним способом компенсації реактивної потужності.

Визначимо коефіцієнт активної потужності до компенсації реактивної потужності для промислового об'єкта:

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{Q_p}{P_p}$$

$$\cos\varphi = \cos(\operatorname{arctg}\varphi)$$

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{211,06}{176,64} = 1,19,$$

$$\cos\varphi = \cos(\arctg 1,19) = 0,643.$$

Існуюче значення коефіцієнта активної потужності менше за потрібне ($0,643 < 0,95$).

Розраховуємо значення реактивної потужності, яке має бути після компенсації реактивної потужності з метою забезпечення значення $\cos\varphi$ не нижче 0,95:

$$Q'_p = P_p \cdot \operatorname{tg}'(\arccos' \varphi) = 176,64 \cdot \operatorname{tg}'(\arccos' 0,95) = 58,05 \text{ квар.}$$

Знайдемо значення реактивної потужності, яке необхідно компенсувати з метою забезпечення значення $\cos\varphi$ не нижче 0,95:

$$Q_{\text{кб}} = Q_p - Q'_p = 211,06 - 58,05 = 153,01 \text{ квар.}$$

Обираємо КБ: АКУ-0,4-160-20, $Q_{\text{КБн}} = 160$ квар.

2.4 Центр навантажень об'єкту проєктування

З метою скорочення протяжності розподільних і низьковольтних мереж, підвищення економічності їх роботи, полегшення виконання вимог щодо якості електричної енергії, необхідно прагнути максимально наблизити джерела живлення (центр живлення (ЦЖ), РП, цехові ТП) до точок споживання електричної енергії (центрам електричних навантажень).

Картограма навантажень підприємства відображає розміщення навантажень на генеральному плані за допомогою кіл, площі яких відповідають розрахунковим навантаженням цехів. Центри цих кіл співпадають із центрами навантажень цехів. Головні знижувальні, розподільні та цехові підстанції слід розташовувати якомога ближче до центрів навантажень, щоб наблизити високу напругу до центрів споживання, скоротити протяжність розподільчих мереж високої та низької напруги, зменшити витрати матеріалів і знизити втрати електроенергії. [11]

Центр електричних навантажень є символічний центр споживання електричної енергії. Очевидно, що, прийнявши рівномірний розподіл навантажень,

					ОН-01-02.001 ПЗ	Арк
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		39

їх центр буде збігатися з центром ваги геометричної фігури, що відображає план відповідного об'єкта (рис. 2.6).

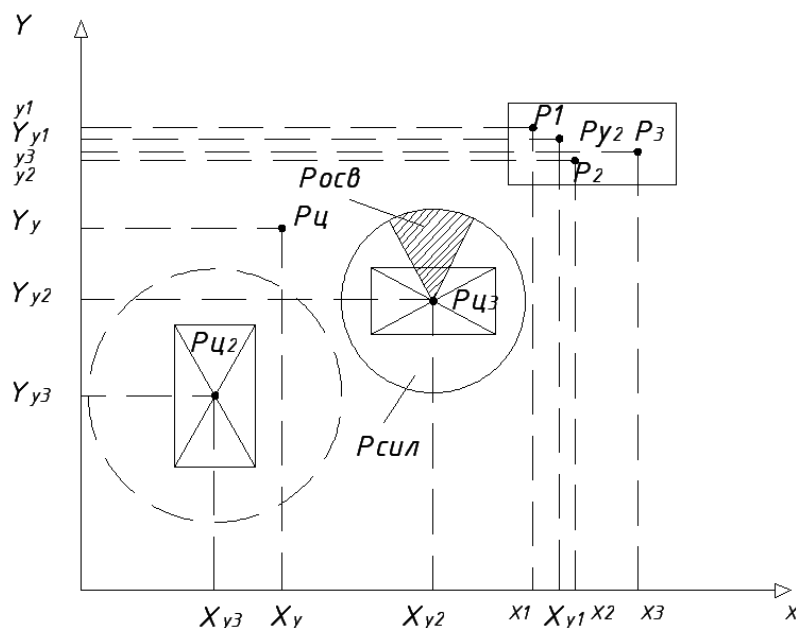


Рисунок 2.5 – Картограма навантажень

У загальному випадку координати центру навантажень будь-якої групи споживачів визначаються у такий спосіб

$$x_0 = \frac{\sum_{i=1}^n P_i x_i T_{\max i}}{\sum_{i=1}^n P_i T_{\max i}}, \quad y_0 = \frac{\sum_{i=1}^n P_i y_i T_{\max i}}{\sum_{i=1}^n P_i T_{\max i}},$$

де x_i , y_i – координати i -го ЕП потужністю P_i або відповідного центра навантажень із сумарною потужністю P_i .

Після обчислення центру навантажень, з нього, вибравши певний масштаб m , будується коло радіусом r_i , яка власне і називається картограмою навантажень

$$r_i = \sqrt{\frac{P_{\Sigma}}{\pi m}},$$

де P_{Σ} – сумарне навантаження, кВт.

Таким чином, картограма навантажень допомагає визначити найбільш раціональні зони розміщення різних електромережових споруд.

2.5 Розрахунок живлячих і розподільних мереж. Вибір перерізу ліній низької напруги, що живлять житлові та громадські будівлі

Обирати перерізи ліній будемо з розрахунків післяаварійного режиму роботи мережі, якщо лінія витримає таке навантаження то і нормальний режим обраний кабель витримає.

Мінімально допустимі перерізи мережі напругою до 1000 В, в загальному випадку, повинні задовольняти наступним вимогам:

1. Втрата напруги в нормальному режимі не повинна перевищувати допустимої величини: $\Delta U \leq \Delta U_{\text{доп}}$.

2. Втрата напруги в післяаварійному режимі не повинна більш ніж на 5% перевищувати допустиму величину: $\Delta U_{\text{п/а}} \leq \Delta U_{\text{доп}} + 5\%$.

3. Струмове навантаження в нормальному режимі не повинне перевищувати допустимої величини, визначеної з урахуванням умов прокладки кабельної лінії:

$$I_p \leq I_{\text{доп}} K_1 K_2,$$

де $I_{\text{доп}}$ – допустиме тривале струмове навантаження, яке визначається за довідковими даними з урахуванням марки кабелю (дроту) і способу його прокладки (у землі, в повітрі, в трубах і так далі);

K_1 – коефіцієнт, що враховує фактичні температурні умови експлуатації кабелю або повітряної лінії, $K_1 = 1$;

K_2 – коригуючий коефіцієнт, що враховує кількість паралельно прокладених і працюючих кабелів, $K_2 = 1$.

4. Струмове навантаження в післяаварійному режимі не повинне перевищувати допустиме значення, визначене з урахуванням відповідного коефіцієнта допустимого перевантаження:

$$I_p \leq I_{\text{доп}} K_1 K_2 K_{\text{пер}},$$

					ОН-01-02.001 ПЗ	Арк
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		41

де $K_{\text{пер}}$ – коефіцієнт допустимого перевантаження, який визначається з урахуванням умов прокладки, тривалості перевантаження і попереднього завантаження КЛ, $K_{\text{пер}} = 1,3$.

Навантаження об'єктів наведено в таблиці 2.4

Проведемо розрахунок на прикладі багатоквартирного будинку Ж:

$$I_{\text{Ж}} = \frac{\sqrt{P_{\text{Ж}}^2 + Q_{\text{Ж}}^2}}{\sqrt{3}U_{\text{н}}}$$

$$I_{\text{Ж}} = \frac{\sqrt{199,98^2 + 92,6^2}}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 334,83 \text{ А},$$

Обираєм з каталогу найближче більше значення перерізу за умовою:

$$I_{\text{доп}} \geq \frac{I_{\text{Ж}}}{K_1 K_2 K_{\text{пер}}} \geq \frac{334,83}{1 \cdot 1 \cdot 1,3} \geq 257,56 \text{ А},$$

АВВГ 4×185, $I_{\text{доп}} = 286 \text{ А}$, $r_0 = 0,164 \text{ Ом/км}$.

Перевіряємо вибрану КЛ 0,4 кВ за допустимою втратою напруги:

$$\Delta U_{\text{Ж}} = \frac{P_{\text{Ж}} r_0 L_{\text{кл}}}{10 U_{\text{н}}^2}$$

$$\Delta U_{\text{Ж}} = \frac{199,98 \cdot 0,164 \cdot 0,12}{10 \cdot 0,38^2} = 2,73 \%,$$

Втрата напруги у післяаварійному режимі не повинна перевищувати допустиму величину +5%:

$$\Delta U_{\text{А1}} \leq \Delta U_{\text{доп}} + 5\% \rightarrow 2,73\% \leq 10\%.$$

Умова перевірки виконується.

Для інших об'єктів розрахунок проводимо аналогічно та результати зводимо до таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 – Вибір перерізу ліній низької напруги

Об'єкт	I_p , А	L , км	Кабель	$I_{\text{доп}}$, А	$\Delta U \leq 10\%$
Ж	334,831	0,12	АВВГ 4х185	286	2,73
З ₁	478,722	0,17	2 АВВГ 4х95	394	5,36
З ₂	478,722	0,11	2 АВВГ 4х95	394	3,47

Продовження таблиці 2.10 – Вибір перерізу ліній низької напруги

З ₃	478,722	0,13	2 АВВГ 4х95	394	4,10
Б ₁	322,048	0,17	АВВГ 4х185	286	3,67
Б ₂	322,048	0,16	АВВГ 4х185	286	3,46
Е	154,035	0,2	АВВГ 4х50	137	8,14
Л ₁	19,637	0,13	АВВГ 4х16	72	2,06
Л ₂	19,637	0,11	АВВГ 4х16	72	1,75
М	45,417	0,14	АВВГ 4х16	72	5,37
Р	319,183	0,18	АВВГ 4х185	286	4,21

Розрахунок мінімально припустимого перерізу ліній розподільної мережі 10 кВ

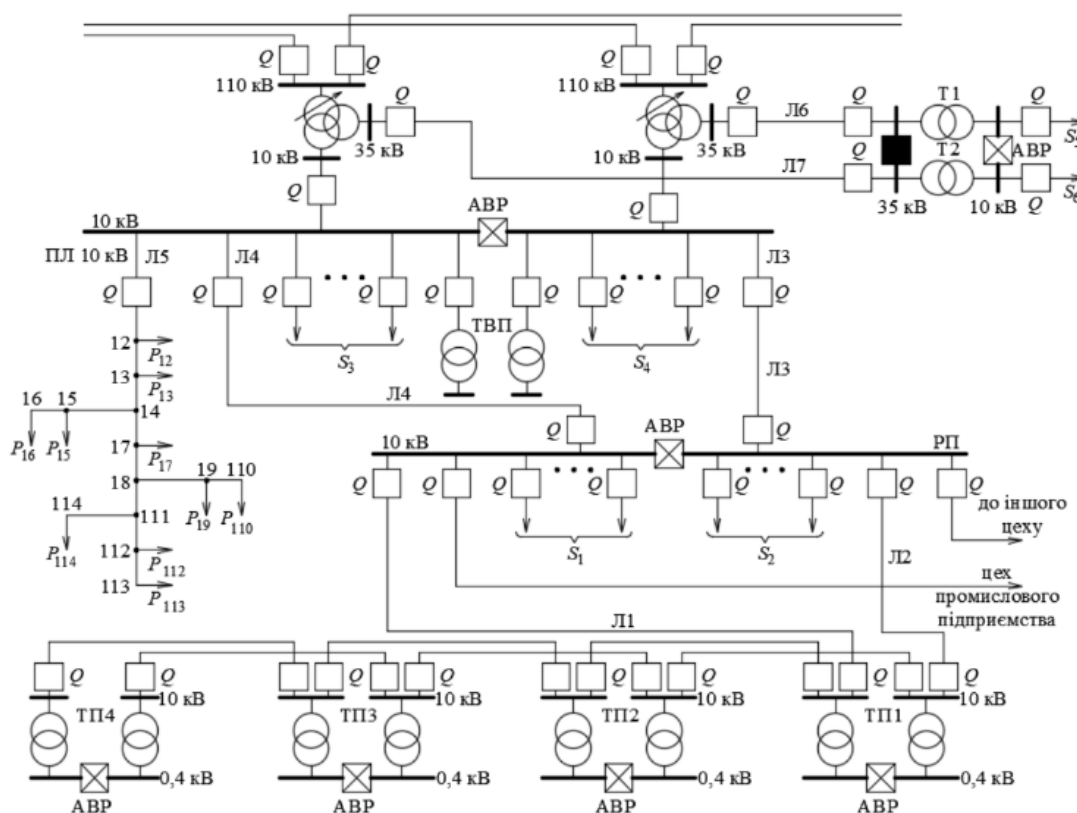


Рисунок 2.6 – Схема електропостачання

Визначення розрахункового навантаження Л1 та Л2. Вихідні дані представлені в таблиці 2.11 та 2.12.

Таблиця 2.11 – Навантаження ТП в післяаварійному режимі роботи

№	Р, кВт	Q, квар	S _ф , кВА
ТП1	401,422	197,93	447,566
ТП2	272,818	132,294	303,201

Продовження таблиці 2.11 – Навантаження ТП в післяаварійному режимі роботи

ТП3	235,2	50,84	240,631
ТП4	920	250	953,362
ТП цех	176,64	211,06	275,22

Таблиця 2.12 - Зосереджене навантаження на РП

P1, МВт	1,1	P2, МВт	1,6
Q1, Мвар	0,2	Q2, Мвар	0,4

На схемі електропостачання №1 видно, що ТП№1–ТП№4 живляться двопроменевою схемою.

П/А режим буде являти собою живлення всіх трансформаторів від Л1 або Л2.

Для вибору кабелю проведемо розрахунок П/А режиму для Л1.

При П/А $K_{\text{сум макс}} = 0,85$ для 4 ТП.

$$P_{\text{Л1}}^{\text{П}} = \left(\sum_{i=1}^4 P'_{\text{ТПі}} \right) K_{\text{СУМ.МАКС.ТР}} \text{ кВт},$$

$$Q_{\text{Л1}}^{\text{П/А}} = \left(\sum_{i=1}^4 Q'_{\text{ТПі}} \right) K_{\text{СУМ.МАКС.ТР}} \text{ квар},$$

де $K_{\text{СУМ.МАКС.ТР}}$ – коефіцієнт суміщення максимумів трансформаторів.

Приймаємо $K_{\text{СУМ.МАКС.ТР}} = 0,85$ для 4-ьох трансформаторів.

$$P_{\text{Л1}}^{\text{П/А}} = (401,422 + 272,818 + 235,2 + 920) \cdot 0,85 = 1555,024 \text{ кВт},$$

$$Q_{\text{Л1}}^{\text{П/А}} = (197,930 + 132,294 + 50,84 + 250) \cdot 0,85 = 536,4 \text{ квар},$$

$$S_{\text{Л1}}^{\text{П/А}} = \sqrt{1555,024^2 + 536,4^2} = 1644,939 \text{ кВА},$$

$$I_{\text{Л1}}^{\text{П}} = I_{\text{Л2}}^{\text{П}} = \frac{S_{\text{Л1}}^{\text{П}}}{U_{\text{Н}} \cdot \sqrt{3}},$$

$$I_{\text{Л1}}^{\text{П}} = I_{\text{Л2}}^{\text{П}} = \frac{1644,939}{10 \cdot \sqrt{3}} = 94,97 \text{ А}.$$

За таблицею ПУЕ (таблиця 1.3.37) обираємо кабель АПвП 3х35 $I_{\text{доп}} = 119\text{А}$ при прокладці в повітрі. Перевіримо кабель за умовою допустимого струму П/А режиму.

$$I_{\text{ЛП}}^{\text{П/А}} < I_{\text{доп}} K_1 K_2 K_{\text{пер}},$$

де K_1 – Коефіцієнт, що враховує фактичні термічні умови експлуатації, приймаємо $K_1 = 1,03$, вважаючи, що середньорічна температура в регіоні експлуатації $+10^\circ\text{C}$;

K_2 – Коефіцієнт, що враховує кількість прокладених кабелів. Оскільки кабель один, приймаємо коефіцієнт рівним 1;

$$K_{\text{пер}} = 1,35.$$

$$94,97 < 119 \cdot 1,03 \cdot 1 \cdot 1,35 = 165,46\text{ А}.$$

Умова виконується.

Визначення розрахункового режиму П/А режиму Л3=Л4:

$$P_{\text{ЛЗ}}^{\text{П}} = \left(\sum_{i=1}^4 P'_{\text{ТПі}} \right) K_{\text{СУМ.МАКС.ТР}} \text{ кВт},$$

$$Q_{\text{ЛЗ}}^{\text{П/А}} = \left(\sum_{i=1}^4 Q'_{\text{ТПі}} \right) K_{\text{СУМ.МАКС.ТР}} \text{ квар},$$

$$P_{\text{ЛЗ}}^{\text{П/А}} = (1555,024 + 1100 + 1600 + 176,64) \cdot 0,85 = 3766,914 \text{ кВт},$$

$$Q_{\text{ЛЗ}}^{\text{П/А}} = (536,4 + 200 + 400 + 211,060) \cdot 0,85 = 1145,34 \text{ квар},$$

$$S_{\text{ЛЗ}}^{\text{П/А}} = \sqrt{P_{\text{ЛЗ}}^{\text{П/А}^2} + Q_{\text{ЛЗ}}^{\text{П/А}^2}},$$

$$S_{\text{ЛЗ}}^{\text{П}} = \sqrt{3766,914^2 + 1145,34^2} = 3937,187 \text{ кВА},$$

$$I_{\text{ЛЗ}}^{\text{П/А}} = \frac{S_{\text{ЛЗ}}^{\text{П/А}}}{U_{\text{Н}} \sqrt{3}} = \frac{3937,187}{10 \cdot \sqrt{3}} = 227,31 \text{ А}.$$

Відповідно ПУЕ обираємо кабель АПвП 3х70 $I_{\text{доп}} = 171\text{ А}$.

Перевіримо за умовою допустимого струму П/А режиму:

$$227,31 < 171 \cdot 1,03 \cdot 1 \cdot 1,35 = 237,775$$

					ОН-01-02.001 ПЗ	Арх
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		45

Умова виконується.

Обрані кабелі зведемо в таблицю 2.13

Таблиця 2.13 – обрані кабелі

	$I_{л\text{ II/A}}, \text{ A}$	кабель	$I_{доп}, \text{ A}$	$r_0 \text{ Ом/км}$	$x_0 \text{ Ом/км}$
Л1	94,97	АПвП 3х35	119	0,868	0,095
Л2	94,97	АПвП 3х35	119	0,868	0,095
Л3	227,31	АПвП 3х70	196	0,443	0,086
Л4	227,31	АПвП 3х70	196	0,443	0,086

2.6 Вибір комутаційної апаратури Розподільної мережі. Умови вибору автоматичних вимикачів та їх класифікація

У мережах напругою 0,38 кВ та 10 кВ використовуються різноманітні комутаційні апарати для забезпечення правильної роботи та керування мережею. Деякі з них включають:

Вимикачі повітряні: Вони можуть бути автоматичними або ручними. У мережах 10 кВ можуть використовуватися вимикачі з сухими або газовими дуговими камерами для ефективного відключення електричних ліній.

Роз'єднувачі: Вони можуть бути використані для відключення елементів мережі для ремонту або обслуговування. Важливо, щоб роз'єднувачі були надійними та мали високу ступінь ізоляції.

Автоматичні вимикачі: Вони використовуються для захисту від перевантажень і коротких замикань. Модерні автоматичні вимикачі можуть мати функції віддаленого управління та моніторингу.

Вимикачі заземлення: Вони забезпечують безпечне відключення та заземлення для забезпечення безпеки під час робіт на лініях.

Реактори: Використовуються для контролю напруги і зниження її рівня за необхідності.

Реле та контролери: Вони використовуються для автоматизованого управління та моніторингу різних параметрів системи, таких як струм, напруга, та інші.

Компактні відгалужувачі: Вони дозволяють здійснювати швидке та ефективне перемикання електричних ліній для оптимізації роботи мережі.

2.7 Розрахунок струмів короткого замикання та перевірка вибраних комутаційних апаратів і живлячих провідників за умов короткого замикання

2.7.1 Розрахунок струмів короткого замикання в електричній мережі вище 1кВ

2.7.1.1 Побудова розрахункової схеми та розрахунок параметрів елементів схеми заміщення

Коротке замикання (КЗ) - це випадкове або навмисне електричне з'єднання фаз (полюсів) струмоведучих кіл електроустановки між собою або з землею, при якому струми різко зростають, перевищуючи допустимий рівень. В умовах експлуатації систем електропостачання (СЕП) основною причиною перехідних процесів є короткі замикання, які порушують нормальний режим роботи електроустановок.

При проектуванні СЕП короткі замикання розглядають як характерні збурення, що зумовлюють перехідні електромагнітні процеси. Мета досліджень і розрахунків перехідних процесів полягає у передбаченні перебігу та ймовірності цих процесів для ефективного керування ними. Це необхідно для вибору принципів дії та налаштування автоматичних пристроїв протиаварійного керування, аналізу умов стійкості електричних навантажень та забезпечення безперебійної роботи підприємств.

Дослідження перехідних процесів включають зміну параметрів режиму СЕП для збереження якості електропостачання. Важливо зменшити тривалість перехідних процесів, уникнути нових збурень та забезпечити стабільний режим після завершення перехідного процесу. Для аналізу перехідних процесів застосовують

					ОН-01-02.001 ПЗ	Арк
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		47

методи перетворення координат, симетричних складових, схеми заміщення та графоаналітичні методи, а також використовують обчислювальну техніку.

