

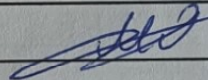
Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного
менеджменту

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

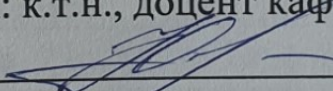
на тему:

Підвищення ефективності електропостачання інноваційно-технологічного парку по вулиці 600-річчя, 21а, місто Вінниця

Виконав: студент 2 курсу, гр. ЕСЕ-22м з/в
спеціальності 141 – Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка

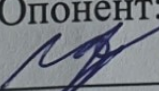
 Маніта М.В.

Керівник: к.т.н., доцент кафедри ЕСЕЕМ ВНТУ

 Шул'є Ю. А.

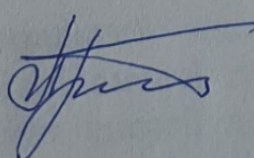
«18» 06 2024 р.

Опонент:

 д.т.н., професор кафедри ЕСЕ
Комар В. О.

«18» 06 2024 р.

Допущено до захисту
Завідувач кафедри ЕСЕЕМ
д.т.н. професор Бурбело М.Й.


«18» 06 2024 р.

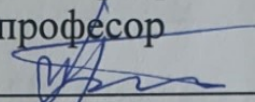
Вінниця 2024

Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту
Рівень вищої освіти II-й (магістерський)
Галузь знань 14 «Електрична інженерія»
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Освітньо-професійна програма – Електротехнічні системи електроспоживання

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕСЕЕМ

д.т.н, професор

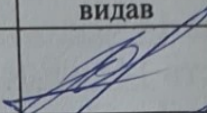
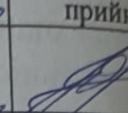
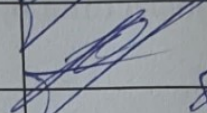
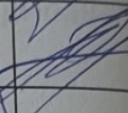
 М. Й. Бурбело

2024 року

ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ
МАНІТІ МАКСИМУ ВЯЧЕСЛАВОВИЧУ
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Підвищення ефективності електропостачання інноваційно-технологічного парку по вулиці 600-річчя, 21а, місто Вінниця
керівник роботи к.т.н., доцент кафедри ЕСЕЕМ ВНТУ Шулле Юлія Анріївна
затверджені наказом ВНТУ від «11» березня 2024 р., № 81
2. Термін подання студентом роботи «12» червня 2024 р.
3. Вихідні дані до роботи: відомості про електричні навантаження підприємства; відомості про джерела живлення; відомості про особливості технологічних процесів (Додаток Б).
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. 1. Загальні відомості про об'єкт. 2. Основні електротехнічні рішення. 3. Система накопичення енергії для технопарку. 4. Економічна частина. 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки. Список використаних джерел. Додатки.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Однолінійна схема електропостачання підприємства. Матеріали роботи.

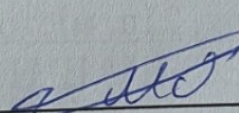
6. Консультанти розділів роботи

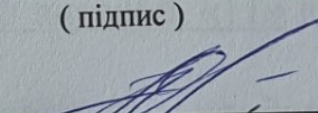
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	Шулле Ю. А., к.т.н., доц. каф. ЕСЕМ		
Економічна частина	Шулле Ю. А., к.т.н., доц. каф. ЕСЕМ		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Кобилянський О. В., зав. кафедри БЖДПБ, д.пед.н., професор		

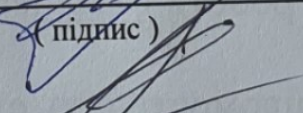
7. Дата видачі завдання «11» березня 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строки виконання етапів роботи	Прізвище виконавця
1	Загальні відомості про об'єкт	20.03.2024	Виконав
2	Основні електротехнічні рішення	01.04.2024	Виконав
3	Система накопичення енергії для технопарку	05.05.2024	Виконав
4	Економічна частина	10.05.2024	Виконав
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	20.05.2024	Виконав
6	Графічна частина	05.06.2024	Виконав

Студент  Маніта М.Б.
(підпис)

Керівник роботи  Шулле Ю.А.
(підпис)

Нормоконтроль  Войтюк Ю.
(підпис)

Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики та електромеханіки

Вінниця 2024

Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту
Рівень вищої освіти II-й (магістерський)
Галузь знань 14 «Електрична інженерія»
Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Освітньо-професійна програма – Електротехнічні системи електроспоживання

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕСЕМ

д.т.н, професор

_____ М. Й. Бурбело

_____ 2024 року

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ
МАНІТІ МАКСИМУ ВЯЧЕСЛАВОВИЧУ
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Підвищення ефективності електропостачання інноваційно-технологічного парку по вулиці 600-річчя, 21а, місто Вінниця
керівник роботи к.т.н., доцент кафедри ЕСЕМ ВНТУ Шуллер Юлія Анріївна
затверджені наказом ВНТУ від «11» березня 2024 р., № 81
2. Термін подання студентом роботи «12» червня 2024 р.
3. Вихідні дані до роботи: відомості про електричні навантаження підприємства; відомості про джерела живлення; відомості про особливості технологічних процесів (Додаток Б).
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. 1. Загальні відомості про об'єкт. 2. Основні електротехнічні рішення. 3. Система накопичення енергії для технопарку. 4. Економічна частина. 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки. Список використаних джерел. Додатки.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Однолінійна схема електропостачання підприємства. Матеріали роботи.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	Шулле Ю. А., к.т.н., доц. каф. ЕСЕЕМ		
Економічна частина	Шулле Ю. А., к.т.н., доц. каф. ЕСЕЕМ		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Кобилянський О. В., зав. кафедри БЖДПБ, д.пед.н., професор		

7. Дата видачі завдання «11» березня 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строки виконання етапів роботи	Примітка
1	Загальні відомості про об'єкт	20.03.2024	Виконано
2	Основні електротехнічні рішення	01.04.2024	Виконано
3	Система накопичення енергії для технопарку	05.05.2024	Виконано
4	Економічна частина	10.05.2024	Виконано
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	20.05.2024	Виконано
6	Графічна частина	05.06.2024	Виконано

Студент _____ Маніта М.В.
(підпис)

Керівник роботи _____ Шулле Ю.А.
(підпис)

Нормоконтроль _____ Войтюк Ю.П.
(підпис)

УДК 621.311

АНОТАЦІЯ

Маніта Максим Вячеславович. Підвищення ефективності електропостачання інноваційно-технологічного парку по вулиці 600-річчя, 21а, місто Вінниця. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Вінниця: ВНТУ, 2024. 111 с.

На укр. мові. бібліогр.: 31 назв; рис.: 5; табл.: 31.

В магістерській кваліфікаційній роботі розв'язано питання підвищення ефективності електропостачання інноваційно-технологічного парку по вулиці 600-річчя, 21а, місто Вінниця.

В роботі визначено оптимальні параметри системи електропостачання технопарку. Розглянуто систему накопичення енергії для технопарку. Розраховано основні економічні показники системи електропостачання та опрацьовані заходи з охорони праці і безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Ключові слова: система електропостачання, енергоефективність, енергозбереження, технопарк, накопичення енергії.

ABSTRACT

Manita Maksym Vyacheslavovich. Increasing the efficiency of the power supply of the innovation and technology park on 21a 600-rechka street, Vinnytsia city. Master's qualification thesis on specialty 141 - electrical engineering, electrical engineering and electromechanics. Vinnytsia: VNTU, 2024. 111 p.

In Ukrainian language. bibliogr.: 31 titles; Fig. Stk.: 5; table.: 31.

In the master's qualification work, the issue of increasing the efficiency of the power supply of the innovation and technology park on 21a 600-ryechi street, Vinnytsia city, was resolved.

The optimal parameters of the power supply system of the technopark are defined in the work. The energy storage system for the technopark was considered. The main economic indicators of the power supply system and labor protection and safety measures in emergency situations have been calculated.