Розрахунки струмів КЗ необхідні для:

- Оцінки умов роботи споживачів при можливих КЗ;
- Вибору електричних апаратів за умовами термічної та електродинамічної стійкості;
- Проектування і налаштування релейного захисту та автоматики СЕП;
- Визначення впливу струмів КЗ на лінії зв'язку;
- Вибору розрядників;
- Аналізу аварій в електроустаткуванні.

Ці розрахунки включають визначення параметрів схеми заміщення, розрахунки надперехідного струму трифазного КЗ, розподіл струму КЗ, визначення надлишкових напруг та застосування методів розрахункових кривих для несиметричного КЗ.

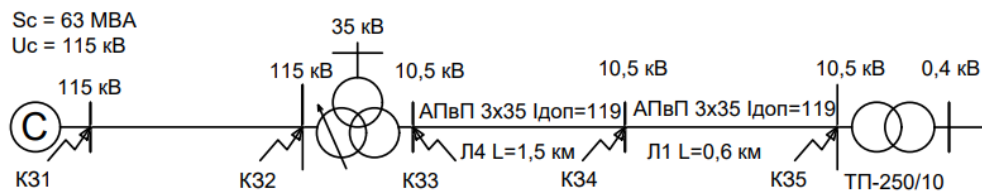


Рисунок 2.7 – Схема заміщення

Зі схеми бачимо, що живлення здійснюється від електроенергетичної системи через понижуючий трансформатор та повітряну лінію електропередачі (ПЛ1). Від шин цієї підстанції живлення йде по кабельним лініям (Л4, Л1) до понижуючого трансформатора 10/0,4. Визначаємо з довідника [30] тип та параметри елементів схеми. Заносимо їх до табл. 2.14

Таблиця 2.14 – Параметри елементів схеми

Позначення на РС	Кабельні та повітряна лінії марки АПВП та АС				
	Марка та переріз кабелю	L, км	г ₀ , Ом/км	х ₀ , Ом/км	I _{доп} , А

Продовження таблиці 2.14 – Параметри елементів схеми

ПЛ	АС-120/19	2	0,249	0,42	390
Л4	АПвП 3х70	1,7	0,443	0,086	196
Л1	АПвП 3х35	0,8	0,868	0,095	119
Триобмотковий трансформатор ТДТН-63000/110					
Т1	$S_{н}, \text{MBA}$	$U_{вн}, \text{кВ}$	$U_{сн}, \text{кВ}$	$U_{нн}, \text{кВ}$	$u_{кв-н}, \%$
	63	115	38,5	10,5	18
	$u_{кв-с}, \%$	$u_{кв-н}, \%$	$\Delta P_K, \text{кВт}$	$\Delta P_{хх}, \text{кВт}$	$I_{кз}, \%$
	10,5	7	290	53	0,5

В розрахунках цього розділу орієнтуватимемось на вибрані за довідником дані.

Після складання розрахункової схеми складають спрощену схему заміщення, де кожен елемент РС представлений своєю схемою заміщення в індуктивних опорах.

Побудова спрощеної загальної схеми заміщення і розрахунок параметрів елементів схеми заміщення

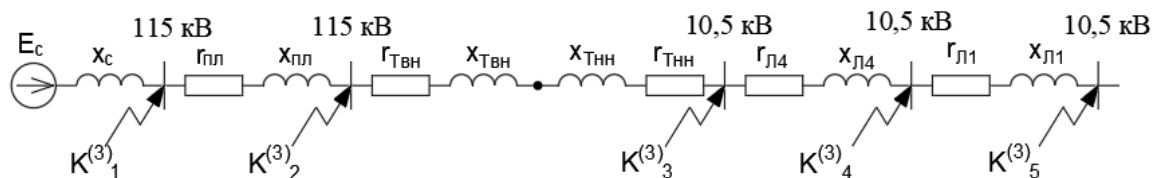


Рисунок 2.8 – Загальна схема заміщення

2.7.1.2 Розрахунок трифазного короткого замикання

Відповідно до таблиці 2.7.1 визначаємо параметри елементів схеми заміщення.

$$U_6 = U_{вн} = 115 \text{ кВ}$$

Енергосистеми:

$$S_c = 6000 \text{ MBA},$$

$$x_c = x_c'' \frac{U_c^2}{S_c} = 0,15 \cdot \frac{115000^2}{6000000000} = 0,587 \text{ Ом},$$

$$E_c = \frac{U_6}{\sqrt{3}} = \frac{115}{\sqrt{3}} = 66,47$$

Для триобмоткових трансформаторів, в яких відносно-номінальні опори з'єднання трикутником, заміщуються з'єднанням зіркою:

$$u_{KB} = \frac{(u_{K.BC} + u_{K.BH} - u_{K.CH})}{2} = \frac{(10,5 + 18 - 7)}{2} = 10,75\%,$$

$$u_{KH} = \frac{(u_{K.BH} + u_{K.CH} - u_{K.BC})}{2} = \frac{(18 + 7 - 10,5)}{2} = 7,25\%,$$

$$r_{HH} = r_{CH} = r_{BH} = \frac{\Delta P_K U_{BH}^2}{S_H} = \frac{290000 \cdot 115000^2}{63000000^2} = 0,97 \text{ Ом},$$

$$x_{BH} = \frac{U_{KB}\%}{100} \cdot \frac{U_{BH}^2}{S_H} = \frac{10,75}{100} \cdot \frac{115000^2}{63000000} = 22,57 \text{ Ом},$$

$$x_{HH} = \frac{U_{KH}\%}{100} \cdot \frac{U_{BH}^2}{S_H} = \frac{7,25}{100} \cdot \frac{11000^2}{63000000} = 15,2 \text{ Ом},$$

Кабельні лінії КЛ4 та КЛ1:

$$r_{KL4} = r_{0KL4} \cdot l_{KL4} \cdot \left(\frac{U_6}{U_{HH}} \right)^2 = 0,443 \cdot 1,7 \cdot \left(\frac{115}{11} \right)^2 = 82,31 \text{ Ом},$$

$$x_{KL4} = x_{0KL4} \cdot l_{KL4} \cdot \left(\frac{U_6}{U_{HH}} \right)^2 = 0,086 \cdot 1,7 \cdot \left(\frac{115}{11} \right)^2 = 15,97 \text{ Ом},$$

$$r_{KL1} = r_{0KL1} \cdot l_{KL1} \cdot \left(\frac{U_6}{U_{HH}} \right)^2 = 0,868 \cdot 0,8 \cdot \left(\frac{115}{11} \right)^2 = 75,90 \text{ Ом},$$

$$x_{KL1} = x_{0KL1} \cdot l_{KL1} \cdot \left(\frac{U_6}{U_{HH}} \right)^2 = 0,095 \cdot 0,8 \cdot \left(\frac{115}{11} \right)^2 = 8,31 \text{ Ом}.$$

Еквівалентуємо схему заміщення відносно точок КЗ.

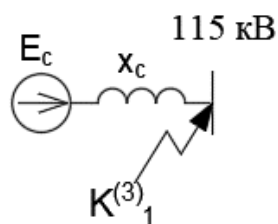


Рисунок 2.9 – еквівалентна схема заміщення для точки $K_1^{(3)}$

$$r_{рез} = 0,$$

$$x_{рез} = x_c = 0,33 \text{ Ом},$$

$$Z_{рез} = \sqrt{r_{рез}^2 + x_{рез}^2} = 0,33 \text{ Ом},$$

$$I_{K1} = \frac{E_c}{Z_{рез}} = 201,42 \text{ кА},$$

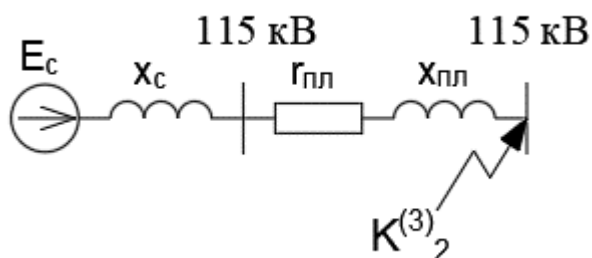


Рисунок 2.10 – еквівалентна схема заміщення для точки $K_2^{(3)}$

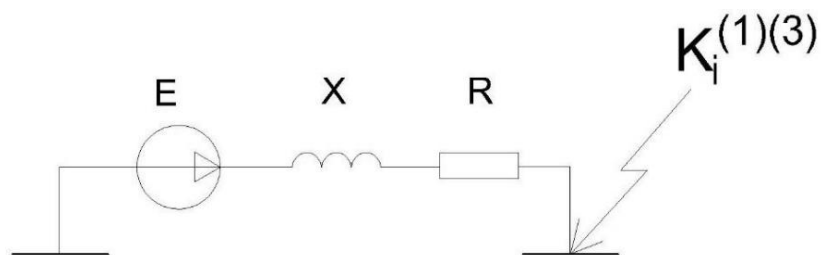


Рисунок 2.11 – Еквівалентна схема заміщення для точки $K_1^{(3)}$

$$r_{рез}=0,$$

$$x_{рез}=x_c = 0,587 \text{ Ом},$$

$$Z_{рез} = \sqrt{r_{рез}^2 + x_{рез}^2} = 0,587 \text{ Ом},$$

$$I_{K1} = \frac{E_c}{Z_{рез}} = \frac{66,395}{\sqrt{0^2 + 0,587^2}} = 113,1 \text{ кА},$$

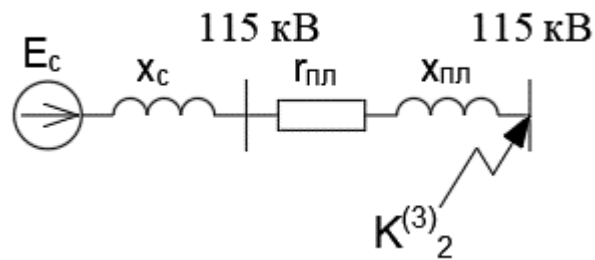


Рисунок 2.12 – Еквівалентна схема заміщення для точки $K_2^{(3)}$

$$r_{рез} = r_{пл} = 4,88 \text{ Ом},$$

$$x_{рез} = x_c + x_{пл} = 0,587 + 8,2 = 8,797 \text{ Ом},$$

$$Z_{рез} = \sqrt{r_{рез}^2 + x_{рез}^2} = \sqrt{4,88^2 + 8,797^2} = 10,059 \text{ Ом},$$

$$I_{K2} = \frac{E_c}{Z_{рез}} = \frac{66,395}{10,059} = 6,6 \text{ кА},$$

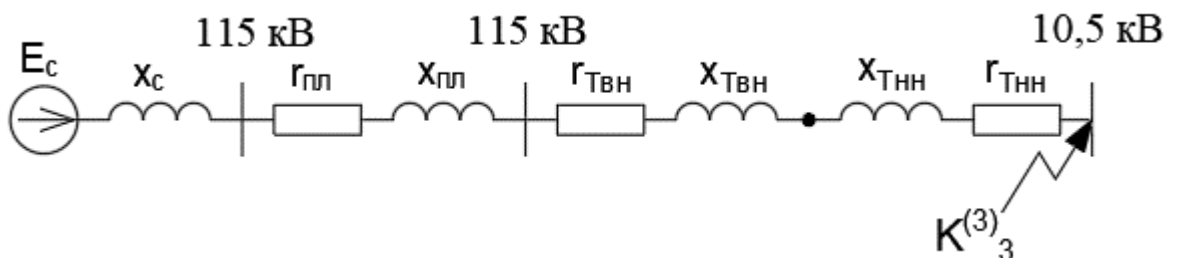


Рисунок 2.13 – Еквівалентна схема заміщення для точки $K_3^{(3)}$

$$r_{рез} = r_{пл} + r_{ТВН} + r_{ТНН} = 4,88 + 0,97 + 0,97 = 6,82 \text{ Ом},$$

$$x_{рез} = x_c + x_{пл} + x_{ТВН} + x_{ТНН} = 0,587 + 8,2 + 22,57 + 15,2 = 46,557 \text{ Ом},$$

$$Z_{рез} = \sqrt{r_{рез}^2 + x_{рез}^2} = \sqrt{6,82^2 + 46,557^2} = 47,053 \text{ Ом},$$

$$I_{K3} = \frac{E_c}{Z_{рез}} = \frac{66,395}{47,053} = 1,411 \text{ кА},$$

$$r_{\text{рез}} = r_{\text{пл}} = 0,50 \text{ Ом},$$

$$x_{\text{рез}} = x_c + x_{\text{пл}} = 1,15 \text{ Ом},$$

$$Z_{\text{рез}} = \sqrt{r_{\text{рез}}^2 + x_{\text{рез}}^2} = 1,253 \text{ Ом},$$

$$I_{K2} = \frac{E_c}{Z_{\text{рез}}} = 0,263 \text{ кА},$$

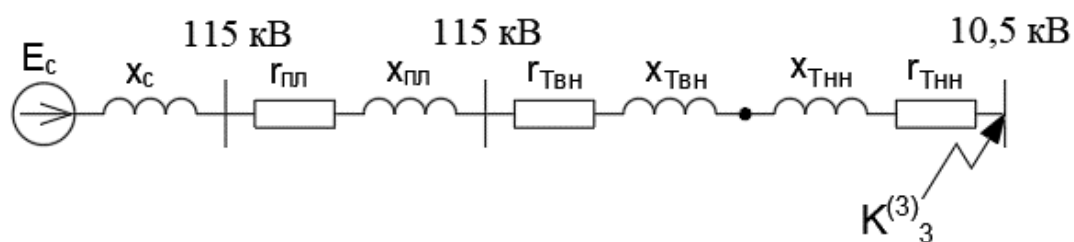


Рисунок 2.14 – еквівалентна схема заміщення для точки $K_3^{(3)}$

$$r_{\text{рез}} = r_{\text{пл}} + r_{\text{ТВН}} + r_{\text{ТНН}} = 2,44 \text{ Ом},$$

$$x_{\text{рез}} = x_c + x_{\text{пл}} + x_{\text{ТВН}} + x_{\text{ТНН}} = 38,92 \text{ Ом},$$

$$Z_{\text{рез}} = \sqrt{r_{\text{рез}}^2 + x_{\text{рез}}^2} = 2,49 \text{ Ом},$$

$$I_{K3} = \frac{E_c}{Z_{\text{рез}}} = 0,132 \text{ кА},$$

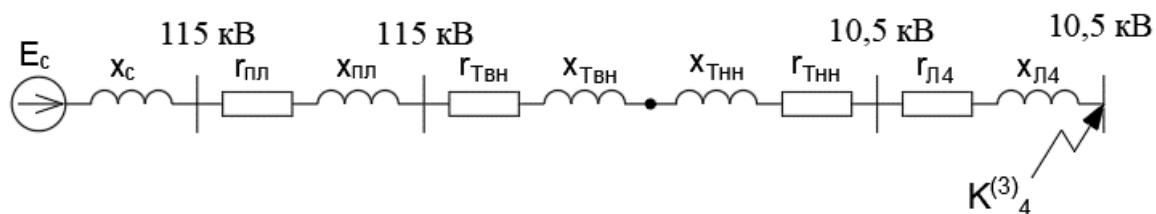


Рисунок 2.15 – еквівалентна схема заміщення для точки $K_4^{(3)}$

$$r_{\text{рез}} = r_{\text{пл}} + r_{\text{ТВН}} + r_{\text{ТНН}} + r_{\text{Л4}} = 84,75 \text{ Ом},$$

$$x_{\text{рез}} = x_c + x_{\text{пл}} + x_{\text{ТВН}} + x_{\text{ТНН}} + x_{\text{Л4}} = 54,89 \text{ Ом},$$

$$Z_{\text{рез}} = \sqrt{r_{\text{рез}}^2 + x_{\text{рез}}^2} = 100,97 \text{ Ом},$$

$$I_{K4} = \frac{E_c}{Z_{\text{рез}}} \cdot \frac{U_6}{U_{\text{нн}}} = 7,21 \text{ кА},$$

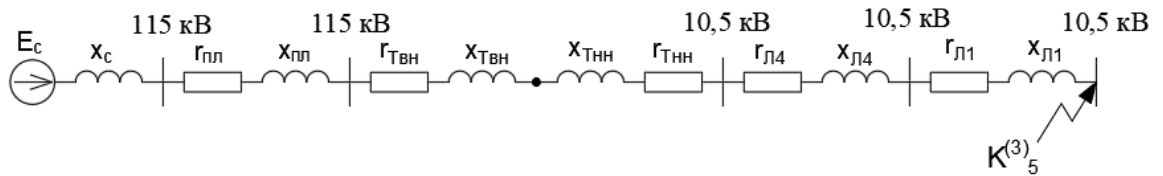


Рисунок 2.16 – еквівалентна схема заміщення для точки $K_5^{(3)}$

$$r_{\text{рез}} = r_{\text{пл}} + r_{\text{твн}} + r_{\text{тнн}} + r_{\text{л4}} + r_{\text{л1}} = 160,65 \text{ Ом},$$

$$x_{\text{рез}} = x_c + x_{\text{пл}} + x_{\text{твн}} + x_{\text{тнн}} + x_{\text{л4}} + x_{\text{л1}} = 63,2 \text{ Ом},$$

$$Z_{\text{рез}} = \sqrt{r_{\text{рез}}^2 + x_{\text{рез}}^2} = 172,63 \text{ Ом},$$

$$I_{K5} = \frac{E_c}{Z_{\text{рез}}} \cdot \frac{U_6}{U_{\text{нн}}} = 4,21 \text{ кА},$$

Визначаємо інші електричні характеристики точки $K_5^{(3)}$.

Визначаємо сталу затухання аперіодичної складової:

$$T_{\text{ак4}} = \frac{x_{\text{рез}}}{\omega \cdot r_{\text{рез}}} = 0,0073 \text{ с},$$

де $\omega = 2\pi \cdot f$ - кутова частота.

Визначаємо ударний коефіцієнт, враховуючи значення сталої часу затухання аперіодичної складової та час настання ударного струму:

$$k_{yK5} = 1 + e^{-\frac{t}{T_{\text{ак5}}}} = 1 + e^{-\frac{0,01}{0,0073}} = 1,25$$

Враховуючи значення над перехідного струму та ударного коефіцієнту, знаходимо ударне значення струму та максимальне діюче значення повного струму:

$$i_{yK5} = \sqrt{2} \cdot k_{yK5} \cdot I_{K5} = 9,95 \text{ кА},$$

$$I_{DK5} = I_{K5} \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (k_{yK5} - 1)^2} = 5,97 \text{ кА.}$$

де i_{yK5} - ударне значення струму;

i_{DK5} - найбільше діюче значення повного струму.

Розраховуємо значення теплового імпульсу, де враховуємо повний час проходження КЗ.

$$W_{K5} = I_{K5}^2 \cdot (t_{відкл} + T_{aK5}) = 14,9 \text{ кА}^2 \cdot \text{с},$$

де $t_{відкл} = t_3 + t_{вимик}$ - час початку КЗ до його відключення, с, з врахуванням часу спрацювання захисту та повного часу вимикання вимикача з приводом, с.

Проводимо аналогічний розрахунок для всіх точок КЗ та зводимо результати у таблицю 2.15.

Враховуючи значення над перехідного струму та ударного коефіцієнту, знаходимо ударне значення струму та максимальне діюче значення повного струму:

$$i_{yK2} = \sqrt{2} k_{yK2} I_{K2} = \sqrt{2} \cdot 1,17 \cdot 6,6 = 10,92 \text{ кА},$$

$$I_{DK2} = I_{K2} \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (k_{yK2} - 1)^2} = 6,6 \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (1,17 - 1)^2} = 6,78 \text{ кА.}$$

де i_{yK5} - ударне значення струму;

i_{DK5} - найбільше діюче значення повного струму.

Розраховуємо значення теплового імпульсу, де враховуємо повний час проходження КЗ.

$$W_{K5} = I_{K2}^2 \cdot (t_{відкл} + T_{aK2}) = 6,6^2 \cdot (0,86 + 0,0057) = 37,7 \text{ кА}^2 \cdot \text{с},$$

де $t_{відкл} = t_3 + t_{вимик} = 0,8 + 0,06$ - час початку КЗ до його відключення, с, з врахуванням часу спрацювання захисту та повного часу вимикання вимикача з приводом, с.

Проводимо аналогічний розрахунок для всіх точок КЗ та зводимо результати у таблицю 2.15.