Key words: power supply system, energy efficiency, energy saving, technology park, energy storage.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ОБ'ЄКТ	9
1.1 Основні відомості про технопарк	9
1.2 Сучасний стан реалізації проекту технопарку	11
2 ОСНОВНІ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ	15
2.1 Вибір перерізу кабеля напругою 10 кВ	15
2.2 Вибір потужності силових трансформаторів	22
2.3 Вибір вимикачів 10 кВ	23
2.4 Вибір роз'єднувачів 10 кВ	27
2.5 Вибір трансформаторів струму 10 кВ	31
2.6 Вибір високовольтного нелінійного обмежувача перенапруг 10 кВ	34
2.7 Вибір та перевірка автоматичних вимикачів 0,4 кВ	37
2.8 Облік електроенергії	41
2.9 Виконання траншеї	41
2.10 Ізоляція, заземлення та грозозахист	42
2.11 Власні потреби	43
2.12 Вибір трансформаторів струму 10 кВ на ПС «Промислова»	43
2.13 Перевірка існуючих трансформаторів струму на ПС «Промислова»	47
2.14 Висновки до розділу 2	49
3 СИСТЕМА НАКОПИЧЕННЯ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ ТЕХНОПАРКУ	50
3.1 Системи накопичення енергії	50
3.2 Особливості систем накопичення енергії	52
3.3 Системи накопичення енергії: промислові і побутові	56
3.4 Пропозиції по впровадженню системи накопичення електричної енергії у технопарку	58
3.5 Висновки до розділу 3	60

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ	62
4.1 Техніко-економічне обґрунтування роботи	62
4.2 Розрахунок капіталовкладень в систему електропостачання	64
4.3 Розрахунок поточних витрат	65
4.4 Розрахунок собівартості електроенергії	72
4.5 Висновки до розділу 4	76
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	77
5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта	78
5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії	82
5.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях	87
5.4 Висновки до розділу 5	91
ВИСНОВКИ	93
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	95
ДОДАТКИ	98
Додаток А – Технічне завдання	99
Додаток Б – Вихідні дані	102
Додаток В – Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень	103
Додаток Г – Однолінійна схема електропостачання підприємства	104
Додаток Д – Матеріали роботи	105

ВСТУП

Актуальність теми. Світовий досвід показує, що швидке економічне зростання розвинутих країн базується на сфері знань і високих технологій. Саме ефективне їх поєднання гарантує стрімкий прогресивний розвиток. Однією з найвдаліших форм такої інтеграції є технопарки, що являють собою форму інтеграції науки і виробництва, відзначаються високим рівнем інноваційної діяльності.

Місто Вінниця – одне із лідерів розвитку інновацій і ІТ галузі в Україні та не тільки. Саме тому, з метою посилення позицій міста у галузі інноваційної економіки та конкурентоспроможності малого й середнього бізнесу, було прийняте рішення про створення першого в Україні муніципального технопарку.

Згідно із концепцією розвитку інноваційно-технологічного парку «Кристал» – технопарк створюється для того, щоб допомагати місту, бізнесу, громаді реалізовувати свій інноваційний потенціал. Однак, сприятливе функціонування технопарку наряду залежить від вірного вибору і ефективного підключення системи електропостачання. Надзвичайно актуальним є обґрунтування підбору раціональних систем електроживлення, сучасного електричного обладнання, провідниково-кабельної продукції, поліпшення використання наявних електричних мереж, підвищення стабільних параметрів електропостачання, скорочення втрат активної складової енергії. Саме тому магістерська кваліфікаційна робота присвячена підвищенню ефективності електропостачання інноваційно-технологічного парку.

Метою МКР є підвищення ефективності електропостачання інноваційно-технологічного парку через прийняття оптимальних проектних рішень, які дозволять суттєво поліпшити технічні й економічні характеристики функціонування технопарку.

Основні задачі МКР: оптимальний вибір схем електропостачання технопарку, оптимальний підбір провідників, оптимальний підбір комутаційно-захисної апаратури, а також систем накопичення енергії.

Об'єкт дослідження МКР – система електропостачання інноваційно-технологічного парку.

Предмет дослідження МКР– елементи схеми й електричні режими в системі електропостачання інноваційно-технологічного парку.

Наукова новизна одержаних результатів. Підвищено ефективність електропостачання інноваційно-технологічного парку, а саме, через оптимальний вибір потужностей трансформаторів ТП, перерізів провідників електричних мереж та створення системи накопичення енергії.

Практичне значення одержаних результатів: в результаті виконання роботи практична реалізація отриманих рішень дозволить суттєво оптимізувати електропостачання і підвищити енергоефективність системи електропостачання інноваційно-технологічного парку: забезпечити відповідність характеристик елементів СЕП інноваційно-технологічного парку нормальним й аварійним електричним режимам, зменшити витрати та втрати електроенергії.

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ОБ'ЄКТ

1.1 Основні відомості про технопарк

Інноваційно-технологічний парк «Кристал» спрямований на створення нових і підсилення існуючих високотехнологічних та креативних індустрій у Вінниці і Подільському регіоні загалом. Технопарк має забезпечити якісну інфраструктуру та сучасний контент для відвідувачів та резидентів.

Простір технопарку складає понад 8500 м². До технопарку входять: лабораторії і Fab Lab, ІТ-школа, центр розвитку підприємництва, конференц-зала, офіси, коворкінг, дитячий техноцентр, публічні простори (табл. 1.1).

Основними завданнями технопарку є налагодження ефективної співпраці установ, навчальних закладів, бізнесу, влади та громади міста Вінниці з метою пришвидшення:

- осучаснення і трансформації освітніх послуг, шляхом створення майданчику і матеріальної бази для наукових досліджень й спільних проектів;
- розробки нових технологічних рішень;
- реінжинірингу й створення власних інноваційних рішень;
- трансферу технологій;
- інкубації і масштабування стартапів;
- створення нових робочих місць.

Таблиця 1.1 – Основні відомості про технопарк

Огляд проекту	
Опис проекту	Створення Вінницького інноваційно-технологічного парку «Кристал» є рішенням, яке направлене на посилення технологічності місцевого бізнесу і розвитку інноваційної економіки у регіоні. Вінниця має створити унікальне рішення, яке об'єднає потенційні переваги і ресурси, наявні в місті, для створення нових можливостей для бізнесу, влади і мешканців міста.
Цілі проекту	– Розробка нових технологічних рішень; – Реінжиніринг та створення власних інноваційних рішень; – Інкубація та масштабування стартапів; – Створення нових робочих місць; – Осучаснення та трансформація освітніх послуг за рахунок створення майданчику та матеріальної бази для наукових досліджень та спільних проектів.
Інфраструктура	– Загальна площа – 8500 м²; – Кількість працюючих в офісах – 500 осіб; – Типи приміщень за призначенням: рецепції, лаунж-зони, кімнати коворкінгу, кімнати переговорів, конферен-сала, кафе, фуд-корт, приміщення Fab Lab, приміщення IT; – Площа прилеглої території близько 4 370 м²; – Автомобільний паркінг на 41 паркомісце; – Станції швидкої зарядки на 6 електроавтомобілів.
Розміщення та інфраструктура	
Адреса	м. Вінниця, вул. 600-річчя, 21.
Вартість проекту	Загальна вартість проекту 6,3 млн євро, потреба в інвестиціях – 4,9 млн євро.

ІННОВАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПАРК «КРИСТАЛ»



Рисунок 1.1 – Вигляд інноваційно-технологічного парку «Кристал»

1.2 Сучасний стан реалізації проекту технопарку

Концепцію розвитку інноваційно-технологічного парку «Кристал» було затверджено на сесії Вінницької міської ради у 2019 році (рис.1.2, рис. 1.3.).

Було проведено громадські слухання, тренінги, навчальні візити, а також розроблено «Концептуальні основи функціонування інноваційно-технологічного парку «Кристал» із урахуванням діяльності Центру розвитку підприємництва». Було розроблено стандарти впровадження передінкубаційних й акселераційних програм у «Кристалі», розроблено перелік індикаторів ефективності технопарку. Також розроблено список потенційних партнерів і визначено можливі джерела фінансування інноваційно-технологічного парку «Кристал».

ІННОВАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПАРК «КРИСТАЛ»



Рисунок 1.2 – Концепція інноваційно-технологічного парку «Кристал»

Для створення та розбудови інноваційно-технологічного парку «Кристал» було створено КП «Вінницький муніципальний центр інновацій». Будівлю майбутнього технопарку передано на баланс КП «Вінницький муніципальний центр інновацій». Розроблено дизайн-проект інтер'єру

технопарку. Також було виготовлено проектно-кошторисну документацію щодо реконструкції технопарку «Кристал». Окрім цього, було виготовлено проектно-кошторисну документацію на будівництво автомобільного паркінгу і прилеглої до технопарку території. Підготовлено проектну документацію по облаштуванню на технопарку слаботочних систем (мультимедіа, відеоспостереження, системи контролю).



Рисунок 1.3 – План розвитку інноваційно-технологічного парку
«Кристал»

На сьогоднішній день виконано реконструкцію першого поверху будівлі технопарку загальною площею 85 м². Заплановано виготовлення проектно-кошторисної документації по реконструкції трансформаторної підстанції технопарку. Також створено команду із працівників Вінницької міської ради, залучених експертів, працівників КП «Вінницький муніципальний центр інновацій», громадських організацій, бізнесу, органів місцевого самоврядування і виконавчої влади Вінниці, які працюють над створенням ефективної екосистеми технопарку (рис. 1.4).

ЕКОСИСТЕМА ІННОВАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПАРКУ

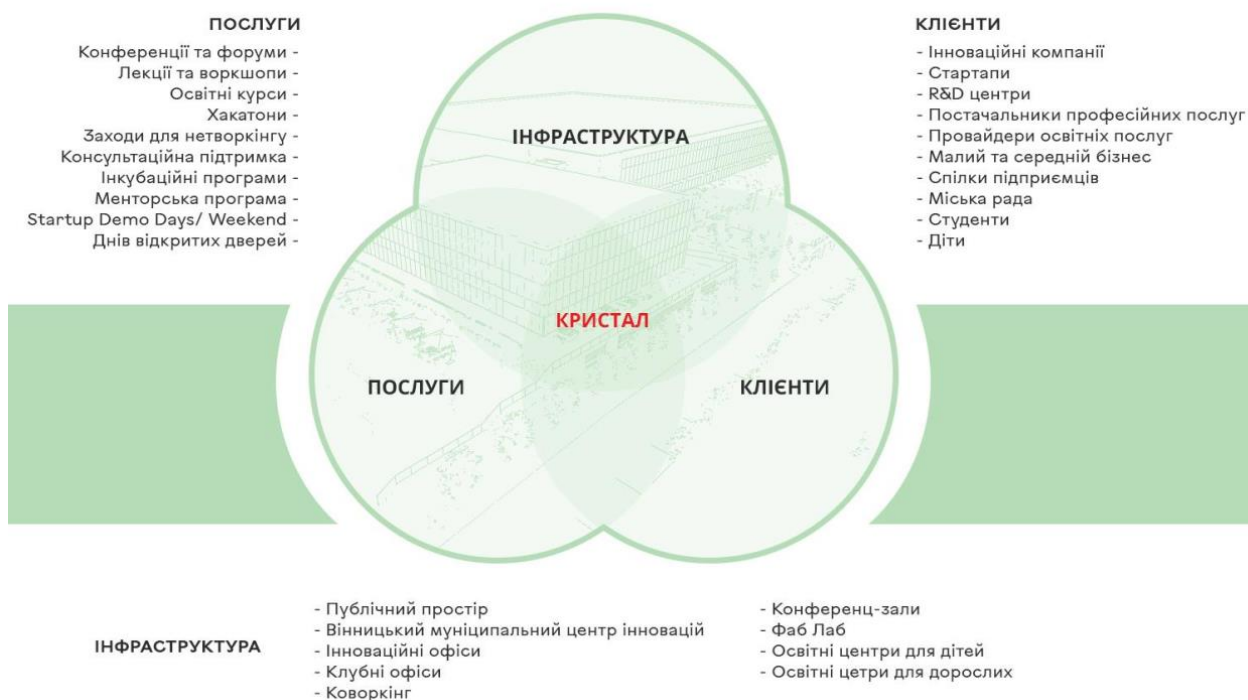


Рисунок 1.4 – Екосистема інноваційно-технологічного парку «Кристал»

У магістерській кваліфікаційній роботі передбачено розроблення ефективної системи електропостачання інноваційно-технологічного парку по вул. 600-річчя, 21А у м. Вінниця із встановленою сумарною потужністю 840 кВт. Об'єкт по категорії надійності електропостачання належить до споживачів 2-ї категорії.

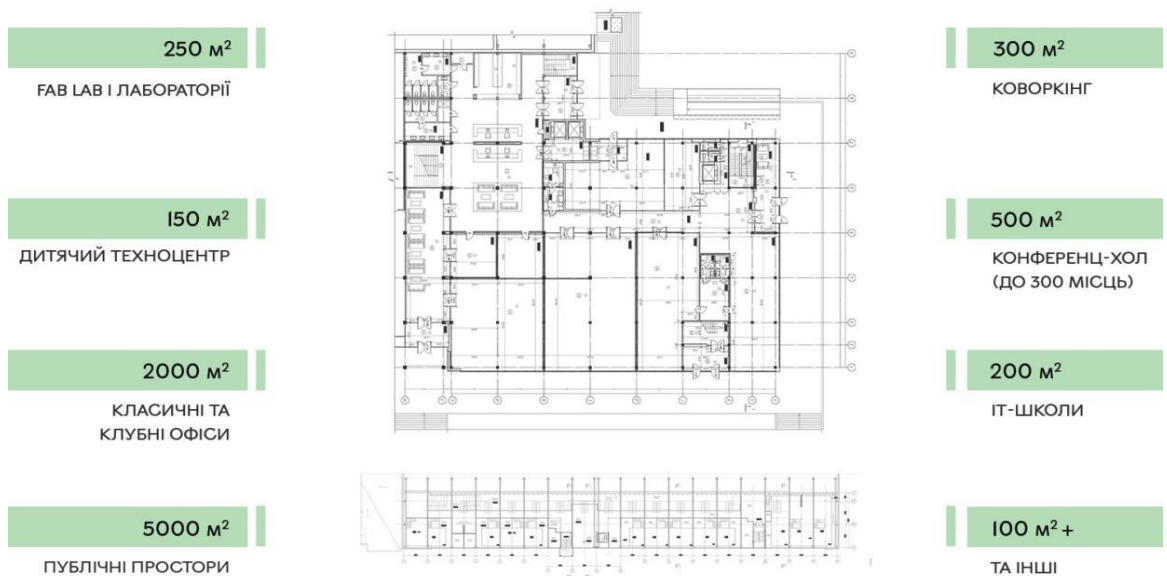
Відповідно до технічних умов передбачається розроблення наступних рішення з електропостачання інноваційно-технологічного парку:

- встановлення у ЗРУ-10 кВ ПС 110/10 кВ «Промислова» лінійних комірок із вакуумними вимикачами;
- будівництво двох кабельних ліній 10 кВ $W_{1.1}$ і $W_{1.2}$ в траншеї під землею від нововстановлених комірок в ЗРУ-10 кВ ПС «Промислова» до проектуємої ТП-10/0,4 кВ;
- встановлення двотрансформаторної ТП-10/0,4 кВ закритого типу;
- улаштування заземлення і захисту від грозових перенапруг (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 – Основні техніко-економічні показники технопарку

№ з/п	Найменування показника	Показник
1	Найменування об'єкту	Нове будівництво електричної розподільчої лінії середньої напруги 10 кВ від ПС «Промислова» та трансформаторної підстанції
2	Місце розташування об'єкту	м. Вінниця, вул. 600-річчя, 21А
3	Встановлена потужність станції	840 кВт
4	Кошторисна вартість будівництва у т.ч. будівельні роботи	15277853грн
5	Витрати на охорону навколишнього природного середовища, відновлювальні та компенсаційні заходи	не передбачаються
6	Тривалість будівництва	8 місяців
7	Екологічні наслідки	відсутні

РОЗПОДІЛ ПЛОЩІ ІННОВАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПАРКУ



ПРОСТІР ЕКОСИСТЕМИ: 8500+ м²

Рисунок 1.5 – Розподіл площі інноваційно-технологічного парку

«Кристал»

2 ОСНОВНІ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ

2.1 Вибір перерізу кабеля напругою 10 кВ

Переріз кабелю повинен прийматися найбільшим, як вимагають перелічені нижче умови [1-3].