Таблиця 2.15 – Результати розрахунків струмів КЗ

Точка КЗ	$x_{\Sigma i}$	$r_{\Sigma i}$	$I_i'',$ кА	$T_{aki},$ с	$k_{уді}$	$i_{уді},$ кА	$I_{ді},$ кА	$B_{кі},$ кА ² ·с
К1	0,33	0	201,42	-	-	-	-	-
К2	1,15	0,50	0,263	0,0073	1,25	0,0027	0,27	0,059
К3	38,92	2,44	0,132	0,0050	1,81	0,00093	0,20	0,015
К4	54,89	84,75	7,21	0,0073	1,25	0,074	7,64	45,08
К5	63,2	160,65	4,21	0,0012	1,00024	0,0059	4,21	15,26

2.7.1.3 Розрахунок однофазного короткого замикання

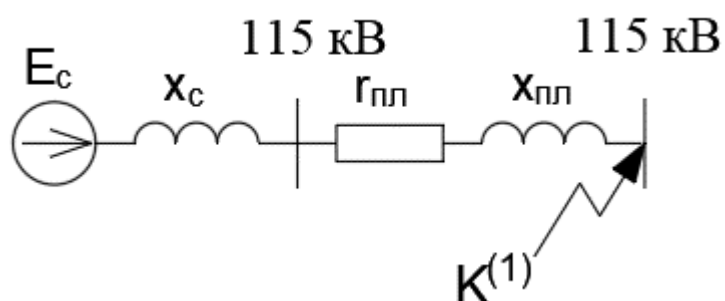


Рисунок 2.17 – Схема однофазного короткого замикання

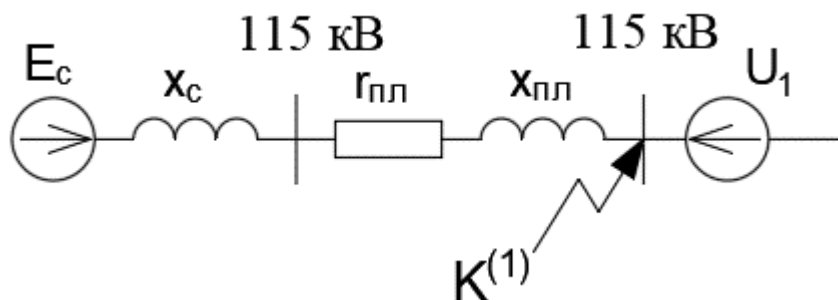


Рисунок 2.18 – Пряма схема заміщення

$$r_{1рез} = r_{пл} = 0,50 \text{ Ом},$$

$$x_{1рез} = x_c + x_{пл} = 1,15 \text{ Ом},$$

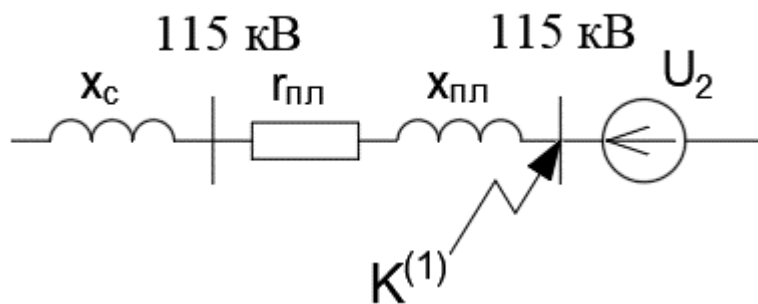


Рисунок 2.19 – Зворотня схема заміщення

$$r_{2рез} = r_{1рез} = 0,50 \text{ Ом},$$

$$x_{2рез} = x_{1рез} = 1,15 \text{ Ом},$$

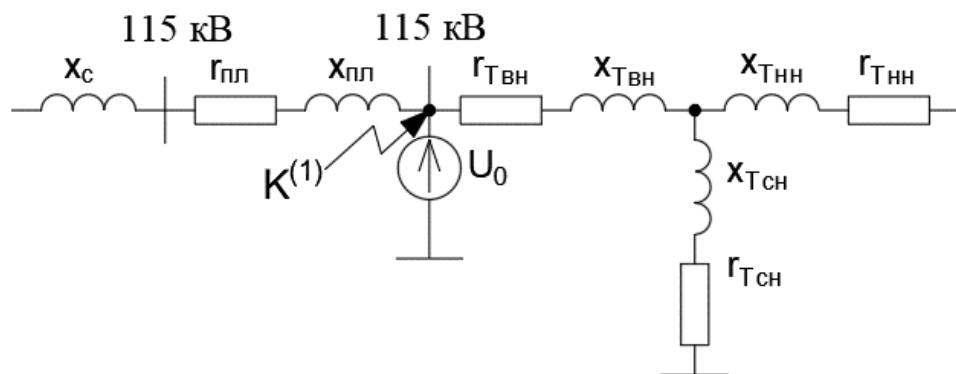


Рисунок 2.20 – Нульова схема заміщення

$$r_{пл0} = 3,5 \cdot r_{пл} = 1,75 \text{ Ом},$$

$$x_{пл0} = 3,5 \cdot x_{пл} = 2,87 \text{ Ом},$$

$$I_{кз}^{(1)} = 18 \text{ кА}$$

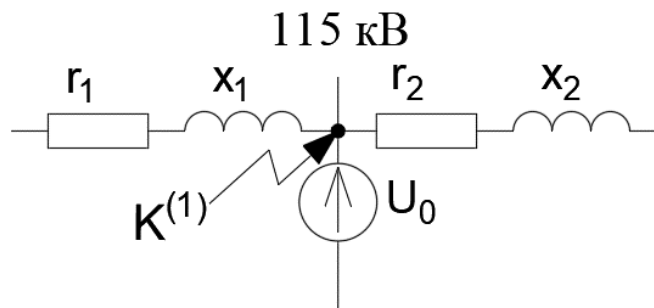


Рисунок 2.21 – Нульова схема заміщення

$$x_{c0} = \frac{3}{\sqrt{3}} \cdot \frac{E_c}{I_{K3}^{(1)}} - (x_{c1} + x_{c2}) = 5,736 \text{ Ом},$$

$$r_1 = r_{пл0} = 1,75 \text{ Ом},$$

$$r_2 = \frac{r_{HC} \cdot r_{CC}}{r_{HC} + r_{CC}} + r_{BC} = 1,44 \text{ Ом},$$

$$x_1 = x_{c0} + x_{пл0} = 8,606 \text{ Ом},$$

$$x_2 = \frac{x_{HC} \cdot x_{CC}}{x_{HC} + x_{CC}} + x_{BC} = 22 \text{ Ом},$$

$$r_{0рез} = \frac{r_1 \cdot r_2}{r_1 + r_2} = 0,78 \text{ Ом},$$

$$x_{0рез} = \frac{x_1 \cdot x_2}{x_1 + x_2} = 2,53 \text{ Ом},$$

Тепер знаходимо струм КЗ в точці К⁽¹⁾

$$I_{K3}^{(1)} = \frac{3 \cdot E_c}{\sqrt{(r_{1рез} + r_{2рез} + r_{0рез})^2 + (x_{1рез} + x_{2рез} + x_{0рез})^2}} = 2,7 \text{ кА}$$

Розрахунок трифазного короткого замикання

Опори збірних шин та їх з'єднання мають істотний вплив на струми КЗ в мережі до 1 кВ, а також трансформатори струму, розмикаючі котушки автоматичних вимикачів. Помітний вплив мають опори контактних з'єднань – болтових з'єднань шин, перехідний опір контакту в місці КЗ, також зажимних контактів апаратів.

Всі активні та індуктивні опори короткозамкнутого кола, будемо враховувати при розрахунках. Розрахунок проведемо в іменованих одиницях.

Вихідні дані:

Система: струм КЗ $I_5^3 = 3,08 \text{ кА}$

Приймаємо трансформатор типу ТП-250/10/0,4 з такими паспортними даними

$$S_H = 400 \text{ кВ А},$$

$$U_{HB} = 10 \text{ кВ},$$

					ОН-01-02.001 ПЗ	Арк
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		58

$$U_{HH}=0,4 \text{ кВ},$$

$$\Delta P_{K3}=4,6 \text{ кВт},$$

$$U_K=4 \text{ \%},$$

$$\Delta I_{XX}=2,1\%,$$

$$\Delta P_{XX}=0,430 \text{ кВт}$$

Шини приєднання трансформатора до щита 0,4 кВ: $l_{ш} = 5 \text{ м}$, метал – Al, $r_{ш.о} = 0,1 \text{ Ом / км}$, $x_{ш.о} = 0,13 \text{ Ом / км}$, $S = 80 \times 8 \text{ мм}^2$.

QF; тип АВМ 12П, $I_{ном} = 1200 \text{ А}$, QF_1 ; тип ВА-51-35М2, $I_{ном} = 250 \text{ А}$.

Трансформатор струму ТС: $r_{ТС} = 0,2 \text{ мОм}$, $x_{ТС} = 0,05 \text{ мОм}$.

Опори котушок включення автоматичних вимикачів: $X_{KB.SF} = 0,07 \text{ мОм}$, $R_{KB.SF} = 0,13 \text{ мОм}$.

Опори контактів автоматичних вимикачів: $r_{K_{SF}} = 0,14 \text{ мОм}$, $R_{б.к} = 0,003 \text{ мОм}$

2.7.2 Розрахунок струмів короткого замикання в електричній мережі нижче 1 Кв

2.7.2.1 Розрахунок трифазного короткого замикання

Опори збірних шин та їх з'єднання мають істотний вплив на струми КЗ в мережі до 1 кВ, а також трансформатори струму, розмикаючі котушки автоматичних вимикачів. Помітний вплив мають опори контактних з'єднань – болтових з'єднань шин, перехідний опір контакту в місці КЗ, також зажимних контактів апаратів.

Всі активні та індуктивні опори короткозамкнутого кола, будемо враховувати при розрахунках. Розрахунок проведемо в іменованих одиницях.

Вихідні дані:

Система: струм КЗ $I_5^3 = 4,21 \text{ кА}$

					ОН-01-02.001 ПЗ	Арк
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		59

Приймаємо трансформатор типу ТП-250/10/0,4 з такими паспортними даними

$$S_H = 250 \text{ кВА}, U_{HB} = 10 \text{ кВ}, U_{HH} = 0,4 \text{ кВ}, \Delta P_{кз} = 3,7 \text{ кВт}, U_K = 4,5 \%, \Delta I_{xx} = 2,3\%, \Delta P_{xx} = 0,74 \text{ кВт}$$

Шини приєднання трансформатора до щита 0,4 кВ: $l_{ш} = 5 \text{ м}$, метал – Al, $r_{ш.о} = 0,1 \text{ Ом / км}$, $x_{ш.о} = 0,13 \text{ Ом / км}$, $S = 80 \times 8 \text{ мм}^2$.

QF; тип АВМ 12П, $I_{ном} = 1200 \text{ А}$, QF_1 ; тип ВА-51-35М2, $I_{ном} = 250 \text{ А}$.

Трансформатор струму ТС: $r_{ТС} = 0,2 \text{ мОм}$, $x_{ТС} = 0,05 \text{ мОм}$.

Опори котушок включення автоматичних вимикачів: $X_{KB.SF} = 0,07 \text{ мОм}$, $R_{KB.SF} = 0,13 \text{ мОм}$.

Опори контактів автоматичних вимикачів: $r_{K_{SF}} = 0,14 \text{ мОм}$, $R_{\sigma.к} = 0,003 \text{ мОм}$

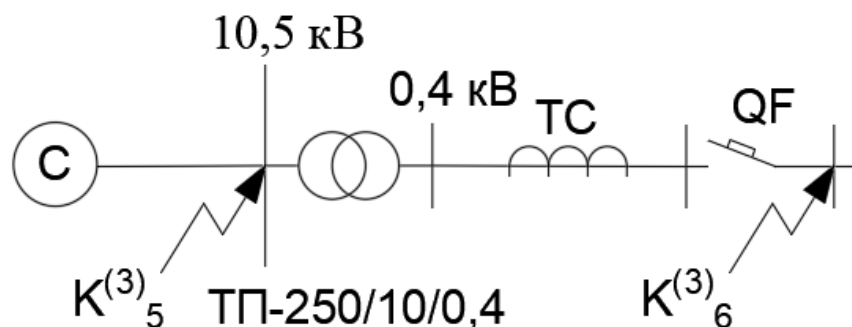


Рисунок 2.22 – Розрахункова схема

Розрахунок параметрів схеми заміщення у іменованих одиницях:

Опір системи:

$$x_c = \frac{U_{HH}^2}{\sqrt{3} \cdot I_5^3 \cdot U_{HB}} = \frac{0,4^2 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 4,21 \cdot 10,5} = 2,08 \text{ мОм},$$

Опори трансформатора:

$$r_T = \frac{\Delta P_{кз} \cdot (U_{HH})^2 \cdot 10^6}{S_H^2} = \frac{3,7 \cdot 0,4^2 \cdot 10^6}{250^2} = 9,5 \text{ мОм},$$

$$x_T = \sqrt{\left(\frac{U_K}{100}\right)^2 - \left(\frac{\Delta P_{K3}}{S_H}\right)^2} \cdot \frac{(U_{HH})^2 \cdot 10^6}{S_H},$$

$$x_T = \sqrt{\left(\frac{4,5}{100}\right)^2 - \left(\frac{3,7}{250}\right)^2} \cdot \frac{(0,4)^2 \cdot 10^6}{250} = 27,2 \text{ мОм},$$

Опори шин:

$$r_{ш} = r_{ш.0} \cdot l_{ш} \cdot 10^3 = 0,1 \cdot 0,005 \cdot 10^3 = 0,5 \text{ мОм},$$

$$x_{ш} = r_{ш.0} \cdot l_{ш} \cdot 10^3 = 0,13 \cdot 0,005 \cdot 10^3 = 0,65 \text{ мОм},$$

Активний опір болтового з'єднання:

$$r_{б.к} = 0,003 \text{ мОм},$$

Побудуємо СЗ для визначення струмів КЗ в точках К1-К2

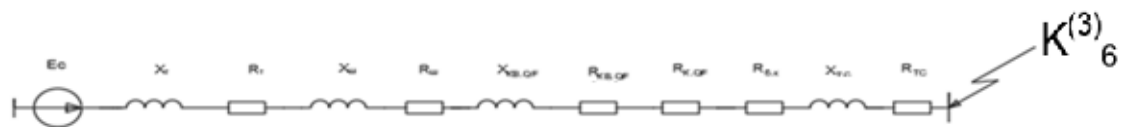


Рисунок 2.23 – Схема заміщення

Еквалентуємо СЗ:

$$x_1 = x_c + x_T + x_{KB.SF} + x_{ш} + x_{TC},$$

$$x_1 = 2,08 + 27,2 + 0,07 + 0,65 + 0,05 = 30,05 \text{ мОм},$$

$$r_1 = r_{ш} + 4 \cdot r_{б.к} + r_{KB.SF} + r_T + r_{KSF} + r_{TC},$$

$$r_1 = 0,5 + 4 \cdot 0,003 + 0,13 + 9,5 + 0,14 + 0,2 = 10,5 \text{ мОм},$$

Виконаємо розрахунок надперехідного значення струму трифазного КЗ:

$$I_6^{(3)} = \frac{1,05 \cdot U_{HH} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{x_1^2 + r_1^2}} = \frac{1,05 \cdot 0,4 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{30^2 + 10,5^2}} = 7,62 \text{ кА},$$

Розрахунок постійної часу згасання аперіодичного струму трифазного КЗ:

$$T_{ак6}^{(3)} = \frac{x_1}{\omega \cdot r_1} = \frac{30}{314 \cdot 10,5} = 0,009 \text{ с},$$

Розрахунок теплового імпульсу:

$$B_{к6}^{(3)} = I_6^{(3)2} \cdot (t_{відімк} + T_{ак6}^{(3)}),$$

де $t_{відімк}$ -час від початку КЗ до вимкнення, с:

$$t_{\text{відімк}} = t_3 + t_{\text{вимик}} = 0,1 + 0,08 = 0,18 \text{ с,}$$

$t_3 = 0,1$ - релейний захист – час спрацювання, с;

$t_{\text{вимик}} = 0,08$ - час вимкнення вимикача, с;

$$W_{\text{кб}}^{(3)} = 7,62^2 \cdot (0,18 + 0,009) = 11 \text{ кА}^2 \cdot \text{с,}$$

Розрахунок ударного коефіцієнту:

$$k_{\text{удб}}^{(3)} = 1 + e^{\frac{-0,01}{T_{\text{акб}}^{(3)}}} = 1 + e^{\frac{-0,01}{0,009}} = 1,3 \text{ с,}$$

$$i_{\text{удб}}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot k_{\text{удб}}^{(3)} \cdot I_6^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,3 \cdot 7,62 = 14 \text{ кА,}$$

Розрахунок найбільшого діючого значення струму короткого замикання:

$$I_{\text{у6}}^{(3)} = I_6^{(3)} \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (k_{\text{удб}}^{(3)} - 1)^2},$$

$$I_{\text{у6}}^{(3)} = 7,62 \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (1,3 - 1)^2} = 8,2 \text{ кА,}$$

2.7.2.2 Розрахунок струму однофазного КЗ

Проведемо розрахунок струму однофазного КЗ в $K_6^{(1)}$.

Схема заміщення прямої послідовності

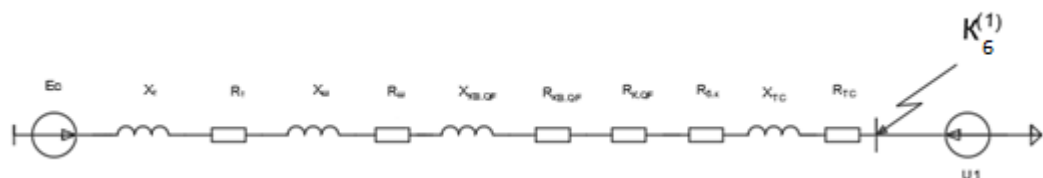


Рисунок 2.24 – СЗ прямої послідовності

$$x_1 = x_c + x_T + x_{\text{кв.}SF} + x_{\text{ш}} + x_{\text{ТС}},$$

$$x_1 = 2,08 + 27,2 + 0,07 + 0,65 + 0,05 = 30,05 \text{ мОм,}$$

$$r_1 = r_{\text{ш}} + 4 \cdot r_{\text{б.к}} + r_{\text{кв.}SF} + r_T + r_{\text{к}SF} + r_{\text{ТС}},$$

$$r_1 = 0,5 + 4 \cdot 0,003 + 0,13 + 9,5 + 0,14 + 0,2 = 10,5 \text{ мОм,}$$

Схема заміщення нульової послідовності:

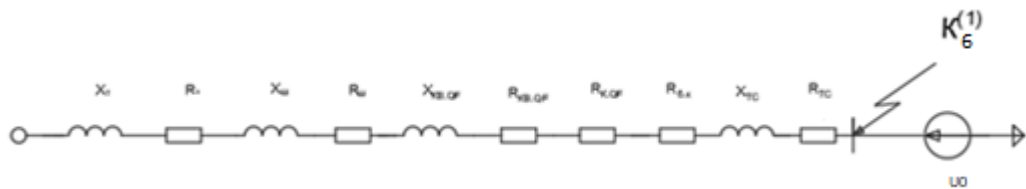


Рисунок 2.25 – Схема заміщення нульової послідовності

Опори нульової послідовності шин:

$$x_{ш.0} = 8,5 \cdot x_{ш} = 8,5 \cdot 0,65 = 5,53 \text{ мОм},$$

$$r_{ш.0} = 10 \cdot r_{ш} = 10 \cdot 0,5 = 5 \text{ мОм},$$

Розрахунок евівалентних активних та індуктивних опорів нульової послідовності для $K_6^{(1)}$:

$$x_0 = x_{T0} + x_{кв.QF0} + x_{ш0} + x_{TC0},$$

$$x_0 = 27,2 + 0,07 + 5,53 + 0,05 = 32,85 \text{ мОм},$$

$$r_0 = r_{T0} + 4 \cdot r_{б.к0} + r_{к.QF0} + r_{кв.QF0} + r_{ш.0} + r_{TC0},$$

$$r_0 = 9,5 + 4 \cdot 0,003 + 0,13 + 0,14 + 5 + 0,2 = 15 \text{ мОм},$$

Діюче значення періодичної складової струму однофазного КЗ:

$$I_6^{(1)} = \frac{(1,05 \cdot U_{HH}) \cdot 10^3 \cdot T^{(1)}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(2 \cdot r_1 + r_0)^2 + (2 \cdot x_1 + x_0)^2}}.$$

де x_0 та r_0 – індуктивний та активний опір схеми заміщення нульової послідовності:

$$I_6^{(1)} = \frac{(1,05 \cdot 0,4) \cdot 10^3 \cdot 3}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(2 \cdot 10,5 + 15)^2 + (2 \cdot 30,05 + 32,85)^2}} = 7,3 \text{ кА},$$

Розрахунок постійної часу згасання аперіодичного струму КЗ:

$$T_{ак6}^{(1)} = \frac{2 \cdot x_1 + x_0}{2 \cdot \pi \cdot 50 \cdot (2 \cdot r_1 + r_0)} = \frac{2 \cdot 30,05 + 32,85}{314 \cdot (2 \cdot 10,5 + 15)} = 0,008 \text{ с},$$

Розрахунок ударного коефіцієнту:

$$k_{уд6}^{(1)} = 1 + e^{\frac{-0,01}{T_{ак6}^{(1)}}} = 1 + e^{\frac{-0,01}{0,008}} = 1,3 \text{ с},$$

Розрахунок ударного струму для $K_6^{(1)}$:

$$i_{уд6}^{(1)} = \sqrt{2} \cdot k_{уд6}^{(1)} \cdot I_6^{(1)} = \sqrt{2} \cdot 1,3 \cdot 7,3 = 13,7 \text{ кА},$$

Розрахунок найбільшого значення повторного струму КЗ:

$$I_{y6}^{(1)} = I_6^{(1)} \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (k_{уд6}^{(1)} - 1)^2},$$

$$I_{y6}^{(1)} = 7,3 \cdot \sqrt{1 + 2 \cdot (1,3 - 1)^2} = 8 \text{ кА},$$

Розрахунок теплового імпульсу:

$$B_{к6}^{(1)} = I_6^{(1)^2} \cdot (t_{відімк} + T_{ак6}^{(1)}),$$

де $t_{відімк}$ - час від початку КЗ до вимкнення, с:

$$t_{відімк} = t_3 + t_{вимик} = 0,1 + 0,08 = 0,18 \text{ с},$$

$t_3 = 0,1$ - релейний захист – час спрацювання, с;

$t_{вимик} = 0,08$ - час вимкнення вимикача, с;

$$B_{к1}^{(1)} = 7,3^2 \cdot (0,18 + 0,008) = 10 \text{ кА}^2 \cdot \text{с},$$

2.7.2.3 Перевірка вибраних комутаційних апаратів і провідників та

ВИСНОВКИ

Дані комутаційного апарату та умови перевірки занесені в таблицю 2.16.

Таблиця 2.16 – Перевірка комутаційних апаратів 0,4 кВ

Напруга	Вибраний елемент	Параметри	Умови перевірки	Розрахункові дані	Каталожні дані
0,4 кВ	ABN203с 250А30кА	Струм динамічної стійкості	$i_{y0} \leq i_{\max}$ $I'' \leq I_{вимик}$	14 8	30кА
		Тепловий імпульс	$B_k \leq I_{m.c}^2 t_{m.c}$	10	$1200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

З таблиці 2.16 можна побачити що обраний апарат відповідає вимогам та підходить для даного випадку.

Таким чином, в проєкті проведено розрахунок однофазного та трифазного струмів КЗ. Також проведено перевірку комутаційних апаратів

2.8 Розрахунок параметрів максимального струмового захисту

МСЗ виконується з незалежною витримкою часу з застосуванням реле серій РТ-40, РС40М, РС40М2, АЛ-1, РСТ11...РСТ14 і реле часу РВМ12, ВЛ-64...69, ВЛ-73...79, ВЛ-100...104, 108.

Вихідні дані для розрахунку параметрів приведені на рисунку 2.26.

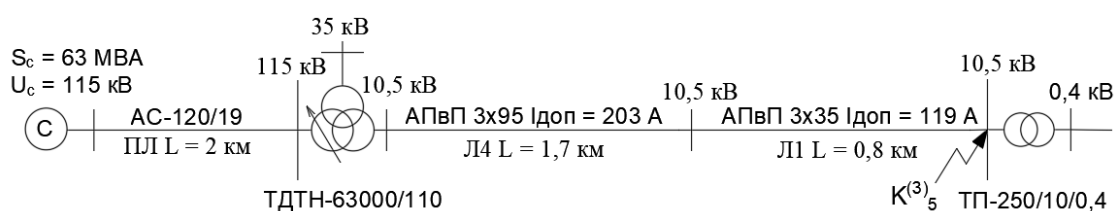


Рисунок 2.26 – Схема електропостачання об'єкту захисту

Максимальний струмовий захист (МСЗ) із залежною або обмежено залежною витримкою часу використовується для контролю струму в елементі, що захищається. Він виконується за допомогою реле типів РТ-80, РТ-90, РС80М, які мають пусковий орган і орган витримки часу. МСЗ відстроюється від струму навантаження і при перевищенні уставки з витримкою часу діє на відключення елемента.

При короткому замиканні важливо селективно відключити тільки вимикач ушкодженої лінії. МСЗ характеризується відносною селективністю, яка забезпечує відключення КЗ на своїй лінії та резервує відключення КЗ суміжної ділянки, якщо дозволяє її чутливість. Селективність досягається за допомогою витримки часу, яка для суміжних МСЗ відрізняється на величину, що називається ступінь селективності. Для електромеханічних реле стандартна ступінь селективності Δt складає 0,5 с, а для мікроелектронних та мікропроцесорних захистів – 0,2-0,3 с. Недоліком МСЗ є збільшення витримки часу при наближенні до джерела живлення.

Для швидкого відключення КЗ та зменшення обсягу ушкодження застосовується ступінчастий захист. Окрім МСЗ, використовується також струмова відсічка.

Струму спрацювання максимального струмового захисту визначається

$$I_{с.з.} = \frac{k_n k_{спз}}{k_n} I_{р макс} = \frac{1,5 \cdot 2}{0,8} \cdot 145,9 = 547,12$$

де k_n - коефіцієнт надійності, $k_n = 1,5$;

$k_{спз}$ - коефіцієнт самозапуску двигунів, $k_{спз} = 2$;

k_n - коефіцієнт повернення, захисту, для електромагнітних та індукційних реле приймаємо $k_n = 0,8$;

$I_{р макс}$ - максимальний розрахунковий струм мережі, що захищається.

Струм спрацювання реле буде

$$I_p = \frac{k_{сх} I_{с.з.}}{K_I} = 1 \cdot 547,12 / 30 = 18,23 \text{ (А)},$$

де k_c - коефіцієнт схеми;

K_I - коефіцієнт трансформації трансформатора струму, приймаємо трансформатор струму ТПЛК-10 150/5.

Коефіцієнт чутливості максимального струмового захисту визначається як відношення

$$K_q = \frac{I_{к.з.мін}^{(2)}}{I_{с.з.}},$$

де $I_{к.з.мін}^{(2)}$ - мінімальний струм КЗ при ушкодженні на кінці зони, що захищається (КЗ)

$$I_{к.з.мін}^{(2)} = 0,867 \cdot I_{к.з.3}^{(3)} = 0,867 \cdot 4370 = 3789 \text{ (А)}.$$

Тоді коефіцієнт чутливості максимального струмового захисту буде

$$K_q = \frac{I_{к.з.мін}^{(2)}}{I_{с.з.}} = 3789 / 547,12 = 6,9 > 1,5$$

2.8 Релейний захист та автоматика (РЗА)

Розрахунок параметрів струмової відсічки

					ОН-01-02.001 ПЗ	Арх
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		66

Розглянемо розрахунок струмової відсічки для лінії напругою 10 кВ і трансформатора зі спадною напругою 10/0,4 кВ. Надамо також схему захисту. (Надається розрахунок струмової відсічки та схема захисту на основі конкретних вхідних даних, таких як параметри лінії і трансформатора, а також вимоги до захисту.) Вихідні дані будемо брати із електричної частини.

На рисунку 2.27 зображено схему завдання

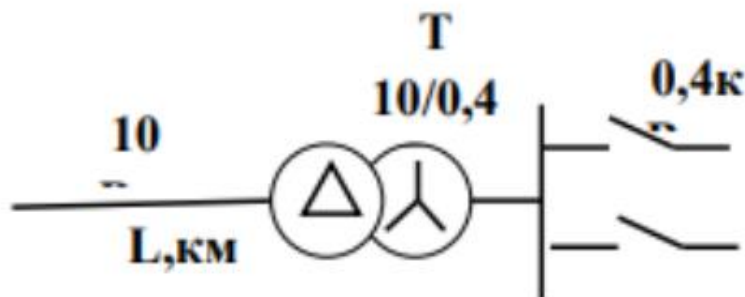


Рисунок 2.27 – схема завдання

Струм спрацьовування СВ повинен бути більшим за максимальний струм КЗ у місці підключення найближчого до РТП трансформатора 10/0,4 кВ.

1. Розраховуємо струм спрацьовування відсічки за умови:

$$A) I_{\text{сп.СВ}} \geq k_{\text{н}} \cdot I_{\text{к max}},$$

$$I_{\text{сп.СВ}} \geq 1,2 \cdot 1750 = 2100 \text{ А},$$

$$B) I_{\text{сп.СВ}} \geq \frac{(4 \dots 5) \sum S_{\text{н.тр}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{н}}}$$

$$I_{\text{сп.СВ}} \geq \frac{4 \cdot 1350}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 296,92 \text{ А}.$$

$I_{\text{к max}}$, - Максимальний струм к.з. ($I_{\text{к}}^3$) у точці підключення найближчого до РП трансформатора 10/0,4 кВ, А;

$k_{\text{н}}$ - коефіцієнт надійності (для реле РТ-40 $k_{\text{н}} = 1,2 \dots 1,3$; для реле РТ- 80 та 84/1 і РТМ $k_{\text{н}} = 1,1 \dots 1,6$)

$\sum S_{\text{н.тр}}$ - сумарна потужність трансформаторів ТП 10/0,4 кВ, що живляться від лінії 10 кВ, кВА.

В якості струму спрацьовування відсічки вибираємо більше із отриманих значень:

$$I_{\text{сп.СВ}}=2100 \text{ А.}$$

2. Визначаємо струм спрацьовування реле відсічки:

$$I_{\text{сп. р.СВ}}=\frac{I_{\text{сп.СВ}} \cdot k_{\text{сх}}^{(3)}}{k_{\text{мс}}},$$

$$I_{\text{сп. р.СВ}} \geq \frac{2100}{\frac{75}{5}}=140 \text{ А.}$$

$I_{\text{сп. р.СВ}}$ -найбільше із значень, що отримані за виразами із першого пункту;

$k_{\text{сх}}^{(3)}$ -коефіцієнт схеми;

$k_{\text{мс}}$ - коефіцієнт трансформації трансформатора струму.

3. Визначаємо кратність відсічки (для реле РТ-84/1)

$$K_{\text{відс}}=\frac{I_{\text{сп. р.СВ}}}{I_{\text{у. р.МСЗ}}},$$

$I_{\text{у. р.МСЗ}}$ - струм уставки МСЗ реле РТ-84/1

$$K_{\text{СВ}}=\frac{140}{15}=9,3$$

Умова виконується, так як кратність відсічки для реле типу РТ-84/1 може мати значення: 2, 4, 6, 8, 12, 16. Приймаємо $K_{\text{СВ}}=12$

4. Визначаємо уточнений струм спрацьовування реле СВ:

$$I'_{\text{сп.р.СВ}}=I_{\text{у. р. МЗС}} \cdot k_{\text{СВ}}$$

$$I'_{\text{сп.р.СВ}}=15 \cdot 12=180 \text{ А.}$$

5. Дійсне (уточнене) значення струму спрацьовування відсічки:

$$I'_{\text{сп.СВ}}=\frac{k_{\text{т.с}} \cdot I'_{\text{у.р.СВ}}}{k_{\text{сх}}}$$

$$I'_{\text{сп.СВ}}=\frac{75/5 \cdot 180}{1}=2700 \text{ А.}$$

6. Виконуємо перевірку струмової відсічки на чутливість:

$$K_{ч.СВ} = \frac{I_k^{(3)}}{I_{y.p.CB}} \cdot \frac{k_{сх.min}}{k_{т.с}};$$

$$K_{ч.СВ} = \frac{7530}{180} \cdot \frac{1}{\frac{75}{5}} = 2,78$$

$I_k^{(3)}$ - струм к.з. у місці встановлення захисту в найбільш сприятливому за умовами чутливості режимі (трифазне к.з.).

$k_{сх.min}$ - мінімальне значення коефіцієнта схеми

Для захистів повітряних ліній $k_{сх.min} \geq 1,2$

$2,78 > 1,2$ - умова виконується.

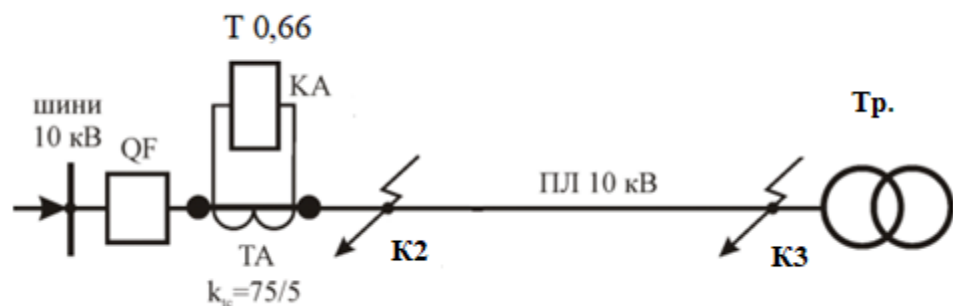


Рисунок 2.28 – розрахункова схема лінії 10 кВ

2.9 Організація обліку електричної енергії на об'єкті проєктування

Даний розділ регламентується державними будівельними нормами України «Проективання електрообладнання об'єктів цивільного призначення» ДБН В.2.5.-23:2010, Розділ 11 «Облік та контроль якості електроенергії, вимірювальні прилади».

1. Облік електроенергії:

Облік електроенергії здійснюється згідно з вимогами глави 1.5 ПУЕ, розділу 2.7 НПАОП 40.1-1.32, "Правил користування електричною енергією" та додатковими вимогами цього розділу. Засоби обліку електроенергії, що

встановлюються в приміщеннях об'єктів цивільного призначення, не повинні перевищувати рівень шуму 30 дБА [12-14].

2. Розрахункові засоби обліку:

Розрахункові засоби обліку електричної енергії повинні бути встановлені на межах експлуатаційної відповідальності між споживачами і електропередавальною організацією: на вводах ВРП, ГРЩ, на вводах нижчої напруги силових трансформаторів ТП, що повністю використовуються споживачами будинків, а також на вводах у квартири житлових будинків. Для забезпечення безперешкодного доступу до засобів обліку, технічні та фізичні можливості контролю за рівнем споживання повинні бути забезпечені [12-14].

3. Облік у разі живлення від загального вводу:

При живленні кількох споживачів від загального вводу, що мають різне адміністративно-господарське підпорядкування, дозволяється встановлювати загальний розрахунковий засіб обліку у основного споживача та окремі засоби обліку у субспоживачів. Лінії живлення повинні бути захищені від механічних ушкоджень, а їх прокладання має забезпечувати замінюваність [12-14].

4. Облік для приміщень громадського призначення:

Для споживачів громадських приміщень, що вбудовані у житлові будинки або прибудовані до них, розрахункові засоби обліку встановлюються на вводах кожного приміщення незалежно від джерела живлення – ТП, ВРП житлового будинку або ВРП одного зі споживачів.

5. Облік у житлових будинках:

У житлових будинках (садівничих товариствах) встановлюється один засіб обліку на кожну квартиру або садовий будиночок, який може бути однофазним або трифазним залежно від кількості фаз вводу. Засоби обліку для індивідуальних будинків, котеджів рекомендується розміщувати ззовні будинку в місцях, доступних для персоналу електропередавальної організації. У випадку об'єднання в автоматизовані системи комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ), засоби обліку можуть бути встановлені на ВРП всередині будинку [12-14].

					ОН-01-02.001 ПЗ	Арк
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		70

6. Комутаційні апарати в житлових будинках:

У житлових будинках дозволяється встановлення загального комутаційного апарата для всіх засобів обліку, які розміщені в одній шафі. Цей апарат має бути розрахований на навантаження всіх приєднаних квартир.

7. Захист після засобів обліку:

Після засобу обліку, що включений безпосередньо в живильну мережу, повинен бути встановлений апарат захисту. Цей апарат повинен знаходитися якомога ближче до засобу обліку, але не далі ніж 10 метрів по довжині електропроводки. Якщо після засобу обліку відходить кілька ліній, кожна з яких обладнана своїм апаратом захисту, встановлення загального апарата захисту не є обов'язковим [12-14].

8. Якість електричної енергії:

Якість електричної енергії в системах електропостачання повинна відповідати вимогам ГОСТ 13109. Дії споживача та постачальника електричної енергії у разі відхилення показників якості електроенергії від договірних регламентовані "Правилами користування електричною енергією" [15-16].

9. Контроль якості електроенергії:

Контроль якості електроенергії при підключенні нових споживачів, а також під час експлуатації існуючих систем електроспоживання (за необхідності) повинен здійснюватися із залученням організацій, які мають відповідні повноваження, надані державним комітетом України з питань технічного регулювання та споживчої політики [15-16].

10. Документування результатів вимірювань:

За результатами вимірювань складається акт про якість електричної енергії, який підписується замовником вимірювань та представником організації, що проводила ці вимірювання. В акті повинні бути визначені відповідальні за погіршення якості електроенергії. Акт подається (надсилається) стороні, відповідальній за погіршення якості електроенергії, яка повинна усунути причини погіршення якості електроенергії, за які вона відповідає [15-16].

					ОН-01-02.001 ПЗ	Арк
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		71

11. Повторний контроль:

Після усунення причин погіршення якості електроенергії повинен виконуватися повторний контроль якості електроенергії. Якщо відхилення показників якості електричної енергії від договірних не усунуто, сторони повинні діяти згідно з чинним законодавством.

2.10 Економічні характеристики проєкту

2.10.1 Порядок приєднання до електричних мереж

Питання приєднання споживачів до електричних мереж оператора системи розподілу регулюються такими базовими нормативними документами:

- Закон України «Про ринок електричної енергії» [17];
- Кодекс системи розподілу, затверджений постановою Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг, від 14.03.2018 № 310 [18];
- Правила охорони електричних мереж, затверджені постановою Кабінету Міністрів України від 04.03.1997р. № 209 [19];

Згідно з Законом України «Про ринок електричної енергії», приєднання електроустановки означає надання замовнику послуги від оператора системи передачі або оператора системи розподілу для створення технічної можливості передачі або прийняття електроенергії необхідного обсягу у місці приєднання. Це включає підключення до мереж передачі або розподілу електроенергії з дотриманням відповідних показників якості та надійності, незалежно від того, чи мережі є новозбудованими.

Закон визначає два типи приєднання: стандартне і нестандартне, залежно від характеристик споживача. Стандартне приєднання – це підключення електроустановки замовника до існуючих мереж оператора системи розподілу на відстані, що не перевищує 300 метрів по прямій від місця забезпечення потужності до місця приєднання. Це приєднання розділяється за ступенями потужності:

					ОН-01-02.001 ПЗ	Арк
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		72

- перший ступінь - до 16 кВт включно;
- другий ступінь - від 16 кВт до 50 кВт включно.

Інші типи приєднань класифікуються як нестандартні. Лінійна частина приєднання для нестандартного приєднання – це електрична мережа, що забезпечує потреби замовника від найближчої точки існуючих мереж оператора системи розподілу (повітряна лінія, трансформаторна підстанція або розподільний пункт) до точки приєднання електроустановок замовника.

2.10.2 Розрахунок вартості приєднання до електричних мереж ОСР

Послуга зі стандартного приєднання електроустановок замовників до системи розподілу є платною послугою та надається оператором системи розподілу відповідно до договору про стандартне приєднання [27].

Оберіть дані для розрахунку

Регіон або область

м. Київ

Оператор системи розподілу

ПрАТ «ДТЕК Київські електромережі»

Потужність, замовлена до приєднання

Приєднання потужності більше 50 кВт є нестандартним

10

Місцевість



Міська місцевість



Сільська місцевість

Рисунок 2.29 - Розрахунок вартості приєднання онлайн калькулятором НКРЕКП

Категорія надійності електропостачання

☒ I категорія

☐ II категорія

☐ III категорія

Ступінь напруги в точці приєднання

☒ 0,4 кВ
220/380 В

☐ 10(6) кВ

Кількість фаз

☒ Однофазне приєднання

☐ Трифазне приєднання

Розрахувати

Рисунок 2.30 - Розрахунок вартості приєднання онлайн калькулятором НКРЕКП

Результат розрахунку

Орієнтовна величина плати за стандартне приєднання

Вартість приєднання

33.132 тис.грн з ПДВ **2.761 тис.грн/ 1кВт без ПДВ**
у т.ч. ПДВ 5.522 тис.грн

Термін стандартного приєднання

0 - 16 кВт **45 днів** **16 - 50 кВт** **60 днів**

Санкції за перевищення термінів стандартного приєднання

- більше ніж на 10 днів - вартість зменшується на 10%
- більше ніж на 20 днів - вартість зменшується на 20%
- більше ніж на 120 днів - повернення коштів з пенею

Назва компанії

ПрАТ «ДТЕК Київські електромережі»

Рисунок 2.31 - Розрахунок вартості приєднання онлайн калькулятором НКРЕКП

Плата за стандартне приєднання визначається відповідно до розділу 3 Методики як добуток заявленої до приєднання потужності електроустановок замовника (кВт), та ставки плати за стандартне приєднання (тис. грн/кВт), яка диференціюється за такими індексами:

- місцезнаходження електроустановок замовника (міська, сільська місцевість);
- категорія надійності електропостачання згідно з Правилами улаштування електроустановок (далі - ПУЕ), заявлена замовником;
- схеми електрозабезпечення (однофазна або трифазна);
- індексу рівня напруги в точці приєднання (0,4(0,23); 6(10)20).

Плата за нестандартне приєднання до електричних мереж оператора системи передачі (розділ 4 Методики) визначається згідно з кошторисом, який є невід'ємною частиною відповідної проєктної документації, розробленої з урахуванням вимог [Кодексу системи передачі](#). Використовується у більшості випадків для приєднання до електричних мереж 220 кВ і вище [27].

В Додатку А наведено приклад заповнення «Заяви про приєднання електроустановки певної потужності».

Висновок до розділу

Був проведений розрахунок навантажень як комунально-побутових так і промислових споживачів. Були розраховані такі параметри системи електропостачання як: номінальна потужність трансформатора; переріз лінії як високої так і низької напруги. Було проведено розрахунки струмів короткого замикання напруго до та вище 1кВ. Виконали розрахунок параметрів максимального струмового захисту. Всі розрахунки було виконано згідно діючих стандартів та нормативних документів.

					ОН-01-02.001 ПЗ	Арк
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		75

З ВИМІРЮВАННЯ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ У ЩИТАХ РОЗПОДІЛУ З ЗАСТОСУВАННЯМ ПРОГРАМНО-АПАРАТНОГО КОМПЛЕКСУ SCHNEIDER ELECTRIC

3.1 Початкові дані для проведення вимірювань

Мета проведення вимірювань – виявлення проблемних показників в роботі електроустановок та надати рекомендації по застосуванню пристроїв компенсації реактивної потужності і пристроїв компенсації гармонічних викривлень. Провести аналіз якості електричної енергії, що постачається для живлення заводу.

Вимірювання проведені з використанням трифазних аналізаторів якості електричної енергії MAVOWATT 20 та FLUKE 435-II.