1. Кабелі повинні задовольняти вимогам у відношенні гранично допустимого нагріву із врахуванням нормальних, а також післяаварійних режимів [1-3].

Для кабелів з паперовою пропітаною ізоляцією (ААБЛУ; АСБЛ), які витримують навантаження менше номінальних і прокладених у землі, може допускатися короткочасне перевантаження (КЧП), де ($K_{\text{гран.нав.каб.}}=0,8$, тоді $K_{\text{ЧП}}=1,10$ протягом 3 годин), а на період ліквідації післяаварійного режиму допускаються перевантаження не більше 1,20 протягом 5 діб при тривалості максимум 6 годин на добу.

На період ліквідації післяаварійного режиму для кабелів із поліетиленовою ізоляцією допускається перевантаження до 10%, а для кабелів з ПВХ ізоляцією – до 15% на час не більше 6 годин на добу протягом 5 діб. Допустима температура жили кабеля: 10 кВ (+60° С).

Для кабелів із ізоляцією з зшитого поліетилену допустима температура жили кабеля: +90° С.

Вибір кабелів з зшитого ПЕ за нагрівом. Перевірка допустимого нагрівання кабелів з зшитого ПЕ виконується для нормального і післяаварійного режимів за умовами

$$I_p \leq k_1 k_2 k_3 k_4 k_5 k_6 I_{\text{доп}}; \quad I_{\text{р.па}} \leq \alpha k_1 k_2 k_3 k_4 k_5 k_6 I_{\text{доп}}, \quad (2.1)$$

де k_1 – коефіцієнт, який характеризує температуру навколишнього середовища;

- k_2 – коефіцієнт, який характеризує глибину прокладення кабелів у землі;
 k_3 – коефіцієнт, який характеризує питомий термічний опір ґрунту;
 k_4 – коефіцієнт, що характеризує кількість паралельно прокладених кабелів у землі;
 k_5 – коефіцієнт, який характеризує кількість паралельно прокладених кабелів у повітрі;
 k_6 – коефіцієнт, який характеризує вплив перерізу екрана.

Для кабелів з зшитого ПЕ як базові взято температури 20 °С і 30 °С, відповідно, при прокладанні у землі та у повітрі. Для кабелів із ізоляцією з зшитого ПЕ, прокладених у землі і у повітрі, в післяаварійному режимі допускається перевантаження на 20%. Таке значення отримано із умови знаходження температури струмопровідних жил у діапазоні від 90°С до 130°С тривалістю 8 год протягом доби та сумарною тривалістю не більше 72 год протягом року чи 1000 год за термін експлуатації.

2. Переріз кабелів повинні перевірятися по економічній густині струму для нормального режиму роботи (струм у післяаварійному режимі не враховується) [1-3].

3. Кабелі повинні перевірятися за умовою нагрівання жил струмом короткого замикання (КЗ), тобто за термічною стійкістю струму короткого замикання. Підвищення температури жил кабелів при КЗ призводить до хімічного розкладання ізоляції й різкому зниженню її електричної і механічної міцності і, у підсумку, - до аварії [1-3].

4. Переріз кабелів повинні перевірятися за втратою напруги [1-3].

Проведемо перевірку кабелю АПвЭгаПу-20 кВ.

1. Вибір перерізу кабелю АПвЭгаПу-20 кВ за нагрівом у нормальному режимі, післяаварійному режимі, а також режимі у період ремонту.

Розрахунковий струм навантаження на РУ-10 кВ ТП:

$$I_p = \frac{P_p}{\sqrt{3}U_{\text{ном}} \cos \phi} = \frac{1600}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 0,96} = 96,34 \text{ (А)}.$$

Попередньо обираємо переріз кабелю 120 мм². Допустимий струм (табличний) для перерізу 120 мм² складає 252А при прокладанні трикутником в ґрунті.

З врахуванням коефіцієнтів до $I_{д.т.}$:

$K_1=1,0$ (середньорічна температура ґрунту – 20 °С);

$K_2=1,09$ (для теплового опору ґрунту 1,2 К·м/Вт);

$K_3=1,0$ (для глибини прокладання 0,8 м);

$K_4=0,88$ (на кількість працюючих кабелів, які лежать рядом в землі).

Загальний коефіцієнт $K=K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4=0,96$.

Отже, фактично допустимий струм I_ϕ для кабелю перерізом 120 мм², буде:

$$I_\phi = I_{д.т.} \cdot K = 252 \cdot 0,96 = 241,92 \text{ А}, I_p = 96,34 \text{ (А)}.$$

$I_\phi \geq I_p$, $241,92 \geq 96,34$ – умова виконується.

У післяаварійному режимі струм навантаження буде:

$$I_{пав} = \frac{1,4 \cdot P_p}{\sqrt{3} U_{ном} \cos \phi} = \frac{1,4 \cdot 1600}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 0,96} = 134,87 \text{ (А)},$$

умова вибору за нагрівом виконується:

$$I_\phi \geq I_{п.ав}; 241,92 \geq 134,87 \text{ (А)}.$$

2. Вибір кабелю АПвЭгаПу-20 кВ перерізом 120 мм² по економічній густині струму:

$$S_{ек} = I_p / J_{ек} = 96,34 / 1,2 = 80,28 \text{ (мм}^2\text{)}.$$

де $S_{\text{ек}}$ – переріз по економічній густині струму (мм^2) по нормальному режиму;

$J_{\text{ек}} = 1,2 \text{ А/мм}^2$ – економічна густина струму.

Умова $80,28 \text{ мм}^2 \leq 120 \text{ мм}^2$ виконується.

3. Перевірка кабелю АПвЭгаПу-20 кВ перерізом 120 мм^2 за термічною стійкістю:

$$s \geq s_{\min} = \frac{I_{\text{к}} \sqrt{t_{\text{вим}}}}{C_{\text{т}}},$$

де $I_{\text{к}}$ – струм КЗ для даного кабеля у А;

$t_{\text{вим}}$ – сумарний час вимикання струму КЗ, що визначається витримкою часу основного захисту лінії (0,5...2 с), часом спрацювання високовольного вимикача і відношенням струму КЗ у початковий момент виникнення КЗ до його усталеного значення;

$C_{\text{т}}$ – термічний коефіцієнт, $\text{А} \cdot \text{с}^{0,5} / \text{мм}^2$, значення якого становить 94 – для кабелів з зшитого ПЕ.

$$s \geq s_{\min} = \frac{I_{\text{к}} \sqrt{t_{\text{вим}}}}{C_{\text{т}}} = \frac{11300 \sqrt{0,57}}{94} = 90,75 \text{ (мм}^2\text{)},$$

умова $120 \text{ мм}^2 \geq 90,75 \text{ мм}^2$ виконується.

Для кабелів із ізоляцією з зшитого ПЕ регламентується значення допустимого струму КЗ $I_{\text{доп.к(1с)}}$ тривалістю 1 с, що визначене за нагріванням жили від температури 90°C до гранично допустимої температури 250°C . Якщо тривалість вимикання КЗ відмінна від 1 с, то допустимий струм буде:

$$I_{\text{доп.к}} = \frac{I_{\text{доп.к(1с)}}}{\sqrt{t_{\text{вим}}}}. \quad (2.2)$$

Для кабелів із ізоляцією з зшитого ПЕ регламентується значення допустимого струму КЗ струмопровідного екрана $I_{\text{доп.екр(1с)}}$ тривалістю 1 с.