При проведенні вимірювань виконано реєстрацію наступних електричних величин:

- Активна потужність (кВт);
- Реактивна потужність (квар);
- Повна потужність (кВА);
- Коефіцієнт потужності (PF, що включає гармоніки);
- Коефіцієнт реактивної потужності (DPF або $\cos \phi$);
- Середньоквадратичні значення струму;
- Середньоквадратичні значення напруги;
- Гармоніки струму;
- Гармоніки напруги;
- Коефіцієнт гармонічних спотворень по напрузі THDu;
- Коефіцієнт гармонічних спотворень по струму THDi;

					ОН-01-02.001 ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробила		Балан О. В.			ВИРІШЕННЯ ПРИКЛАДНИХ ЗАДАЧ ЩОДО ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗА ТЕМОЮ ДИПЛОМУ	Літер	Сторінка	Сторінок
Перевірила		Ярмолюк О.С.					76	115
Т. Контр.						НН ІЕЕ ОЕ-01		
Н. Контр.		Ярмолюк О.С.						
Затвердив		Ярмолюк О.С.						

Опрацювання даних вимірювань електричних параметрів виконана за допомогою програмного забезпечення Dran-View (Mavowatt 20) та Power Log (Fluke 435-II).

3.2 Засоби вимірювальної техніки

У таблиці 3.1 зведено перелік засобів вимірювальної техніки, яку було використано.

Таблиця 3.1- засоби вимірювальної техніки

Назва приладу	Тип	Заводський №
Аналізатор якості живлення	Mawowatt 20	MW20FA030
Аналізатор якості живлення	Fluke 435-2	46433107
Мультиметр	Fluke 287	54190205
Термогігрометр	Fluke Ti10-9HZ	Ti10-09100040



Рисунок 3.1 - Аналізатор якості електроенергії MAVOWATT 20

MAVOWATT 20 — це високопродуктивний, простий в експлуатації прилад для комплексних вимірювань та аналізу потужності в одно- та трифазних системах. Він ідеально підходить для тестування систем енергозбереження, аналізу споживаної енергії та витрат, оцінки ефективності роботи фотоелектричних перетворювачів та аналізу гармонійних складових.

Прилад дозволяє швидко створювати звіти про випробування за допомогою безкоштовного програмного забезпечення EPRW, яке дозволяє експортувати дані в Excel або Word. MAVOWATT 20 також обчислює вуглецевий слід і енергозатрати з урахуванням тарифних зон.

Прилад оснащений великим кольоровим сенсорним екраном і інтуїтивно зрозумілим інтерфейсом, що підтримує кілька мов (німецьку, французьку, італійську та англійську). Він автоматично визначає основні параметри електричного кола, а користувач може задавати граничні значення через меню управління функціями. Дані зберігаються на CF-карті пам'яті, а передача можлива через RS 232, Ethernet або USB.

Програмне забезпечення EPRW дозволяє швидко створювати енергетичні звіти, а для детального аналізу можна використовувати додаткові інструменти програмного забезпечення DranView. MAVOWATT 20 є потужним та простим у використанні інструментом для моніторингу енергетичних систем і підходить для різних сфер застосування, включаючи аналіз витрат на комунальні послуги, підвищення ефективності роботи та визначення вуглецевого сліду.

Таблиця 3.2 - Технічні характеристики MAVOWATT 20 [20]

Технічні характеристики	MAVOWATT 20
Пік-фактор, К-фактор, коефіцієнт трансформації, коефіцієнт телефонних перешкод, асиметрія (макс. відхилення значення RMS) і компонентів послідовності, W, VA, VAR, TPF, DPF, споживання енергії і т.д.	+

Продовження таблиця 3.2 - Технічні характеристики MAVOWATT 20

Входи	- 4 входи напруги, 1 ... 600V RMS, AC / DC, 0,1% точність, 256 вибірок / цикл, 16 біт ADC; - 4 входи струму (для 3 фаз і нейтралі), 1 ... 6000A RMS, AC / DC, 0,1% точність + CTs, 256 вибірок / цикл, 16 біт ADC.
Гармонічні коливання і спотворення (V, A, W), k-фактор	+
Інтерфейси	RS232, USB, LAN
Застосування	Трифазний
Опис	Аналізатор потужності з 4 гнучкими датчиками контуру змін. струму DRANFLEX XL / 24 (30/300 / 3000A) і 1 датчиком змін. / пост. струму PR150/SP8 (1500A)
Міжгармонічний аналіз	+
кВт*год і кВАр*год, інтервал за бажанням	+
Флікер (Plt, Pst, PF5)	-
Асиметрія	+
Безпека відповідно до EN 61010	CAT III 600V
Отримання імпульсних сигналів	-
Функція самописця, реєстрація даних	+
Моніторинг Макс / Мін / Серед значень	+
Осцилограф реального часу / векторні діаграми	+
Проміжний дисплей	-
Струми включення і запуску	-
Обсяг пам'яті	32GB
Функції запису / AutoTrend	+
Спад / Зростання напруги на підставі напівперіоду	+
Відповідає ІЕС 61000-4-30, -4-7, -4-15	Клас Б

Продовження таблиця 3.2 - Технічні характеристики MAVOWATT 20

Універсальний осцилограф і DMM	+
ПЗ для реєстрації потужності	+
Комплект поставки	- вимірювальний прилад в гумовому чохлі з сертифікатом калібрування; - зарядний пристрій; - кабель з затискачами для вимірювання напруги; - карта пам'яті ≥ 4 GB і ПЗ EPRW.
Діапазон частоти	45...65 Гц
Схема фазового автопідстроювання	+
EN 16001 система енергоменеджменту	+
THD / спектр гармонік (U, I, P), TID субгармоніки / субгармонічний спектр (U, I) до 63-ї гармоніки відповідно до IEC / EN 61000-4-7	+
Оформлення	4 додаткових струмових затискача чи гнучких струмових датчика (в залежності від набору), сумка для перенесення



Рисунок 3.2 - аналізатора енергії та якості електроенергії Fluke 435-II

Fluke 435-II — це потужний інструмент для аналізу якості електроенергії та енергетичних витрат. Він дозволяє виконувати комплексні вимірювання в одно- та трифазних системах.

Fluke 435-II дозволяє виявляти та аналізувати проблеми якості електроенергії, такі як гармоніки, провали напруги, переривання живлення та інші аномалії. Це допомагає швидко визначати та усувати проблеми, які можуть впливати на роботу обладнання.

Прилад точно вимірює активну, реактивну та повну потужність, а також коефіцієнт потужності. Це дозволяє користувачам оцінювати енергоефективність систем та знаходити способи для зниження енергетичних витрат. Fluke 435-II оснащений функцією реєстрації даних, що дозволяє зберігати дані для подальшого аналізу. Дані можна легко експортувати у форматі, придатному для використання в програмному забезпеченні, що дозволяє створювати детальні звіти.

Прилад має інтуїтивно зрозумілий інтерфейс з кольоровим дисплеєм, що спрощує навігацію та аналіз даних на місці. Користувачі можуть швидко знаходити та вирішувати проблеми завдяки чітким візуальним індикаторам. Fluke 435-II надає можливість обчислення енергетичних витрат в системах, що допомагає визначити, де відбуваються втрати енергії, і вжити заходів для їх мінімізації. Прилад має компактний та міцний корпус, що робить його зручним для використання в польових умовах. Він також обладнаний різними інтерфейсами для підключення до комп'ютера та інших пристроїв.

Fluke 435-II — це надійний та високопродуктивний інструмент для аналізу якості електроенергії та енергетичних витрат. Його можливості та функціональність дозволяють ефективно виявляти та вирішувати проблеми з електропостачанням, оптимізувати енергоспоживання та підвищувати загальну ефективність енергетичних систем. Цей прилад стане незамінним помічником для професіоналів, які працюють в галузі енергетики та електротехніки [21].

3.3 Примітки щодо спектру гармонік при виникненні блокування ступеней компенсації реактивної потужності

Гармоніка напруги №3 – наявність незбалансованого по фазам однофазного навантаження

Гармоніки напруги №5,7 – ці гармоніки являються основними при роботі перетворювачів частоти

Гармоніки напруги №11,13,15 – практично зникають зі спектру вимірювань при відключенні ступенів КРП – на даних гармоніках виникає загроза резонансу і перевантаження конденсаторів

Гармоніки напруги №17,19 – без змін при відключенні ступенів КРП

Гармоніки напруги від №23 та вище – з'являються в спектрі вимірювань при відключенні ступенів КРП – ступені конденсаторів перестають працювати в якості низькоомного опору для високочастотних гармонік, що викликає циркуляцію струмів, величина яких пропорційна частоті гармонік. Ці струми викликають додаткові втрати. Напруги вищих гармонік приводять до пришвидшеного старіння ізоляції і подальшому виходу з ладу конденсаторів.

3.4 Висновки щодо зміни величини THDu при блокуванні ступенів компенсації реактивної потужності

Гармонічні спотворення по напрузі THDu, у відсотках від основної частоти спостерігаються зниження в діапазоні з 15% до 8%.

Гармоніки в електричних системах є частотами, кратними основній частоті системи, і виникають через нелінійні навантаження. Вони можуть спричинити резонансні явища і перевантаження конденсаторних розрядних пристроїв (КРП), що впливає на їх стабільну роботу та надійність.

Значення THDu та їх вплив на роботу КРП

THDu (Total Harmonic Distortion in voltage) – це загальний коефіцієнт гармонічних спотворень напруги, який характеризує рівень гармонік у системі. Розглянемо вплив різних рівнів THDu на роботу КРП:

1. THDu менше 3%

- Характеристика: Нормальний рівень гармонічних спотворень.
- Вплив: Небезпеки порушень у роботі КРП не передбачаються.

Конденсаторні установки працюють стабільно та ефективно.

2. THDu від 3 до 8%

- Характеристика: Підвищений рівень гармонічних збуджень.
- Вплив: Існує ризик збоїв і порушень роботи КРП. Можливі перегрівання, резонансні явища та перевантаження конденсаторів, що може призвести до їх передчасного зносу або пошкодження.

3. THDu вище 8%

- Характеристика: Високий рівень гармонічних збуджень.
- Вплив: Висока ймовірність значних збоїв і порушень роботи електрообладнання. Конденсаторні установки можуть зазнавати серйозних пошкоджень через перегрів, перевантаження та резонансні явища.

Примітка:

При максимальному навантаженні, значних змінах мережевої напруги та включених ступенях КРП, гармонічні спотворення можуть досягати значень THDu вище 3.5%. Це означає, що система працює в режимі підвищеного ризику, що потребує моніторингу та можливих корекцій для запобігання несправностей.

4. Вимірювання якості електроенергії комбікормового цеху.

З графіків видно, що о 12:20 відбулося зниження напруги, що пов'язано з початком робочого процесу в інших цехах. Коливання середньоквадратичного значення фазної напруги знаходиться у діапазоні 5 В при зміні навантаження.

					ОН-01-02.001 ПЗ	Арк
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		83

Середньоквадратичне значення струму: спостерігається зниження навантаження з пікового значення 1400 А до стабільних значень 600А (фаза А та В), 800А (фаза С).

Реактивна потужність: спостерігається зниження показників реактивної потужності зі зниженням загального навантаження.

Графіки зміни фазної напруги, струму та реактивної потужності наведено на рис. 3.3

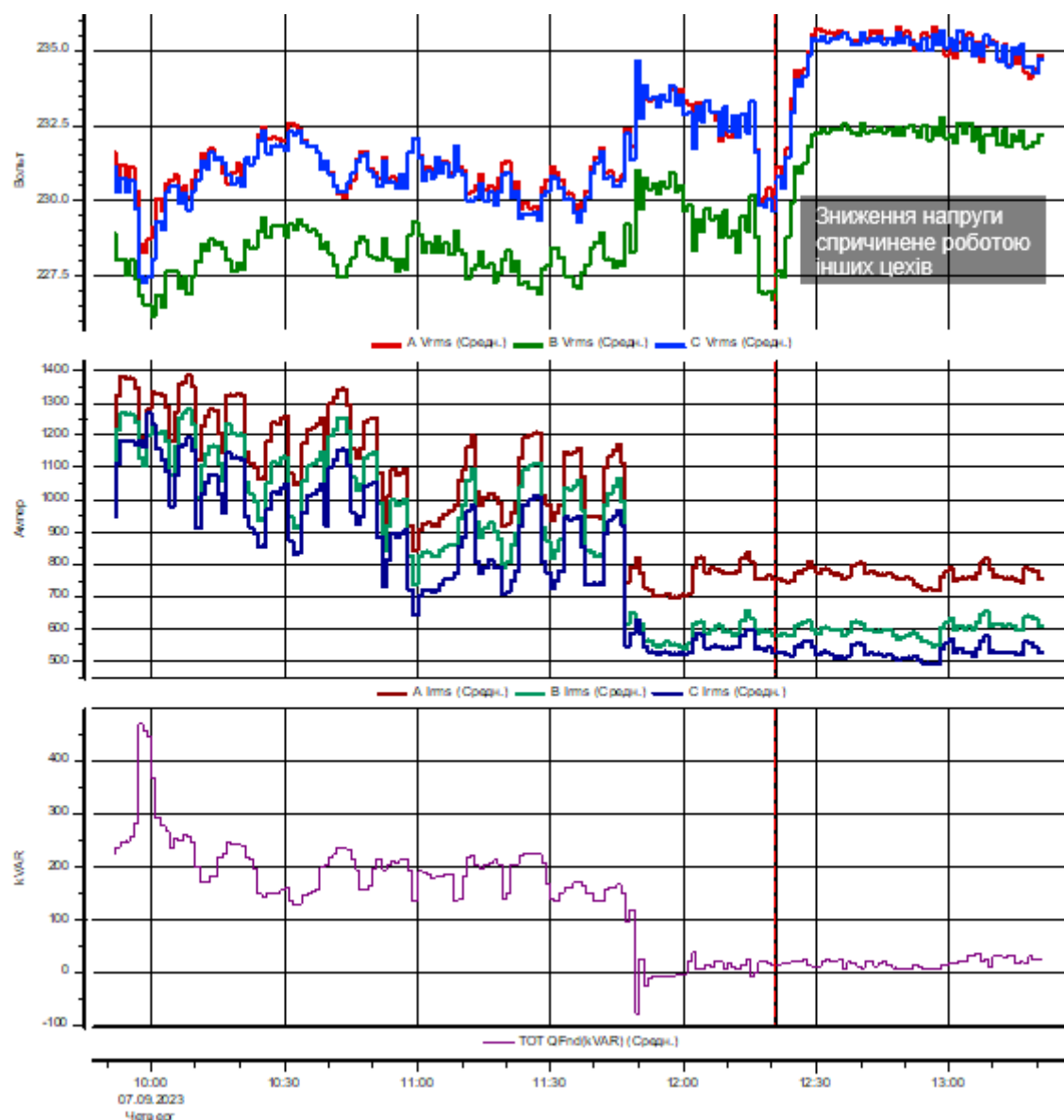


Рисунок 3.3 - Зміни фазної напруги, струму та реактивної потужності

3.5 Вимірювання характеру навантажень, загальні викривлення коливань струмів та напруги

На рисунку 3.4 зображена векторна діаграма струмів і напруги, по графіку видно переважаючий індуктивний характер навантаження – осцилограма за часом 11:30

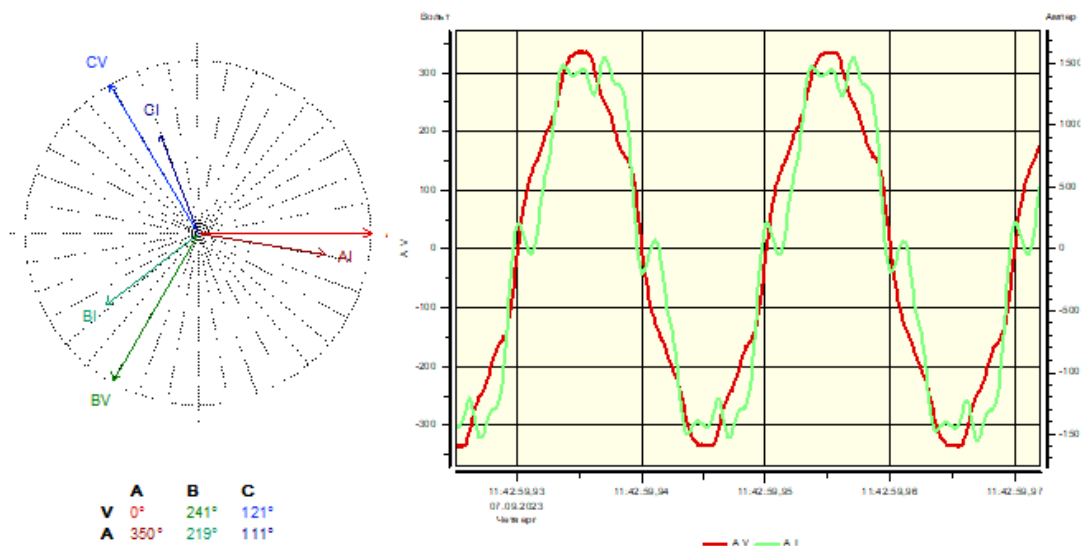


Рисунок 3.4 - Векторна діаграма струмів і напруги

На рисунку 3.5 зображена векторна діаграма струмів і напруги, спостерігаємо переважаючий ємнісний характер навантаження – осцилограма за часом 12:00

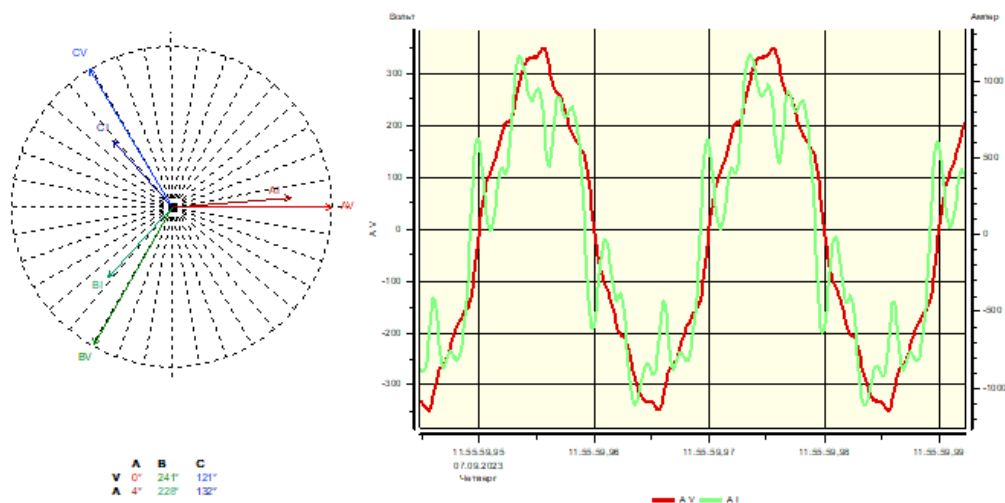


Рисунок 3.5 - Векторна діаграма струмів і напруги

3.6 Гармонічні спотворення напруги при струмах навантаження 1100А

На рисунку 3.6 загальні гармонічні спотворення напруги досягають значення 12 % при нормальній роботі цеху. Спостерігається моментальне зниження THDu при відключенні КРП внаслідок зникнення резонансів.

Гістограми гармонік струму демонструють величину струмів зворотної послідовності (гармоніки), які змушують двигуни працювати повільніше головної частоти, послаблюють їх крутний момент і збільшують нагрів.

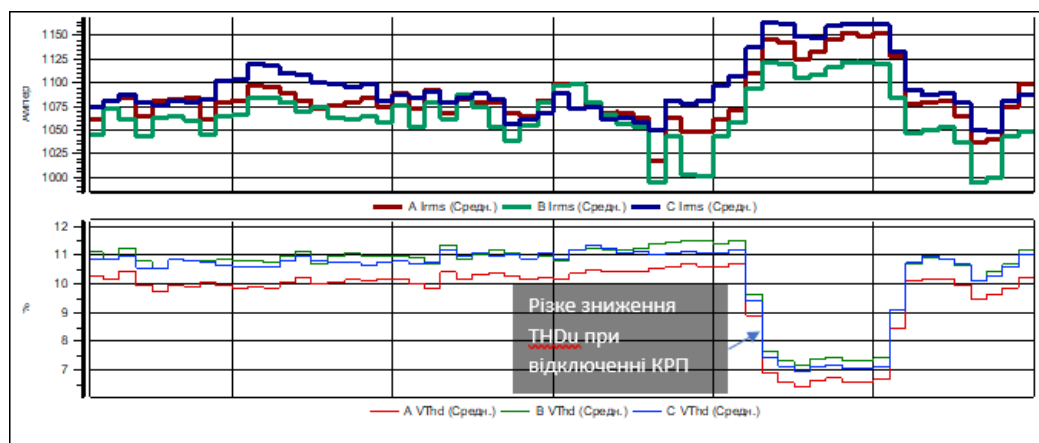


Рисунок 3.6 - Гармонічні спотворення напруги при струмах навантаження 1100А

3.7 Гармонічні спотворення напруги при струмах навантаження 400А

На рисунку 3.7 зображенні гармонічні спотворення напруги при струмах навантаження 400 А.

Загальні гармонічні спотворення досягають значення 12.5 %.

При зниженні індуктивного навантаження (двигуни на прямому підключенні до мережі) збільшуються вплив струмів зворотної послідовності, та їх загальна сума перевищує 250А (по кожній фазі).