Якщо тривалість вимикання КЗ відмінна від 1 с, то допустимий струм можна перерахувати за формулою 2.2.

Струмопровідні екрани та броню одножильних кабелів заземлюють з обох кінців. Допускається заземлювати струмопровідні екрани одножильних кабелів принаймні у одній точці (з одного кінця). В разі заземлення із одного боку можливий винос високого потенціалу, що створює загрозу для здоров'я людей, а в разі заземлення із обох боків по екрану протікає значний струм, що призводить до перегріву кабелів.

Спосіб заземлення екрана у одній точці дає змогу уникати значних втрат електроенергії у струмопровідних екранах одножильних кабелів під час експлуатації кабельних ліній. Спосіб застосовують з перевіркою значень наведеної напруги на незаземлених кінцях екранів відносно землі за максимального струму жили кабелю у нормальному робочому режимі.

$I_{\text{доп.к}}(1\text{с}) = 11,3$ кА для перерізу кабелю 120 мм^2 . Відповідний допустимий струм короткого замикання тривалістю 0,2 с буде:

$$I_{\text{доп.к}} = \frac{11,3}{\sqrt{0,2}} = 25,3 \text{ кА} \geq 7,82 \text{ (кА)},$$

тобто умова виконується по допустимому струму КЗ.

При виборі перерізу мідного екрана повинна виконуватись умова:

$$I_{\text{кз.екрана}} \geq I_{2\text{ф.кз}}, \quad (2.3)$$

$$I_{2\text{ф.кз}} = \sqrt{3} / 2 * I_{3\text{ф}} = 0,87 * 7,82 = 6,8 \text{ (кА)}.$$

По каталожним даним обираємо переріз мідного екрана 35 мм^2 , при тривалості КЗ 0,2 с, допустимий струм КЗ по екрану складе:

$$I_{\text{кз.екрана}} = I_{\text{доп.кз}} / \sqrt{t} = 7,1 / \sqrt{0,2} = 15,78 \text{ кА} \geq 6,8 \text{ (кА)}.$$

4. Вибір кабеля за втратою напруги.

Згідно ГІД 34.20.178:2005 втрата напруги в КЛ-10 кВ не повинна перевищувати 8%. Коефіцієнт $\delta_1 = 31,6$.

Момент навантаження: $M = P * L = 1,6 * 1,187 = 1,9 \text{ (МВт*км)}$.

$$\Delta U = \delta l \cdot M(MB_T \cdot km) / F = 31,6 \cdot 1,9 / 120 = 0,5 (\%).$$

Умова за втратою напруги виконується, тобто застосовуємо ЗхАПвЭгаПу-20 кВ 1х120/35 мм².

5. Зусилля натягу кабелю 10 кВ

Зусилля, які виникають під час тяжіння кабелю із багатодротовою алюмінієвою жилою, не повинні перевищувати 30 Н/мм² номінального перетину жили. При проектуванні кабельної лінії траса та будівельні довжини кабелів повинні бути обрані таким чином, аби при протягуванні кабелю не було перевищено допустиме зусилля тяжіння.

Зусилля, що виникає в кінці прямої траси при тяжінні кабелю, розраховується для траси без різниці рівнів:

$$F = 9,81 \cdot M \cdot L \cdot \mu, \quad (2.4)$$

де M – вага кабелю, кг/м;

L – довжина кабелю, м;

μ - коефіцієнт тертя.

У відповідності до каталожних даних зовнішній діаметр кабелю 38 мм, маса 1180 кг/км, мінімальний радіус вигину при прокладанні складає 608 мм.

Трасу прокладання кабелю умовно можна поділити на зони вигину: 0-1 довжина 17 м, 1-2 довжина 20 м, 2-3 довжина 139 м, 3-4 довжина 103 м, 4-5 довжина 253 м, 5-6 довжина 491 м, 6-7 довжина 127 м.

Зусилля натягу в кінці ділянки 0-1:

$$F_{0-1} = 9,81 \cdot M \cdot L \cdot \mu = 9,81 \cdot 1,18 \cdot 17 \cdot 0,3 = 59,04 \text{ (Н)}.$$

Зусилля натягу на виході з вигину 1:

$$F_1 = F_{0-1} \cdot e^{0,30(45\pi/180)} = 59,04 \cdot 1,26 = 74,39 \text{ (Н)}.$$

Зусилля натягу в кінці ділянки 1-2:

$$F_{1-2} = F_1 + 9,81 \cdot M \cdot L \cdot \mu = 74,39 + 9,81 \cdot 1,18 \cdot 20 \cdot 0,3 = 143,84 \text{ (Н)}.$$

Зусилля натягу на виході з вигину 2:

$$F_2 = F_{1-2} \cdot e^{0,30(25\pi/180)} = 143,84 \cdot 1,14 = 163,98 \text{ (Н)}.$$

Зусилля натягу в кінці ділянки 2-3:

$$F_{2-3} = F_2 + 9,81 \cdot M \cdot L \cdot \mu = 163,98 + 9,81 \cdot 1,18 \cdot 139 \cdot 0,3 = 646,69 \text{ (Н)}.$$

Зусилля натягу на виході з вигину 3:

$$F_3 = F_{2-3} \cdot e^{0,30(75\pi/180)} = 646,69 \cdot 1,47 = 950,63 \text{ (Н)}.$$

Зусилля натягу в кінці ділянки 3-4:

$$F_{3-4} = F_3 + 9,81 \cdot M \cdot L \cdot \mu = 950,63 + 9,81 \cdot 1,18 \cdot 103 \cdot 0,3 = 1309,58 \text{ (Н)}.$$

Зусилля натягу на виході з вигину 4:

$$F_4 = F_{3-4} \cdot e^{0,30(90\pi/180)} = 1309,58 \cdot 1,60 = 2095,33 \text{ (Н)}.$$

Зусилля натягу в кінці ділянки 4-5:

$$F_{4-5} = F_4 + 9,81 \cdot M \cdot L \cdot \mu = 2095,33 + 9,81 \cdot 1,18 \cdot 253 \cdot 0,3 = 2973,93 \text{ (Н)}.$$

Зусилля натягу на виході з вигину 5:

$$F_5 = F_{4-5} \cdot e^{0,30(90\pi/180)} = 2973,93 \cdot 1,60 = 4758,29 \text{ (Н)}.$$

Зусилля натягу в кінці ділянки 5-6:

$$F_{5-6} = F_5 + 9,81 \cdot M \cdot L \cdot \mu = 4758,29 + 9,81 \cdot 1,18 \cdot 491 \cdot 0,3 = 6463,41 \text{ (Н)}.$$

Зусилля натягу на виході з вигину 6:

$$F_6 = F_{5-6} \cdot e^{0,30(90\pi/180)} = 6463,41 \cdot 1,60 = 10341,46 \text{ (Н)}.$$

Зусилля натягу в кінці ділянки 6-7:

$$F_{6-7} = F_6 + 9,81 \cdot M \cdot L \cdot \mu = 10341,46 + 9,81 \cdot 1,18 \cdot 127 \cdot 0,3 = 10782,5 \text{ (Н)}.$$

Допустиме зусилля натягу кабеля рівне $30 \cdot 3 \cdot 120 = 10800$ Н, тобто обрана траса і метод протяжки забезпечить зусилля натягу у межах допустимого.

Радіальний тиск на вигині 1 складе:

$$F_{r1} = \frac{F_1 \cdot \sin \alpha / 2}{r \cdot \pi \cdot \alpha / 360^\circ} = (74,39 \cdot \sin(135 / 2)) / (1,0 \cdot \pi \cdot (135 / 360)) = 58 \text{ (Н/м)}.$$

Радіальний тиск на вигині 2 складе:

$$F_{r2} = \frac{F_2 \cdot \sin \alpha / 2}{r \cdot \pi \cdot \alpha / 360^\circ} = (163,98 \cdot \sin(25 / 2)) / (1,0 \cdot \pi \cdot (25 / 360)) = 164 \text{ (Н/м)}.$$

Радіальний тиск на вигині 3 складе:

$$F_{r3} = \frac{F_3 \cdot \sin \alpha / 2}{r \cdot \pi \cdot \alpha / 360^0} = (950,63 \cdot \sin(105 / 2)) / (1,0 \cdot \pi \cdot (105 / 360)) = 816,29 \text{ (Н/м)}.$$

Радіальний тиск на вигині 4 складе:

$$F_{r4} = \frac{F_4 \cdot \sin \alpha / 2}{r \cdot \pi \cdot \alpha / 360^0} = (2095,33 \cdot \sin(90 / 2)) / (1,0 \cdot \pi \cdot (90 / 360)) = 1856,62 \text{ (Н/м)}.$$

Радіальний тиск на вигині 5 складе:

$$F_{r5} = \frac{F_5 \cdot \sin \alpha / 2}{r \cdot \pi \cdot \alpha / 360^0} = (4758,29 \cdot \sin(90 / 2)) / (1,0 \cdot \pi \cdot (90 / 360)) = 4216,21 \text{ (Н/м)}.$$

Радіальний тиск на вигині 6 складе:

$$F_{r6} = \frac{F_6 \cdot \sin \alpha / 2}{r \cdot \pi \cdot \alpha / 360^0} = (10341,46 \cdot \sin(90 / 2)) / (1,0 \cdot \pi \cdot (90 / 360)) = 9294,22 \text{ (Н/м)}.$$

Отримані значення радіального тиску показують, що на вигині 1, 2, 3 достатньо установки одного кутового ролика (допустимий радіальний тиск 1500 Н/м), а на вигині 4, 5, 6 необхідно встановити систему роликів (допустимий радіальний тиск 4500 Н/м при установці трьох роликів на 1 м довжини).

2.2 Вибір потужності силових трансформаторів

У технопарку в наявності споживачі I та II категорій, тому на підстанції, що проектується необхідно встановлення не менш як двох силових трансформаторів. Нормами технологічного проектування рекомендується у таких випадках встановлення трансформаторів однакової потужності [1-3].

Вибір потужності силових трансформаторів здійснюється із урахуванням аварійних і допустимих систематичних перевантажень [1-3].

Згідно Держстандарту у аварійному режимі припустиме перевантаження трансформатора на 40% на протязі не більше 5 діб, при цьому коефіцієнт початкового завантаження повинен бути не більшим 0,93 й час перевантаження не більш 6 годин на добу.

Аварійне навантаження визначається з умови відмови одного із трансформаторів підстанції, при цьому припустиме відключення споживачів III категорії. У зв'язку із цим потужність трансформатора понижувальної підстанції з двома й більше трансформаторами розраховується за виразом:

$$S_{т.ном.розр} = \frac{S_{1,2max}}{\cos \varphi} = 840 / 0,96 = 875 \text{ (кВА)},$$

де $S_{1,2max}$ - максимальна потужність споживачів I та II категорій.

Дійсне значення номінальної потужності трансформатора $S_{т.ном.}$ приймаємо як найближче до $S_{т.ном.розр}$ за стандартною шкалою номінальних потужностей силових трансформаторів. Однак, при виборі трансформаторів потрібно враховувати майбутніх споживачів й збільшення споживання, тому обираємо потужність трансформаторів з запасом й можливістю підключення нових абонентів. Отже, обираємо силові трансформатори 2х1600 кВА.

2.3 Вибір вимикачів 10 кВ

У технопарку передбачається встановлення у ТП в ввідних комірках 10 кВ вакуумного триполюсного вимикача 10 кВ типу ВРС-10-20/630. Технічні характеристики вимикача наведено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики вакуумного триполюсного вимикача 10 кВ типу ВРС-10-20/630

Найменування параметра	Значення параметра
Номінальна робоча напруга [$U_{ном.в.}$], кВ	10
Найбільша робоча напруга [$U_{max в.}$], кВ	12
Номінальний струм [$I_{ном.в.}$], А	630
Номінальний струм відключення [$I_{відкл.в.}$], кА	20
Номінальний струм к.з, що витримується вимикачем протягом 3 с [$I_{терм.в.}$], кА	25
Пікове значення наскрізного струму к.з. [$I_{дин.в.}$], кА	50

Перевірка обраного вимикача 10 кВ проводиться за показниками [1-3]:

По номінальній напрузі:

$$U_{\text{ном.м.}} \geq U_{\text{ном.р.}}; \quad (2.5)$$

$$10 \text{ кВ} = 10 \text{ кВ.}$$

За найбільшою робочою напругою:

$$U_{\text{max м.}} \leq U_{\text{max р.}}; \quad (2.6)$$

$$12 \text{ кВ} = 12 \text{ кВ.}$$

За максимальним робочим струмом:

$$I_{\text{ном.р.}} \geq I_{\text{max роб.}}, \quad (2.7)$$

де $I_{\text{max.роб.}}$ – максимальний струм в нормальному режимі роботи:

$$I_{\text{max.роб.}} = \frac{S_{\text{max}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot \cos \phi}, \quad (2.8)$$

де S_{max} – номінальна потужність ввідної комірки ТП кВ, $S_{\text{max}} = 1600 \text{ кВА}$;

$U_{\text{ном}}$ – номінальна напруга на шинах РП, $U_{\text{ном}} = 10 \text{ кВ}$.

$$I_{\text{max.роб.}} = \frac{1600}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 0,96} = 96,34 (\text{А}) - \text{ввідна комірка};$$

$$630 (\text{А}) > 96,34 (\text{А}).$$

По відключаючій здатності:

а) симетричний струм відключення

$$I_{\text{Пт}} \leq I_{\text{відкл.в.}}; \quad (2.9)$$

де $I_{\text{Пт}}$ – розрахункова періодична складова струму КЗ,

$$I_{\text{Пт}} = 1,209 (\text{кА});$$

$I_{\text{відкл.в.}}$ – номінальний струм відключення вимикача, $I_{\text{відкл.в.}} = 20 \text{ кА}$;

$$1,209 (\text{кА}) < 20 (\text{кА}).$$

б) можливість відключення аперіодичної складової струму КЗ:

$$i_{\text{аτ}} \leq i_{\text{а ном}}, \quad (2.10)$$

де $i_{a\tau}$ – аперіодична складова струму КЗ в момент розходження контактів, яка розраховується за виразом:

$$i_{a\tau} = \sqrt{2} \cdot I_{п0} \cdot e^{-\frac{\tau}{T_A}}, \quad (2.11)$$

де $i_{a\text{ном}}$ – номінальне допустиме значення аперіодичної складової у струмі, що відключається, для часу τ , яке розраховується за виразом:

$$i_{a\text{ном}} = \frac{\sqrt{2} \cdot \beta_H \cdot I_{\text{відкл.в.}}}{100}, \quad (2.12)$$

де $I_{п0}$ – початкове значення періодичної складової струму КЗ,

$$I_{п0} = 1,209 \text{ кА};$$

τ – розрахунковий час від початку КЗ до моменту розходження контактів вимикача, який розраховується за виразом:

$$\tau = \tau_{з_min} + t_{св} = 0,01 + 0,04 = 0,05 \text{ (с)}$$

$$\tau_{з_min} \text{ – мінімальний час дії РЗ, } \tau_{з_min} = 0,01 \text{ с};$$

$$t_{св} \text{ – власний час відключення вимикача, } t_{св} = 0,04 \text{ с};$$

T_a – постійна часу затухання аперіодичної складової струму КЗ для розрахункової точки, $T_a = 0,03 \text{ с};$

β_H – нормована відносна величина аперіодичної складової струму КЗ,

$$\beta_H = 60 \text{ \%};$$

$$i_{a\tau} = \sqrt{2} \cdot 1,209 \cdot e^{-\frac{0,05}{0,03}} = 0,322 \text{ (кА)},$$

$$i_{a\text{ном}} = \frac{\sqrt{2} \cdot 60 \cdot 20}{100} = 16,971 \text{ (кА)},$$

$$0,322 \text{ кА} < 16,971 \text{ (кА)}.$$

По електродинамічній стійкості:

а) по періодичній складовій струму КЗ:

$$I_{п0} \leq I_{\text{відкл.в.}}, \quad (2.13)$$

де $I_{п0}$ – початкове значення періодичної складової струму КЗ,

$$I_{п0} = 1,209 \text{ кА};$$

$I_{\text{відкл.в.}}$ – діюче значення періодичної складової граничного наскрізного струму КЗ, $I_{\text{відкл.в.}} = 20 \text{ кА};$

$$1,209(\text{кА}) < 20(\text{кА});$$

б) по ударному струму КЗ;

$$i_{\text{уд}} \leq I_{\text{дин.в.}}, \quad (2.14)$$

де $i_{\text{уд}}$ - ударний струм КЗ, який розраховується за виразом:

$$i_{\text{уд}} = \sqrt{2} \cdot I_{п0} \cdot \left(1 + e^{-\frac{0,01}{T_a}} \right); \quad (2.15)$$

де $I_{\text{дин.в.}}$ – електродинамічний струм, який вимикач може витримати.