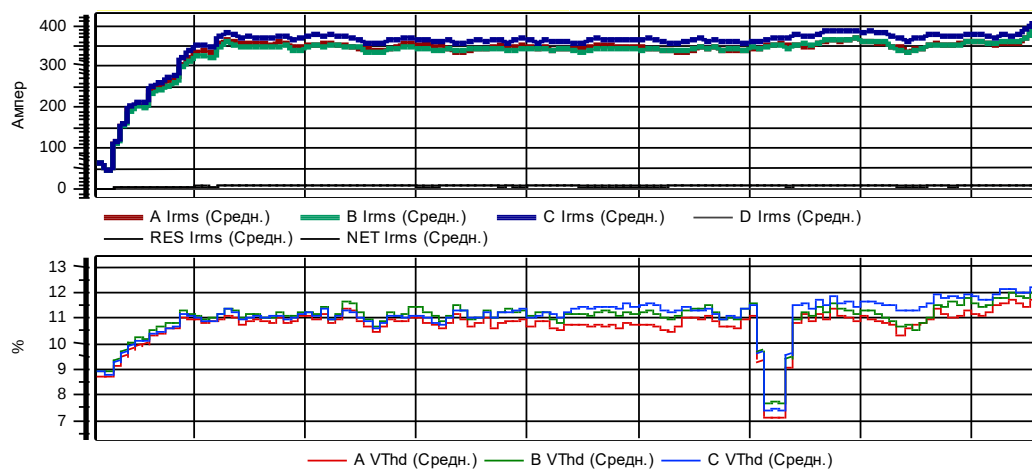


Рисунок 3.7 - Гармонічні спотворення напруги при струмах навантаження 400А

3.8 Вимірювання коефіцієнтів THDu та THDi.

На рисунку 3.8 гістограми гармонік струму демонструють величину струмів зворотної послідовності (гармоніки) до 500А, які змушують двигуни працювати повільніше головної частоти, послаблюють їх крутний момент і збільшують нагрів.

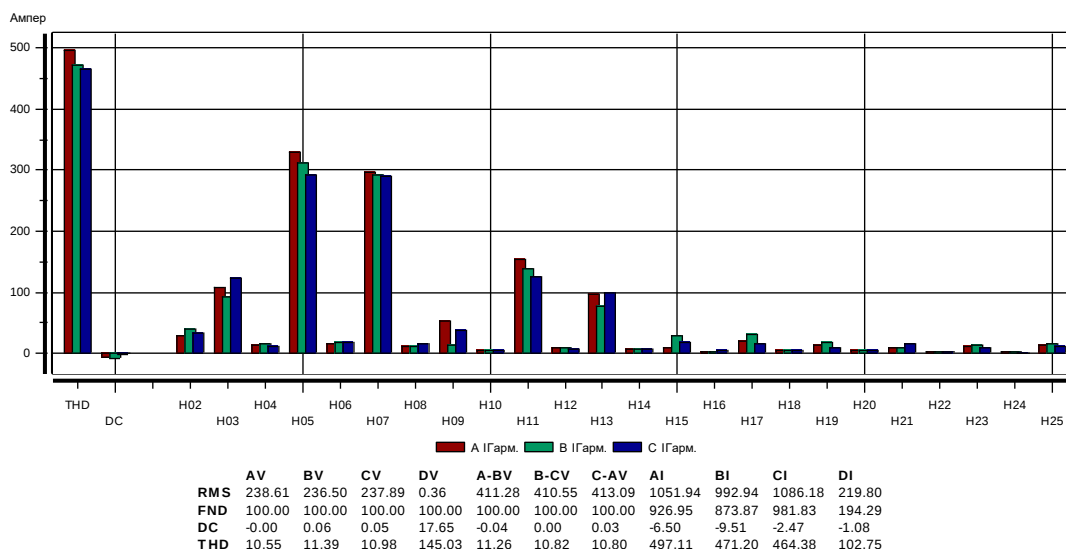


Рисунок 3.8 - Загальний склад гармонік струму при роботі КРП

На рисунку 3.9 зображена гістограма загального складу гармонік струму без роботи конденсаторних розрядних пристроїв.

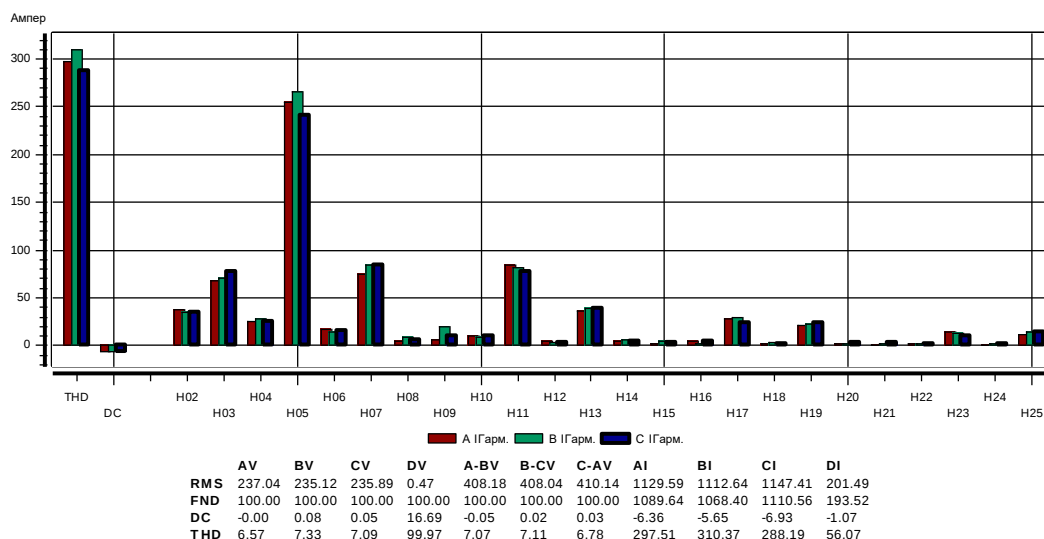


Рисунок 3.9- Загальний склад гармонік струму без роботи КРП

При вимкненні КРП, гармоніки струму зменшуються на 40% - до 300А, що позитивно впливає на роботу електроустановок, збільшуючи їх ККД, та зменшуючи теплові втрати.

3.9 Вимірювання впливу на якість електроенергії виробничої лінії Buhler

На рисунку 3.10 спостерігаємо коливання в діапазоні 3В при зміні навантаження. Поступове збільшення навантаження до 1кА.

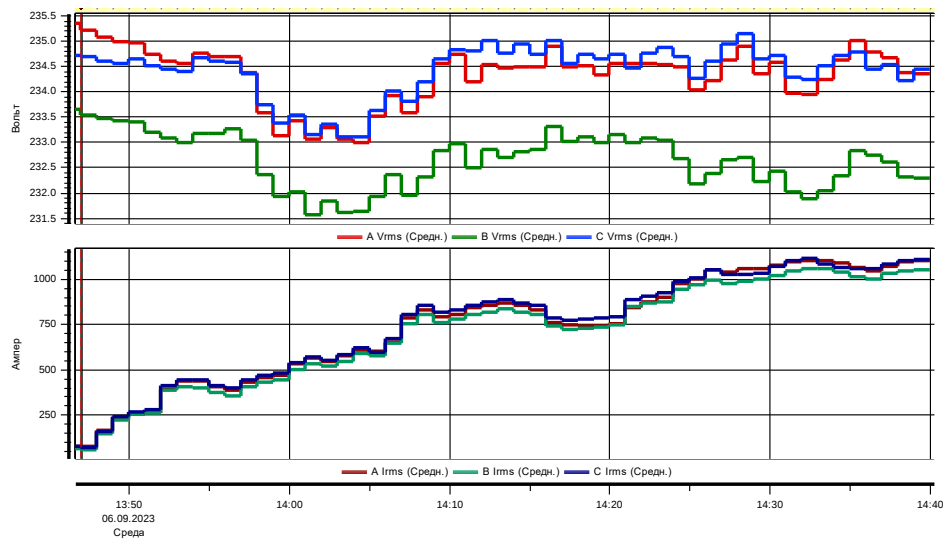


Рисунок 3.10 - Середньоквадратичне значення фазної напруги та струму на Т1

На рисунку 3.11 коливання в діапазоні 3В при зміні навантаження. Спостерігається поступове збільшення навантаження до 1кА.

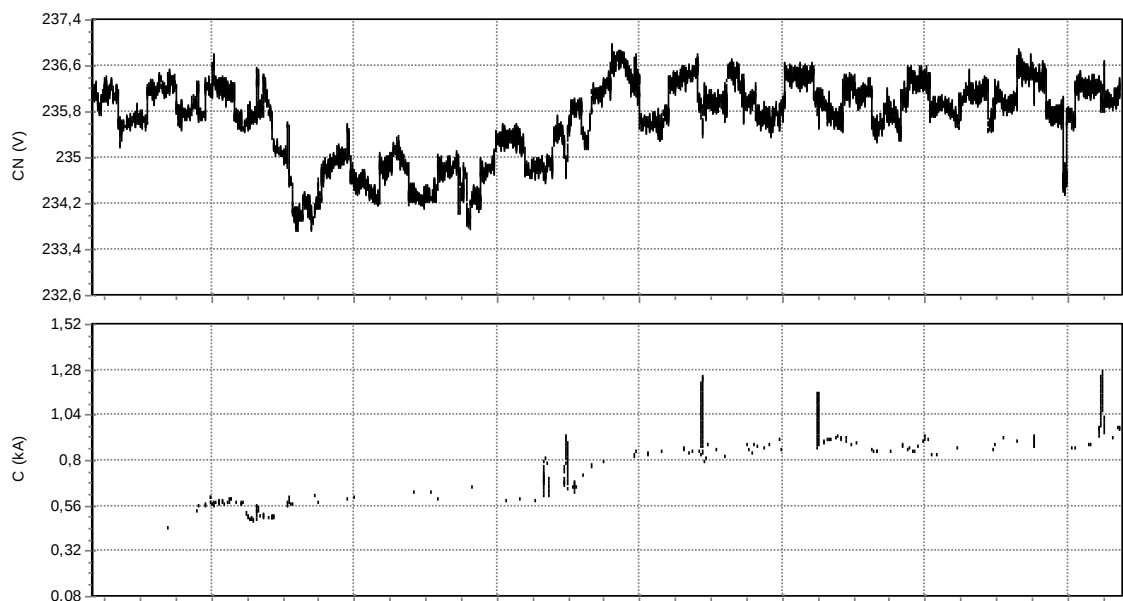


Рисунок 3.11 - Середньоквадратичне значення фазної напруги та струму на Т2

3.10 Вимірювання коефіцієнтів THDu та THDi під час роботи агрегатів Buhler

На рисунку 3.12 загальні гармонічні спотворення напруги збільшуються з 3% до 11% при запуску технологічних агрегатів

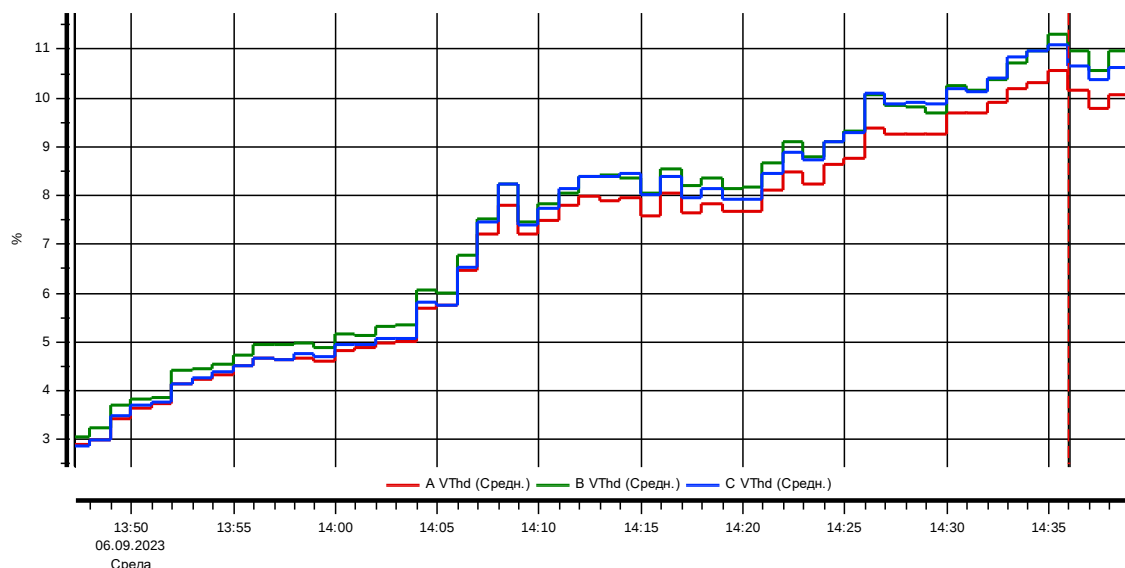


Рисунок 3.12 - Гармонічні спотворення на Т1

На рисунку 3.13 бачимо, що загальні гармонічні спотворення напруги збільшуються з 5% до 11% при запуску технологічних агрегатів.

Гармоніки струму демонструють величину струмів зворотної послідовності (гармоніки), які досягають 57% при 1кА та значно погіршують ККД роботи технологічних установок.

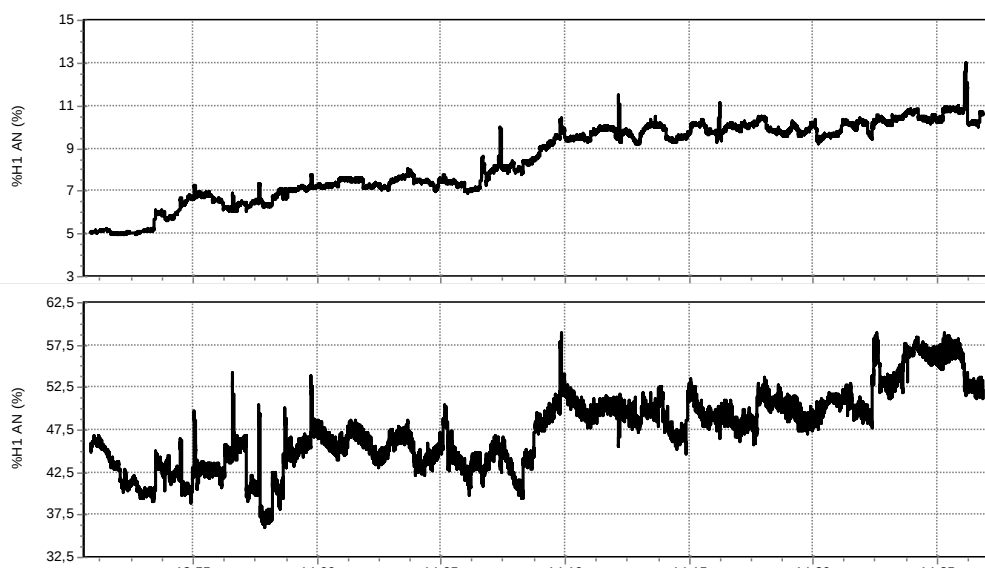


Рисунок 3.13 - Гармонічні спотворення на Т2

3.11 Вимірювання впливу на якість електроенергії виробничої лінії Ottevanger

На рисунку 3.14 зображене Середньоквадратичне значення фазної напруги та струму на Т6.

Спостерігаємо коливання в діапазоні 2В при зміні навантаження та поступове збільшення навантаження до 700А.

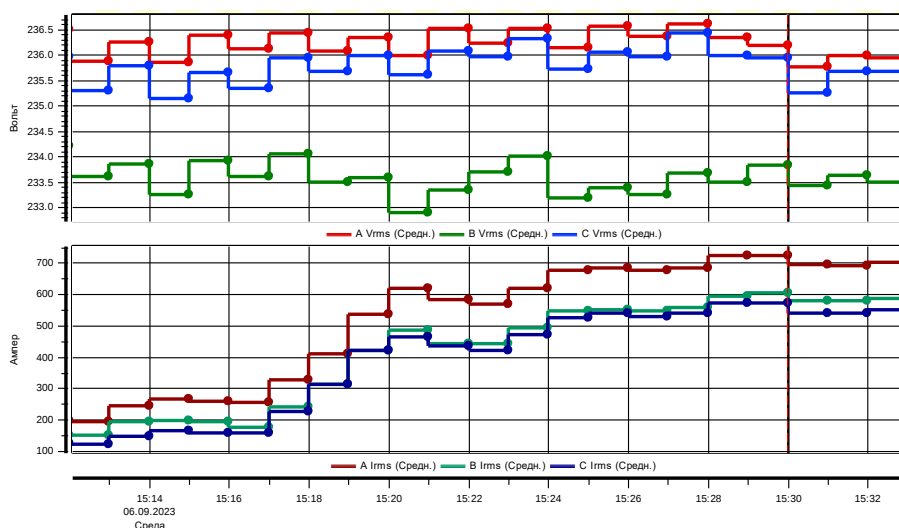


Рисунок 3.14 - Середньоквадратичне значення фазної напруги та струму на Т6

На графіку 3.15 зображено середньоквадратичне значення фазної напруги та струму на Т4. По графіку спостерігаємо коливання в діапазоні 2В при зміні навантаження. Також поступове збільшення навантаження до 1кА.

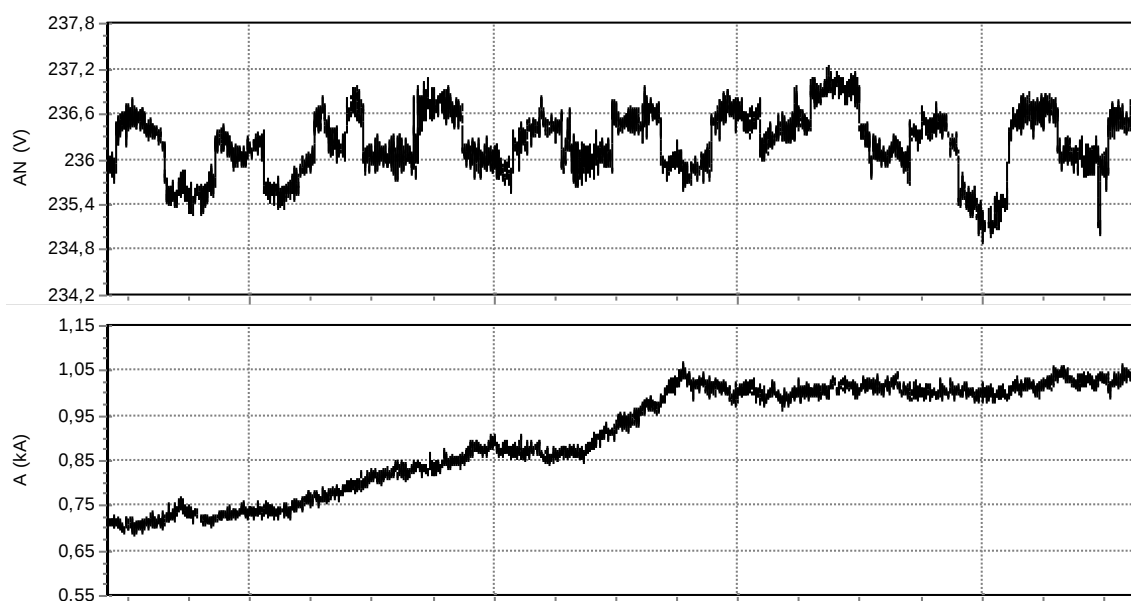


Рисунок 3.15 - Середньоквадратичне значення фазної напруги та струму на Т4

3.12 Вимірювання коефіцієнтів $THDu$ та $THDi$ під час роботи агрегатів Ottevanger

На рисунку 3.16 загальні гармонічні спотворення напруги збільшуються з 5.5% до 9.5% при запуску технологічних агрегатів.

Гістограми гармонік струму демонструють величину струмів зворотної послідовності (гармоніки), які досягають 270А та значно погіршують ККД роботи технологічних установок.

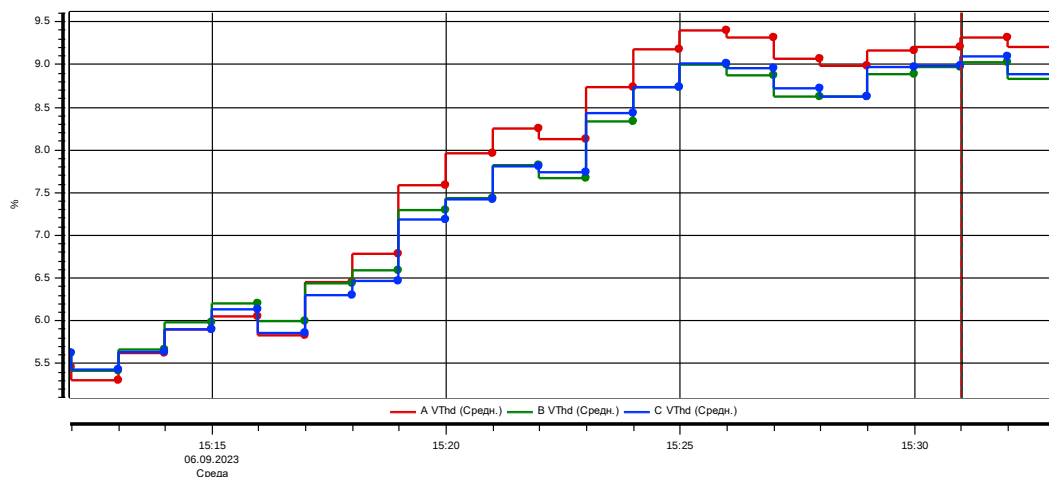


Рисунок 3.16 - Гармонічні спотворення на Т6

На рисунку 3.17 загальні гармонічні спотворення напруги збільшуються з 9% до 12% при запуску технологічних агрегатів.