Відповідно до каталожних даних $I_{\text{дин.в.}} = 50 \text{ кА}$.

$$i_{\text{уд}} = \sqrt{2} \cdot 1,209 \cdot \left(1 + e^{-\frac{0,01}{0,03}} \right) = 2,93(\text{кА});$$

$$2,93(\text{кА}) < 50(\text{кА}).$$

За термічною стійкістю вимикач перевіряється по тепловому імпульсу струму КЗ:

$$B_K \leq I_{\text{терм.в.}}^2 \cdot t_{\text{терм.в.}}, \quad (2.16)$$

де B_K – тепловий імпульс розрахункового струму КЗ, який визначається за виразом:

$$B_K = I_{п0}^2 \cdot (t_{\text{відкл}} + T_a), \quad (2.17)$$

де $t_{\text{відкл}}$ – сума часу дії РЗ та часу відключення вимикача. У якості тривалості дії ПРЗА при КЗ приймається уставка по часу резервного захисту, яка

становить 0,7 с. Повний час відключення вакуумного вимикача складає не більше 0,04 с. Тому $t_{\text{відкл}}=0,74$ с;

$I_{\text{терм.в.}}$ – струм КЗ, який вимикач може витримувати протягом часу 3 с (струм термічної стійкості). Відповідно до каталожних даних $I_{\text{терм.в.}} = 25$ кА;

$t_{\text{терм.в.}}$ – час протікання струму КЗ. Відповідно до каталожних даних $t_{\text{терм.в.}}=3$ с.

$$B_K = 1,209^2 \cdot (0,74 + 0,03) = 1,125 (\text{кА}^2 \cdot \text{с});$$

$$I_{\text{терм.в.}}^2 \cdot t_{\text{терм.в.}} = 20^2 \cdot 3 = 1200 (\text{кА}^2 \cdot \text{с});$$

$$1,125 \text{кА}^2 \cdot \text{с} < 1200 (\text{кА}^2 \cdot \text{с}).$$

Узагальнені результати перевірки обраного вакуумного вимикача 10 кВ подано у табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Узагальнені результати перевірки запроектованого вакуумного вимикача 10 кВ

Розрахункові параметри	Каталожні дані ВРС-10-20/630
$U_{\text{ном.м.}} = 10$ кВ	$U_{\text{ном.в.}} = 10$ кВ
$U_{\text{max м.}} = 12$ кВ	$U_{\text{max в.}} = 12$ кВ
$I_{\text{max p.}} = 96,34$ А – для ввідної	$I_{\text{ном в.}} = 630$ А
$I_{\text{п0.}} = 1,209$ кА	$I_{\text{відкл.в.}} = 20$ кА
$i_{\text{уд.}} = 2,93$ кА	$I_{\text{дин.в.}} = 50$ кА
$B_K = 1,125 \text{кА}^2 \cdot \text{с};$	$I_{\text{терм.в.}}^2 \cdot t_{\text{терм.в.}} = 1200 \text{кА}^2 \cdot \text{с};$

2.4 Вибір роз'єднувачів 10 кВ

Перевірку зазначеного проектного електротехнічного обладнання проводимо із урахуванням можливого максимального навантаження – для ввідної комірки ТП, $S_{\text{ном}} = 1600$ кВА. Передбачається встановлення у якості роз'єднувача ввідної комірки ТП триполюсного роз'єднувача типу РР/ЕЛ-РР-03-10-630-25 У2. Технічні параметри роз'єднувачів наведено в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики роз'єднувачів 10 кВ типу РР/ЕL-РР-03-10-630-25 У2

Найменування параметра	Значення параметра
Номинальний струм [$I_{\text{ном.р.}}$], А	630
Номинальна робоча напруга [$U_{\text{ном.р.}}$], кВ	10
Найбільша робоча напруга [$U_{\text{max р.}}$], кВ	12
Струм термічної стійкості [$I_{\text{терм.р.}}$], кА	16
Кількість заземлюючих ножів	1 (2) ¹
Час протікання струму термічної стійкості, с: – для головних ножів – для ЗН	3 1
Струм динамічної стійкості [$I_{\text{дин.р.}}$], кА	41

Значення, що наведене в дужках, стосується обладнання, яке встановлюється у комірці трансформатора напруги 10 кВ РП.

Перевірка обраного роз'єднувача 10 кВ виконується [1-3]:

По номінальній напрузі:

$$U_{\text{ном.м.}} \geq U_{\text{ном.р.}}; \quad (2.18)$$

$$10 (\text{кВ}) = 10 (\text{кВ}).$$

По найбільшій робочій напрузі:

$$U_{\text{max м.}} \leq U_{\text{max р.}}; \quad (2.19)$$

$$12 (\text{кВ}) = 12 (\text{кВ}).$$

За максимальним робочим струмом:

$$I_{\text{ном.р.}} \geq I_{\text{max роб.}}, \quad (2.20)$$

де $I_{\text{max.роб.}}$ – максимальний струм в нормальному режимі роботи:

$$I_{\text{max.роб.}} = \frac{S_{\text{max}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot \cos \varphi}, \quad (2.21)$$

де S_{max} – номінальна потужність ввідної комірочки ТП, $S_{\text{max}} = 1600 \text{ кВА}$;

$U_{\text{ном}}$ – номінальна напруга на шинах ТП, $U_{\text{ном}} = 10 \text{ кВ}$.

$$I_{\max.роб.} = \frac{1600}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 0,96} = 96,34(\text{А}) - \text{ввідна комірка};$$

$$630(\text{А}) > 96,34(\text{А}).$$

За динамічною стійкістю (при протіканні через роз'єднувач ударного струму КЗ):

$$i_{уд.} \leq I_{дин.р.}; \quad (2.22)$$

де $i_{уд}$ – ударний струм КЗ:

$$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot I_{п0} \cdot \left(1 + e^{-\frac{0,01}{T_a}} \right); \quad (2.23)$$

де $I_{п0}$ – початкове значення періодичної складової струму КЗ, $I_{п0} = 1,209 \text{ кА}$;

$I_{дин.р.}$ – електродинамічний струм, який роз'єднувач може витримати.

Відповідно до каталожних даних для ввідної комірки – $I_{дин.р.} = 41 \text{ кА}$.

T_a – постійна часу затухання аперіодичної складової струму КЗ для розрахункової точки, $T_a = 0,03 \text{ с}$.

$$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot 1,209 \cdot \left(1 + e^{-\frac{0,01}{0,03}} \right) = 2,93(\text{кА});$$

$$2,93(\text{кА}) < 41(\text{кА}).$$

За термічною стійкістю:

За термічною стійкістю роз'єднувач перевіряється по тепловому імпульсу:

$$B_K \leq I_{терм.р.}^2 \cdot t_{терм.р.}, \quad (2.24)$$

де B_K – тепловий імпульс розрахункового струму КЗ, який визначається за виразом:

$$B_K = I_{п0}^2 \cdot (t_{відкл} + T_a), \quad (2.25)$$

де $t_{відкл}$ – сума часу дії РЗ та часу відключення вимикача типу ВРС-10-20/630, який встановлено у ТП - 10кВ. У якості тривалості дії ПРЗА при КЗ

приймається уставка по часу резервного захисту, який реалізується у ТП-10 кВ та становить 0,7 с. Повний час відключення вакуумного вимикача складає не більше 0,04 с. Тому $t_{\text{відкл}}=0,74$ с.