Гістограми гармонік струму демонструють величину струмів зворотної послідовності (гармоніки), які досягають 42% при 1кА та значно погіршують ККД роботи технологічних установок

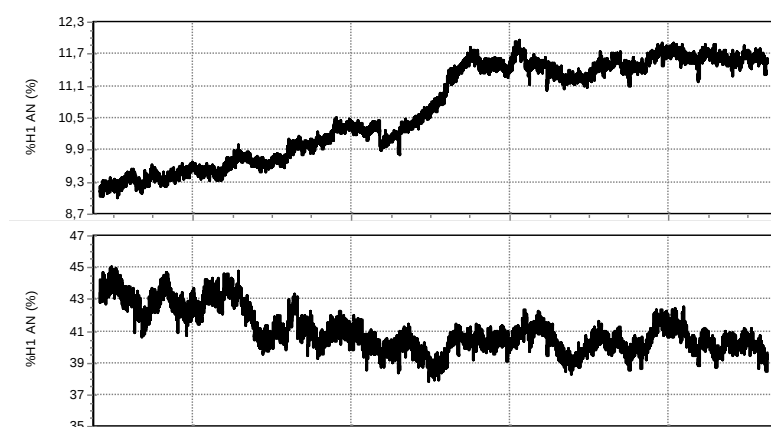


Рисунок 3.17 - Гармонічні спотворення на Т4

3.14 Спотворення напруги та струму під час нормальної роботи цеху

На рисунку 3.18 та 3.19 зображена осцилограма напруги при ввімкненій компенсації реактивної потужності.

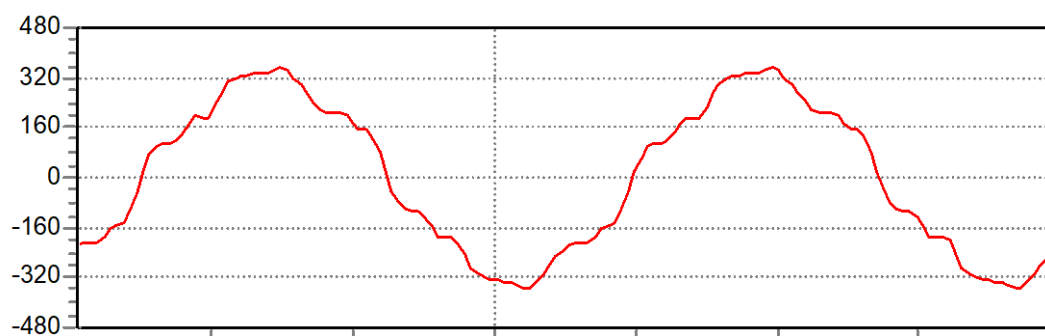


Рисунок 3.18 - Осцилограма напруги при ввімкненій КРП

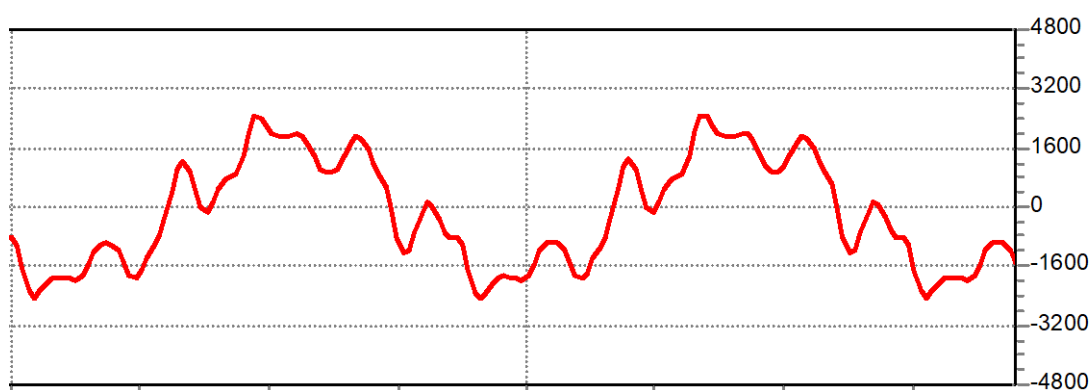


Рисунок 3.19 - Осцилограма струму при ввімкненій КРП

На рисунку 3.20 та 3.21 зображена осцилограма напруги при вимкненій компенсації реактивної потужності

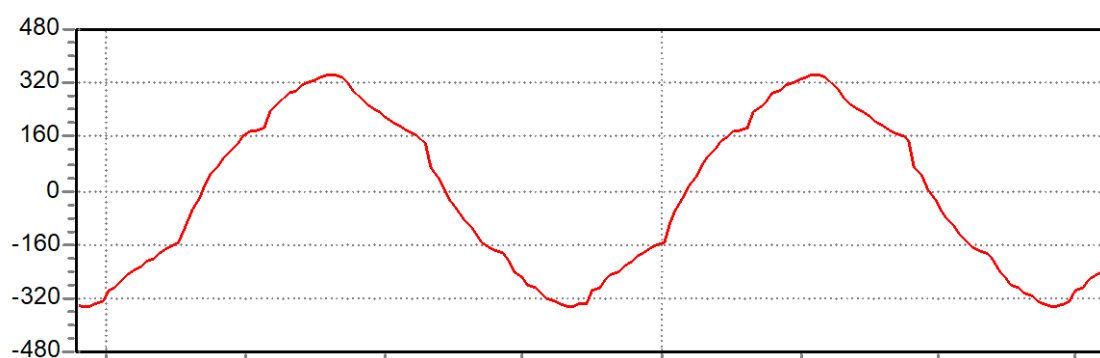


Рисунок 3.20 - Осцилограма напруги при вимкненій КРП

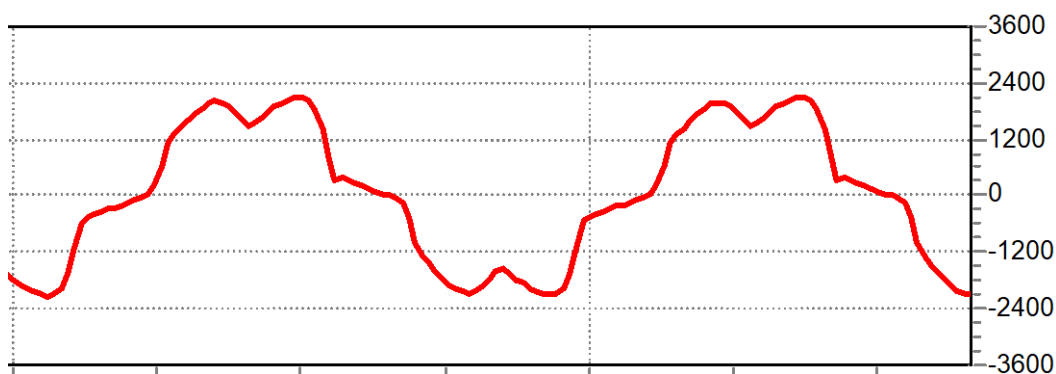


Рисунок 3.21 - Осцилограма струму при вимкненій КРП

Висновок до розділу

Проблемними місцями є резонанси гармонічних спотворень при роботі КРП на секціях трансформаторів Т1, Т2, Т4, Т6.

Щоб вирішити ситуацію потрібне впровадження активних фільтрів задля придушення гармонічних спотворень та покращення коефіцієнту потужності до рівня 0.95-1 у сукупності з існуючою УКРП.

1. При роботі КРП спостерігається підсилення гармонічних спотворень напруги за рахунок резонансів за участі ємностей КРП. Загальне гармонічне викривлення під час вимірювань при увімкненні КРП при сталому навантаженні збільшувалось на 5-6% (з 7,5% до 13-14%).

2. При роботі технологічних установок, основну частку споживаної потужності складають перетворювачі частоти, які генерують в мережу 5,7 гармоніку.

3. Гармоніки 11,13,15 присутні при роботі установки компенсації реактивної потужності, та становлять загрозу виникнення резонансів та передчасного виходу з ладу конденсаторів.

4. Зміна характеру навантаження відбувається при зміні співвідношення працюючих двигунів на прямому пуску до двигунів, що працюють від ПЧ. При цьому відбувається незначна перекомпенсація реактивної потужності (до 50 квар).

5. Підвищення коефіцієнту гармонічних спотворень є причиною таких явищ, як:

- нагрів двигунів, що працюють на прямому пуску, збільшення їх вібрації та нестабільні показники крутного моменту;
- підвищений нагрів, шум трансформаторів, а також пришвидшений знос ізоляції;
- збільшення струмів, що протікають по нейтралі, підвищений нагрів та втрати через появу «скін» ефекту (проходження змінного електричного струму високої частоти не через увесь переріз провідника, а переважно лише в поверхневому шарі);
- перевантаження ємностей КРП (конденсаторів) внаслідок присутності гармонік;
- хибні спрацювання автоматичних вимикачів;
- проблеми у роботі обладнання, що використовують тиристорне регулювання (на об'єкті є велика кількість пристроїв плавного пуску, які можуть піддаватися цьому впливу);
- порушення сигналів телеметрії, електромагнітні завади на регулятори температури, контролери, датчики;
- електромагнітні завади в роботі комп'ютерної та обчислювальної техніки.

6. Для уникнення порушень у роботі, пошкоджень та передчасного виходу з ладу дорого-вартісного Обладнання рекомендується вимкнути КРП на Т1, Т2, Т4, Т6 в РП1 (до впровадження активних фільтрів) задля зниження рівня загальних гармонічних спотворень напруги до допустимого рівня 8%.

7. При проведенні тепловізії УКРП виявлено конденсатори та запобіжники, які досягають граничного рівня зносу.

8. Практичний рівень коефіцієнту потужності залишатиметься в межах 0.9 – 0.95, що є достатньо гарним показником.

					ОН-01-02.001 ПЗ	Арк
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		96

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА

Загальна характеристика розміщення робочого місця для оператора системи програмно-апаратного комплексу Schneider Electric для моніторингу й оцінювання якості електричної енергії

Здійснення постійного моніторингу умов безпеки праці призначено:

- для своєчасного виявлення і системного аналізу змін, що сталися;
- попередження небажаних відхилень від установлених вимог;
- фіксації інформації для звітної документації і прогнозування розвитку небажаних процесів.

Підприємство «ТОВ Шнейдер Електрик Україна» – це велика французька компанія, яка розташована у місті Київ. Компанія є провідним світовим постачальником цифрових рішень з управління електроенергією та автоматизації.

Робоче місце оператора програмно-апаратного комплексу Schneider Electric для моніторингу й оцінювання якості електричної енергії – включає в себе комп'ютер з встановленим програмним забезпеченням для аналізу даних, спеціалізовані прилади для вимірювання параметрів електромережі, підключені до них сенсори для збору додаткової інформації, а також необхідне обладнання для зберігання та обробки даних. Також, є різноманітні документації та засоби зв'язку для обміну інформацією з іншими підрозділами компанії чи клієнтами.

Місце розташування – Моніторинговий центр оператора комплексу знаходиться в головному офісі в м. Київ, забезпечуючи швидкий доступ до ключових об'єктів.

					ОН-01-02.001 ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА ДЛЯ РОБОЧОГО МІСЦЯ ОПЕРАТОРА СИСТЕМИ SCHNEIDER ELECTRIC	Літер	Сторінка	Сторінок
Розробила	Балан О. В.						96	115
Перевірила	Ярмолюк О.С.					НН ІЕЕ ОЕ-01		
Т. Контр.								
Н. Контр.	Ярмолюк О.С.							
Затвердив	Ярмолюк О.С.							

2. Опис основних професійних обов'язків працівника

Основні професійні обов'язки працівників, які займаються програмно-апаратним комплексом Schneider Electric для моніторингу та оцінювання якості електричної енергії, включає:

1. **Установка та налагодження обладнання.** Монтаж, підключення та налаштування апаратного та програмного забезпечення комплексу на об'єкті Філія «ВКВК» ТОВ «Вінницька птахофабрика» м. Ладижин, вул. Івана Сагаєва,1;

2. **Моніторинг та аналіз параметрів електромережі.** Постійне ведення моніторингу параметрів електричної мережі таких як струм, напруга, втрати на лініях, та інші, а також аналіз зібраних даних для виявлення відхилень та покращення якості електроенергії

3. **Виконання діагностики та усунення неполадок.** Виявлення та вирішення проблем, що виникають у роботі програмно-апаратного комплексу, включаючи технічні та програмні несправності.

4. **Документування та звітність.** Складання звітів про результати моніторингу, виявлені порушення та пропозиції щодо покращення якості електричної енергії.

5. **Консультавання замовників та клієнтів.** Надання консультацій щодо можливостей та функціональних можливостей програмно-апаратного комплексу, а також рекомендацій щодо оптимізації енергопостачання.

6. **Підтримка та оновлення обладнання та програмного забезпечення.** Виконання регулярного обслуговування, встановлення оновлень та вдосконалень для забезпечення найвищої ефективності роботи системи.

3. Порядок проведення моніторингу умов праці для оператора системи комплексу Schneider Electric

Моніторинг умов і безпеки праці складається з таких етапів: збір даних, їх систематизація, оброблення, аналіз, визначення тенденцій. Серед показників, які контролюють під час моніторингу, доцільно передбачити такі, які характеризують

					ОН-01-02.001 ПЗ	Арк
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		98

і входять до складу державної статистичної звітності щодо умов і безпеки праці на підприємствах.

Використовуємо порядок моніторингу, адаптований до особливостей умов праці в Україні. Запропоновано виокремити найважливіші чинники умов праці та виробничого середовища і розглянути такі групи:

- безпека виробничого процесу;
- порядок і чистота;
- стан технічного обладнання;
- чинники виробничого середовища;
- шкідливі професійні і виробничі чинники;
- ергономічні показники умов праці та робочого місця;
- шляхи переміщення;
- заходи захисту у надзвичайних ситуаціях

Кожна група містить кілька пунктів. У ході спостереження та анкетування пункт позначають «позитивно», якщо він відповідає попередньо встановленому рівню, визначеному у нормативно-правових документах чи відомчих рекомендаціях. Пункт позначають «негативно» у разі невідповідності наведеним вимогам.

На першому етапі оцінки, що стосується ПУНКТУ *"Безпеки виробничого процесу"*, використання засобів індивідуального захисту (ЗІЗ), їх ергономічність, дотримання правил з охорони праці, були оцінені як "позитивні". Оцінку "негативно" отримав аспект потенційного ризику через те, що людина може забути чи проігнорувати встановлені заходи.

Для людини, яка працює в офісі за комп'ютером потрібно використовувати таке офісне обладнання та ЗІЗ, спрямовані на забезпечення комфорту та зниження ризику професійних захворювань:

1. Ергономічне крісло:- Крісло з підтримкою попереку, регульованою висотою та нахилом спинки, підлокітниками.

2. Ергономічне робоче місце:

- Стіл відповідної висоти.

- Монітор на рівні очей, щоб зменшити навантаження на шию. Відстань від екрана до очей оператора визначається згідно з вимогами ДСанПіН 3.3.2.007-98 і повинна становити (600-700) мм [22].

3. Засоби для зменшення навантаження на очі:

- антиблікові екрани;

- антиблікові окуляри- Регулярні перерви для очей (наприклад, правило 20-20-20: кожні 20 хвилин дивитися на об'єкт, що знаходиться на відстані 20 футів (6 метрів) протягом 20 секунд) [25].

4. Засоби для покращення постави:

- Підставка для документів для розташування матеріалів на рівні очей.

- Використання регульованого по висоті робочого столу для можливості роботи стоячи.

Вільну досяжність органів ручного керування в зоні моторного поля (відстань по висоті - 900 - 1330 мм, по глибині - 400 - 500 мм);

5. Клавіатура та миша:

- Ергономічна клавіатура та миша для зниження навантаження на кисті та зап'ястя.

- Гелеві підставки для зап'ясть.

6. Акустичний комфорт:

- Навушники або шумопоглинаючі панелі для зменшення рівня шуму в офісі.

7. Освітлення:

- Якісне робоче освітлення, що зменшує навантаження на очі.

- Регульовані настільні лампи.

8. Регулярні перерви та фізичні вправи:

- Перерви кожні 1-2 години для розтяжки та руху.

					ОН-01-02.001 ПЗ	Арк
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		100

- Виконання простих вправ для зняття напруження з м'язів спини, шиї та рук.

Другий етап оцінки, що стосується *"Порядку і чистоти"*, також визначив ряд позитивних аспектів, таких як належний стан підлог, правильне розташування комп'ютеризованих робочих місць, регульовані вікна і двері, а також чистота від зайвих предметів і пилу. Передбачено щотижневе очищення клавіатури комп'ютерів та аксесуарів. Однак оцінка робочих столів отримала "негативний" статус, бо робочі столи можуть утримувати зайві предмети.

На третьому етапі оцінки *"Стан технічного обладнання"* було відзначено "позитивний" стан.

Четвертий етап, присвячений *"Чинникам виробничого середовища"*, показав "позитивні" результати для мікроклімату, системи штучного освітлення. Показники мікроклімату в офісі знаходяться в оптимальних параметрах (температура 19...23 °С, вологість (60...75) %). Для регулювання показників мікроклімату у приміщенні встановлена механічна вентиляція і система опалення. У приміщенні встановлено систему комбінованого освітлення: загальне освітлення з рівнем освітленості 400 лк, місцеве освітлення – до 100 лк. У системі освітлення використано енергозберігаючі LED-лампи. У приміщеннях передбачено система аварійного освітлення.

На п'ятому етапі оцінки *"Шкідливі професійні і виробничі чинники"* проаналізовано можливі ризики небезпеки. Згідно з вимогами діючих нормативних актів облаштування робочих місць з комп'ютером повинно враховувати такі *Шкідливі професійні чинники*:

- нервово-психічні перевантаження;
- електромагнітні випромінювання радіочастотного діапазону та промислової частоти;
- ультрафіолетове та інфрачервоне випромінювання;
- електростатичне поле між екраном та оператором;
- наявність пилу, озону, оксидів азоту та аероіонізації.

Комп'ютери підключено до електричної мережі 220 В тому можливі ризики ураження струмом. У системі освітлення використано як джерела світла компактні люмінісцентні лампи, які містять ртуть, тому можливі під час їх використання у приміщенні підвищена концентрація парів ртуті.

На робочому місці впроваджено технічні і організаційні заходи безпеки, які суттєво зменшують ризики небезпек:

Комп'ютери та інші технічні пристрої підключено до захисного заземлення;

Площа робочого місця становить 6,8 м² (за норми 6 м²), обсяг – 23 м³(20 м³);

Робоче місце розміщено на відстані 1,5 м від вікна;

Відстань від іншого комп'ютеризованого робочого місця становить 3,2 м;

Прохід між іншими робочими місцями – 2 м.

Упродовж робочої зміни передбачено:

Регулярні провітрювання приміщення (щो 3 години);

Обідня перерва (45 хвилин);

Перерви на відпочинок та особистих потреб;

Додаткові регламентовані перерви з виконанням комплексу спеціальних профілактично-реабілітаційних вправ.

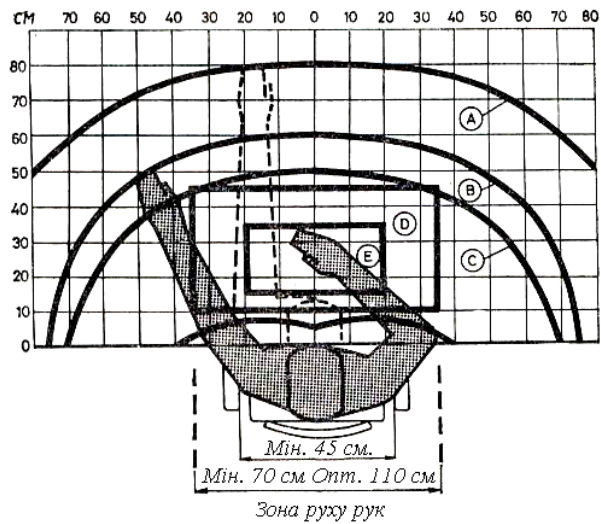
Відзначено "позитивну" оцінку оскільки ультрафіолетового випромінювання немає на робочому місці.

1) Шостий етап, що стосується *"Ергономічних показників умов праці та робочого місця"*, підтвердив "позитивні" параметри, такі як розміри робочого місця, рівень важкості праці та рівень напруженості праці.

Інформаційно-інтелектуальне перевантаження та нервово-емоційне напруження мають найбільший негативний вплив на здоров'я користувачів комп'ютером.

Розміри робочої зони, визначені як область, доступна для руху передпліч, повинні дозволяти виконання точних маніпуляцій обома руками.

					ОН-01-02.001 ПЗ	Арк
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		102



А – максимальна; В – досяжності пальців витягнутої руки; С – зручної досяжності долоні; D –досяжності при грубій роботі (оптимальна); Е – під час виконання точних робіт

Рисунок 4.1. - Зона захоплення рук оператором під час роботи сидячи

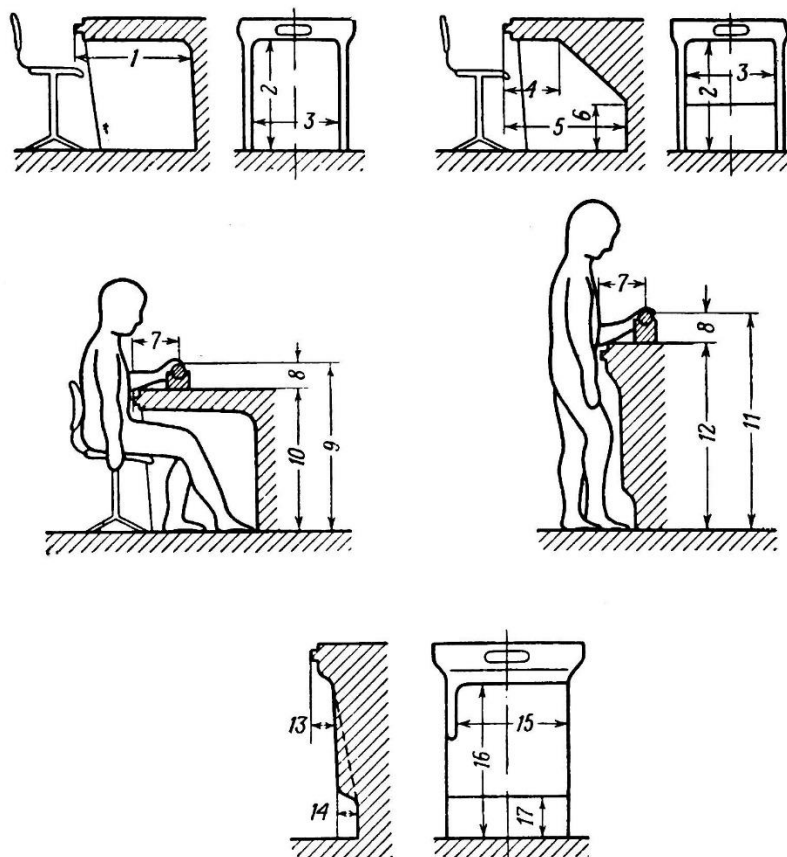


Рисунок 4.2 - Схема робочого місця

На рисунку 4.2 зображена схема робочого місця, яке призначене для роботи оператора систем сидячи або стоячи

Мінімальна площа на одного працівника складає 5 м^2 , об'єм 15 м^3 , мінімальна висота 3 м [24].

Але пункти, пов'язані із зміненням робочих положень тіла та режимом роботи, отримали "негативну" оцінку, бо майже весь день людина працює сидячи за комп'ютером.

2) Сьомий етап *"Шляхи переміщення"* отримав "позитивні" оцінки для всіх аспектів, включаючи порядок та стан шляхів пересування, видимість та рівень освітлення. Усі шляхи вільні від перешкод, також марковані червоним кольором та добре видимі та легко зрозумілі. В аварійному виході забезпечене достатнє освітлення (50 лк) на всіх шляхах пересування, також наявний план евакуації на стіні на видних місцях, план евакуації включає в себе маршрути виходу, місця збору та контактні номери для екстрених ситуацій.

3) На восьмому етапі, що стосується *"Заходів захисту у надзвичайних ситуаціях"*, майже всі показники отримали "позитивні" оцінки, вказуючи на відповідність та наявність необхідних засобів порятунку та надання першої допомоги, а також належне обладнання засобами пожежогасіння. В компанії Шнейдер Електрик Україна представленні порошкові вогнегасники (для гасіння пожеж класів А,В,С,Д) та вуглекислотні вогнегасники (для електрообладнання під напругою та пожеж класу В).



Рисунок 4.3. – Вогнегасник класу Б

Також по всьому офісу встановленні пожежні сигналізації та системи автоматичного пожежогасіння відповідно до вимог Правил пожежної безпеки в Україні [23].

У кожному приміщенні компанії Шнейдер Електрик Україна у всіх ключових та доступних точках розташовані аптечки першої допомоги, також працівники компанії проходять курси першої медичної допомоги та регулярні інструктажі.



Рисунок 4.4. – Посвідчення першої медичної допомоги

1. За методом Елмері оцінюємо виробничі умови праці і небезпеки на робочому місці [26].

Таблиця 4.1 Анкета з оцінки робочого місця

	Підприємство	«Шнейдер Електрік Україна»	
	Робоче місце	Ситуаційний центр	
Етапи моніторингу	Дата - 07.05.2024	Виконавець	Балан Олена
	Показники	Оцінка	
		Позитивна	Негативна
Етап 1	Використання ЗІЗ	+	
	Ергономічність ЗІЗ	+	
	Порушення правил з охорони праці	+	
	Можливість додаткових ризиків		-
Етап 2	Комп'ютеризоване робоче місце	+	
	Поверхні столу і стільця		-
	Підлога	+	
	Сміттєві контейнери	+	
Етап 3	Засоби захисту і керування	+	
Етап 4	Мікроклімат	+	
	Шум	+	
	Система штучного освітлення	+	
Етап 5	Ультрафіолетове випромінювання	+	
Етап 6	Розміри робочого місця	+	
	Рівень важкості праці	+	
	Змінення робочих положень тіла		-
	Рівень напруженості праці	+	
	Режим роботи		-
Етап 7	Порядок і стан	+	
	Видимість і рівень освітлення	+	
Етап 8	Плани евакуації	+	
	Засоби порятунку	+	
	Засоби пожежогасіння	+	
Загалом		19	4

4. Визначаємо індекс Елмері та оцінюємо рівень безпеки на підприємстві для працівника.

$$\text{Індекс Елмері: } IE = \frac{\text{Кількість пунктів з оцінкою "Позитивно"}}{\text{Загальна кількість пунктів}} \cdot 100\%$$

$$IE = \frac{19}{23} \cdot 100\% = 82 \%$$

Висновок до розділу

В рамках проведеного дослідження виробничих умов праці та рівня небезпеки для оператора системи програмно-апаратного комплексу Schneider Electric для моніторингу й оцінювання якості електричної енергії методом Елмері для об'єктивної оцінки. Отримані дані були ретельно систематизовані та введені до спеціальної анкети з метою документування результатів спостереження. Після цього був розрахований індекс безпеки за методом Елмері, який склав 82%.

Зазначений індекс на рівні 82% говорить про те, що систему управління охороною праці можна оцінити як **"задовільну"**. Це свідчить про те, що загальний рівень безпеки на робочому місці відповідає встановленим нормам та вимогам.

ВИСНОВКИ

У цьому дипломному проєкті було виконано розрахунок навантажень для комунально-побутових і промислових споживачів. Було використано методику розрахунку відповідно до чинних стандартів. Також були визначені такі параметри системи електропостачання, як вибір номінальної потужності трансформатора та визначення перерізу лінії як високої, так і низької напруги.

Також проведено детальний аналіз якості електричної енергії на прикладі щитів розподілу 0.4кВ Вінницької птахофабрики. Вимірювання здійснювалися за допомогою трифазних аналізаторів якості електроенергії MAVOWATT 20 та FLUKE 435-II, що дозволило отримати точні дані щодо різних електричних параметрів, таких як активна та реактивна потужність, гармонічні спотворення струму та напруги, коефіцієнти потужності тощо.

Основні результати дослідження вказують на наступне:

- Проведений аналіз показав наявність значних втрат, що можуть бути зменшені за допомогою пристроїв компенсації реактивної потужності.
- Виявлені гармонічні спотворення в спектрі напруги та струму, що негативно впливають на роботу електроустановок.
- Найбільшу загрозу становлять гармоніки 3, 5, 7, 11, 13, 15, які сприяють резонансним явищам та перевантаженням конденсаторів.
- Запропоновано використання пристроїв компенсації реактивної потужності для зниження рівня гармонічних спотворень та покращення коефіцієнта потужності.
- Проведено аналіз причин проблем з електропостачанням та надано рекомендації щодо їх усунення, включаючи оптимізацію енергоспоживання та підвищення ефективності енергетичних систем.

Тема диплому підкреслює важливість регулярного моніторингу якості електричної енергії та своєчасного впровадження заходів для покращення її показників. Застосування сучасних аналізаторів та програмного забезпечення

					ОН-01-02.001 ПЗ	Арк
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		108

дозволяє не лише виявляти існуючі проблеми, але й прогнозувати можливі несправності, що сприяє надійній та ефективній роботі електричних систем підприємства. Такі заходи забезпечують стабільність енергопостачання, знижують витрати на ремонт та обслуговування, а також покращують загальну ефективність роботи підприємства.

					ОН-01-02.001 ПЗ	Арк
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		109

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. EcoStruxure Power Monitoring Expert 9.0. URL: (<https://www.se.com/uk/en/product-range/65404-ecostruxure-power-monitoring-expert-9-0/>);
2. EcoStruxure Power Monitoring Expert. URL: (<https://www.se.com/ua/uk/product-range/65404-ecostruxure-power-monitoring-expert/#overview>);
3. Innovation in Power Distribution. URL: (<https://www.se.com/ww/en/work/campaign/innovation/power-distribution.jsp>);
4. EcoStruxure Power Monitoring Expert Overview. URL: ([https://www.productinfo.schneider-electric.com/nadigest/5c51d645347bdf0001f1f280/Master/17704_MAIN%20\(bookmap\)_0000041932.xml/\\$/PowerMonitoringSoftware-FB996893](https://www.productinfo.schneider-electric.com/nadigest/5c51d645347bdf0001f1f280/Master/17704_MAIN%20(bookmap)_0000041932.xml/$/PowerMonitoringSoftware-FB996893));
5. Правила улаштування електроустановок. Київ: Міненерговугілля України, 2017. 617 с.;
6. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів. Київ: Міненерговугілля України, 2006. 141 с.;
7. ГКД 34.20.507-2003. Правила технічної експлуатації електричних станцій і мереж. Харків: Індустрія, 2019. 580 с.;
8. ДБН В.2.5-28-2018. Природне і штучне освітлення. Київ: Мінрегіонбуд України, 2018. 133 с.;
9. ДБН В.2.5-23:2010. Інженерне обладнання будинків і споруд. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення. Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. 104 с.;
10. ДСТУ-Н Б В.2.5-80:2015. Настанова з проектування систем електропостачання промислових підприємств. Київ: Мінрегіонбуд України, 2015. 45 с.;
11. Картограма навантажень. URL: (<https://yak.koshachek.com/articles/kartograma-navantazhen.html>);

					ОН-01-02.001 ПЗ	Арк
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		110

12. ДБН В.2.5-23:2010. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення;

13. ПУЕ - Правила улаштування електроустановок. URL: (https://zakononline.com.ua/documents/show/374295_374360). Дата звернення: 14.03.2018;

14. Про затвердження Кодексу комерційного обліку електричної енергії від 14.03.2018 № 311;

15. ГОСТ 13109-97. Стандарт якості електричної енергії. URL: (<https://energo-p.com.ua/wp-content/uploads/2017/08/kachestvo.pdf>) ;

16. Правила користування електричною енергією від 31.07.1996 № 28 URL: (<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0417-96#Text>) ;

17. Закон України «Про ринок електричної енергії». URL: (<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2019-19>) ;

18. Кодекс системи розподілу. Затверджений постановою Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг, від 14.03.2018 № 310. URL (<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0310874-18>) ;

19. Правила охорони електричних мереж. Затверджені постановою Кабінету Міністрів України від 04.03.1997 р. № 209. URL (<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/209-97-%D0%BF>) ;

20. Аналізатори якості електроенергії. URL:(<https://www.evm.ua/analizatory-kachestva-elektroenergii/portativnye-analizatory-analizator-kachestva-elektroenergii-mavowatt-20>);

21. Fluke 435 II. URL: (<https://hantek.com.ua/fluke-435-ii>);

22. Про затвердження Правил пожежної безпеки в Україні. URL: (<https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0007282-98#Text>);

23. Про затвердження Правил пожежної безпеки в Україні від 30.12.2014 № 1417 URL: [Про затвердження Правил пожежно...|від 30.12.2014 № 1417 \(rada.gov.ua\)](#) ;

					ОН-01-02.001 ПЗ	Арк
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		111

24. Основні вимоги до організації робочого місця. URL: (http://yu.mk.ua/news/show/osnovni_vimogi_do_organizatsii_robochogo_mistsya) ;

25. Про затвердження Правил пожежної безпеки в Україні. URL: (<https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0007282-98#Text>) ;

26. Стаття. Науковий репозиторій URL: (<http://repositc.nuczu.edu.ua/bitstream/123456789/10756/1/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F.pdf>) ;27. Калькулятор стандартів. НКРЕКП;

URL: (<https://www.nerc.gov.ua/calculator-standart>) ;

28. EcoStruxure™ Power Monitoring Expert. URL: [Power Monitoring Expert 2023 \(se.com\)](#);

29. Energy News — Schneider Electric. URL: (<https://energydigital.com/company-reports/schneider-electric>);

30. Неклепаєв Б.Н., Крючков І.П. «Електрична частина електростанцій та підстанцій», а саме: с.76, 154, 142, 210, 211, 212, 184, 352.;

ДОДАТОК А

Додаток 1

до Кодексу систем розподілу

Заява про приєднання електроустановки певної потужності

1	Вхідний номер (заповнюється ОСР під час подання заяви замовником)	Дата реєстрації (заповнюється ОСР під час подання заяви замовником)
2		
3	Кому:	
4	Оператор системи розподілу (структурний підрозділ за місцем розташування електроустановок замовника)	Керівнику Оператора системи розподілу (структурного підрозділу за місцем розташування електроустановок замовника)
5		
6	Від кого:	
7	Найменування юридичної особи або ПІБ фізичної особи-замовника послуги з приєднання до електричних мереж	---
8	Номер запису про право власності та реєстраційний номер об'єкта нерухомого майна в державному реєстрі речових прав на нерухоме майно	---
9	Унікальний номер запису в Єдиному державному демографічному реєстрі (за наявності)	---
10	Наявність/відсутність статусу платника єдиного податку	---
11	Реєстраційний номер облікової картки платника податків (для фізичних осіб, які через свої релігійні переконання відмовляються від прийняття реєстраційного номера облікової картки платника податків та повідомили про це відповідний орган і мають відмітку в паспорті (або слово «відмова» у разі, якщо паспорт виготовлений у формі картки) – серія та номер паспорта) (за наявності)	---
12	Код ЄДРПОУ (для юридичної особи)	---
13	Банківські реквізити замовника	---
14	Характеристика об'єкта замовника:	
15	Назва	Аптека
16	Місце розташування	
17	Функціональне призначення об'єкта	Продаж ліків для населення

18	Вихідні дані щодо параметрів електроустановок замовника:					
19	Мета приєднання (нове приєднання/зміна технічних параметрів)		Нове приєднання			
20	Призначення (тип) електроустановки (споживання/виробництва електричної енергії чи зберігання енергії)		Споживання			
21	Дозволена потужність відповідно до умов договору про надання послуг з розподілу електричної енергії	Потужність, кВт	Ступінь напруги в точці приєднання, кВ	Номер договору на розподіл	Дата договору на розподіл	
		15	0,4	№1 22.05.2024		
22	Замовлена до приєднання потужність, кВт	15				
23	Величина максимального розрахункового (прогнозованого) навантаження з урахуванням існуючої дозволеної (приєднаної) потужності, кВт	15				
24	Ступінь напруги в точці приєднання, кВ	0,4				
25	Категорія надійності, кВт	I категорія надійності електропостачання	II категорія надійності електропостачання	III категорія надійності електропостачання		
			15			
26	Параметри УЗЕ (для операторів УЗЕ)	Максимальна потужність відбору, кВт			Максимальна потужність відпуску, кВт	
		-			-	
27	Графік введення потужностей за роками (заповнюється замовником, юридичною особою або фізичною особою-підприємцем):					
28	Рік введення потужності	Величина максимального розрахункового (прогнозованого) навантаження з урахуванням існуючої дозволеної (приєднаної) потужності, кВт	Категорія надійності електропостачання			Прогнозована дата введення об'єкта замовника в експлуатацію
			I категорія надійності електропостачання	II категорія надійності електропостачання	III категорія надійності електропостачання	
29	2023	15		15		20.06.2024
30						
31						
32	Режим роботи електроустановок замовника			Постійний/денний		
33	Відомості щодо встановленої потужності електроопалювальних та електронагрівальних установок, кухонних електроплит тощо			---		
34	Відомості щодо встановленої потужності генеруючих установок приватних домогосподарств			Тип	Потужність, кВт	
				---	---	
36	Відомості щодо встановлення точки приєднання (межі балансової належності електроустановок замовника та ОСР) на території земельної ділянки замовника (ЗАПЕРЕЧУЮ/НЕ ЗАПЕРЕЧУЮ)			Не заперечую		
37	Інформація про бажання замовника здійснювати проектування лінійної частини приєднання			Оператором системи розподілу		

	(самостійно/оператором системи розподілу (послуга «під ключ»))	
38	Додаткова інформація, що може бути надана замовником за його згодою, у тому числі про необхідність приєднання за тимчасовою схемою електрозабезпечення будівельних механізмів	---
39	Необхідність приєднання будівельних струмоприймачів, кВт	---
40	Живлення будівельних струмоприймачів передбачити від електроустановок зовнішнього електрозабезпечення об'єкта забудови після реалізації проєкту зовнішнього електропостачання об'єкта забудови (ТАК/НІ)	Ні
41	Приєднання електроустановок замовника до електричних мереж суб'єкта господарювання, який не є ОСР (ТАК/НІ)	Ні
42	Обраний Замовником інший постачальник послуги комерційного обліку, який не є ОСР, (зазначається, якщо ППКО не є ОСР або Замовник має намір обрати іншого ППКО)	---
43	Електронна адреса для листування	---
44	Необхідність направлення документів за результатом розгляду цієї заяви та за результатами надання послуги з приєднання поштою (вказати поштову адресу для листування)	---
45	Інше	---
46	Прошу надати послугу з приєднання електроустановок до електричних мереж та здійснити комплекс заходів з приєднання та первинного підключення електроустановок до електричних мереж. Оплату отриманих послуг гарантую	
47	До заяви про приєднання додаються документи: 1) копія паспорта у разі відсутності унікального номера запису в Єдиному державному демографічному реєстрі (для фізичних осіб); 2) належним чином оформлений документ, що посвідчує право на представництво інтересів особи у випадку подання заяви представником; 3) копія документа, що підтверджує право власності чи користування об'єктом нерухомого майна у разі відсутності відомостей у державному реєстрі речових прав на нерухоме майно; 4) графічні матеріали із зазначенням (вказанням) місця розташування об'єкта (об'єктів) замовника, земельної ділянки замовника та прогнозованої точки приєднання (для об'єктів, що приєднуються до електричних мереж уперше); 5) ТЕО (у визначених цим Кодексом випадках, в інших випадках – за наявності); 6) інформаційна довідка-повідомлення (довільної форми) щодо наявності або відсутності намірів брати участь в аукціоні з розподілу річної квоти підтримки. У разі приєднання фотоелектричної станції/УЗЕ/електрозарядної станції, що розташована на/в об'єкті архітектури (дах, фасад тощо), технічних засобів телекомунікації на об'єкті архітектури, до заяви про приєднання додаються:	

1) копія документа, що підтверджує право власності чи користування об'єктом архітектури або право власності чи користування частиною об'єкта архітектури (дах, фасад тощо) (у разі приєднання фотоелектричної станції/УЗЕ/електрозарядної станції);

2) копія договору з доступу (у випадку приєднання технічних засобів телекомунікації відповідно до Закону України «Про доступ до об'єктів будівництва, транспорту, електроенергетики з метою розвитку телекомунікаційних мереж»);

3) графічні матеріали із зазначенням (вказанням) місця розташування об'єкта (об'єктів) замовника, земельної ділянки замовника та прогнозованої точки приєднання (для об'єктів, що приєднуються до електричних мереж уперше);

4) лист-погодження від власника об'єкта архітектури, на якому буде здійснено будівництво та експлуатацію фотоелектричної станції, УЗЕ, електрозарядної станції, технічних засобів телекомунікації щодо надання дозволу на улаштування точки приєднання на межі земельної ділянки власника об'єкта архітектури, на якому буде **розташоване відповідне обладнання**. ~~фотоелектрична станція, УЗЕ, електрозарядна станція, технічні засоби телекомунікації.~~

У разі приєднання індустріального парку, створеного відповідно до вимог законодавства України, замовником з приєднання індустріального парку додатково до заяви додаються:

1) копія документа на право власності чи користування земельною ділянкою, кадастрові номери земельних ділянок, на яких створено індустріальний парк;

2) копія витягу з Реєстру індустріальних (промислових) парків або інформація про рішення Кабінету Міністрів України про включення індустріального парку до Реєстру індустріальних (промислових) парків;

3) копія договору про створення та функціонування індустріального парку (якщо замовником послуги з приєднання індустріального парку є керуюча компанія індустріального парку).

У разі приєднання до електричних мереж суб'єкта господарювання або власника електричних мереж, який не є споживачем електричної енергії (крім ОСР), згідно з пунктом 4.1.11 глави 4.1 розділу IV Кодексу систем розподілу, затвердженого постановою НКРЕКП від 14.03.2018 № 310, до заяви про приєднання додаються технічні вимоги та/або вихідні дані, отримані від суб'єкта господарювання або власника електричних мереж.

У разі приєднання багатоквартирного житлового будинку або збільшення його потужності до заяви додається розрахунок навантаження об'єкта архітектури за підписом головного інженера-проектувальника.

Відповідальність за достовірність даних, наданих у заяві, несе заявник.

Достовірність наданих даних підтверджую

_____ (дата)

_____ (підпис)

Підтверджує згоду на автоматизовану обробку його персональних даних згідно з чинним законодавством та можливу їх передачу третім особам, які мають право на отримання цих даних згідно з чинним законодавством, у тому числі щодо кількісних та/або вартісних обсягів, наданих за Договором послуг.

_____ (підпис)