$I_{\text{терм.р.}}$ – струм КЗ, який роз'єднувач може витримувати протягом часу 3 с (струм термічної стійкості). Відповідно до каталожних даних для ввідної комірki $I_{\text{терм.р.}} = 20$ кА; для лінійної комірki $I_{\text{терм.р.}} = 16$ кА.

$t_{\text{терм.р.}}$ – час протікання струму КЗ. Відповідно до каталожних даних $t_{\text{терм.р.}} = 3$ с – для головних ножів та $t_{\text{терм.р.}} = 1$ с – для ЗН.

Допустимий тепловий імпульс для головних та заземлюючих ножів роз'єднувачів буде:

$$B_K = 1,209^2 \cdot (0,74 + 0,03) = 1,125 (\text{кА}^2 \cdot \text{с});$$

Для РР/ЕL-РР-03-10-630-25 У2:

$$\text{для головних ножів} - I_{\text{терм.в}}^2 \cdot t_{\text{терм.в}} = 16^2 \cdot 3 = 768 (\text{кА}^2 \cdot \text{с});$$

$$\text{для ЗН} - I_{\text{терм.в}}^2 \cdot t_{\text{терм.в}} = 16^2 \cdot 1 = 256 (\text{кА}^2 \cdot \text{с});$$

$$1,125 (\text{кА}^2 \cdot \text{с}) < 768 (\text{кА}^2 \cdot \text{с});$$

$$1,125 (\text{кА}^2 \cdot \text{с}) < 256 (\text{кА}^2 \cdot \text{с}).$$

Узагальнені результати розрахунків роз'єднувача наведено в табл.2.4.

Таблиця 2.4 – Узагальнені результати перевірки запроектованого роз'єднувача 10 кВ

Розрахункові параметри	Каталожні дані
$U_{ном.м.} = 10 \text{ кВ}$	$U_{ном.м.} = 10 \text{ кВ}$
$U_{ном.р.} = 12 \text{ кВ}$	$U_{ном.р.} = 12 \text{ кВ}$
$I_{max.p.} = 96,34 \text{ А}$	$I_{max.p.} = 630 \text{ А}$
$i_{уд.} = 2,93 \text{ кА}$	$I_{дин.р.} = 41 \text{ А}$
$B_K = 1,125 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	Для головних ножів $I_{терм.в}^2 \cdot t_{терм.в} =$ $= 768 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$ Для ЗН: $I_{терм.в}^2 \cdot t_{терм.в} =$ $= 256 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$

2.5 Вибір трансформаторів струму 10 кВ

У якості трансформаторів струму 10 кВ обрано ТС-10 кВ типу ТОЛУ-10 ввідної комірки із параметрами наведеними в табл. 2.6:

Таблиця 2.6 – Технічні характеристики ТС-10 кВ

Найменування параметра	Значення параметра
Номінальна робоча напруга [$U_{ном.ТС}$], кВ	10
Найбільша робоча напруга [$U_{max\text{ }ТС}$], кВ	12
Номінальний первинний струм [$I_{1ном}$], А	100
Номінальний вторинний струм [$I_{2ном}$], А	5
Кількість вторинних обмоток:	
· для захисту	1
· для вимірювань	2
Струм термічної стійкості [$I_{терм.ТС}$], кА	9,7
Час протікання струму термічної стійкості, с	1
Струм динамічної стійкості [$I_{дин.ТС}$], кА	36
Номінальна гранична кратність вторинної обмотки, А	8
Номінальні вторинні навантаження, ВА:	
а) обмотки для вимірювань:	
- 0,5с	2,5
- 0,5	5
б) обмотки для захисту:	
- 10Р	10

Нижче наведено розрахунок первинної обмотки ТС-10кВ в ТП [1-3]:

По напрузі встановлення:

$$U_{\text{ном.м.}} \leq U_{\text{ном.ТС}}; \quad (2.26)$$

$$10(\text{кВ}) = 10(\text{кВ}).$$

По найбільшій робочій напрузі:

$$U_{\text{мах м.}} \leq U_{\text{мах ТС.}}; \quad (2.27)$$

$$12(\text{кВ}) = 12(\text{кВ});$$

За максимальним робочим струмом:

$$I_{\text{ном.р.}} \geq I_{\text{мах роб.}}, \quad (2.28)$$

де $I_{\text{мах.роб.}}$ – максимальний струм в нормальному режимі роботи:

$$I_{\text{мах.роб.}} = \frac{S_{\text{мах}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot \cos \varphi}, \quad (2.29)$$

де $S_{\text{мах}}$ – номінальна потужність ввідної комірки ТП;

$U_{\text{ном}}$ – номінальна напруга обмотки ВН силового трансформатора ТП,

$$U_{\text{ном}} = 10 \text{ кВ}.$$

$$I_{\text{мах.роб.}} = \frac{1600}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 0,96} = 96,34(\text{А}) - \text{ввідна комірка};$$

$$100(\text{А}) > 96,34(\text{А}).$$

По електродинамічній стійкості до струмів КЗ:

$$i_{\text{уд}} \leq I_{\text{дин.ТС}}; \quad (2.30)$$

де $i_{\text{уд}}$ – ударний струм КЗ;

$I_{\text{дин.ТС}}$ – електродинамічний струм, що може витримати трансформатор струму. Відповідно до каталожних даних для ТОЛУ-10 100/5 0,5с/10Р $I_{\text{дин.ТС}} = 36 \text{ кА}.$

Ударний струм КЗ визначається за виразом:

$$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot I_{п0} \cdot \left(1 + e^{-\frac{0,01}{T_a}} \right), \quad (2.31)$$

де $I_{п0}$ – початкове значення періодичної складової струму КЗ, $I_{п0} = 1,209$ кА;

T_a – постійна часу затухання аперіодичної складової струму КЗ для розрахункової точки, $T_a = 0,03$ с.

$$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot 1,209 \cdot \left(1 + e^{-\frac{0,01}{0,03}} \right) = 2,93 (\text{кА});$$

$$2,93 (\text{кА}) < 36 (\text{кА}).$$

За термічною стійкістю:

$$B_K \leq I_{\text{терм.в}}^2 \cdot t_{\text{терм.в}}; \quad (2.32)$$

де B_K – тепловий імпульс розрахункового струму КЗ, який визначається за виразом:

$$B_K = I_{\text{ПО}}^2 \cdot (t_{\text{відкл}} + T_a); \quad (2.33)$$

де $t_{\text{відкл}}$ – сума часу дії РЗ та часу відключення вимикача. У якості тривалості дії РЗ при КЗ приймається уставка по часу захисту, яка становить 0.9 с. Повний час відключення вакуумного вимикача складає не більше 0,075 с. Тому $t_{\text{відкл.}} = 0,975$ с;

$I_{\text{терм.в.}}$ – струм КЗ, який трансформатор струму може витримувати протягом часу 1с (струм термічної стійкості).

$t_{\text{терм.в.}}$ – час протікання струму КЗ.

$$B_K = 1,2^2 \cdot (0,975 + 0,01) = 1,42 (\text{кА}^2 \cdot \text{с}),$$

$$I_{\text{терм.в.}}^2 \cdot t_{\text{терм.в.}} = 9,7^2 \cdot 1 = 94,09 (\text{кА}^2 \cdot \text{с}),$$

$$1,42 \text{ кА}^2 \text{с} \leq 94,09 (\text{кА}^2 \text{с}).$$

За номінальною граничною кратністю:

$$k \cdot I_{\text{I.ном}} \geq 1,1 \cdot I_{\text{CB}} \quad (2.34)$$

де k – номінальна гранична кратність вторинної обмотки захисту, $k=8$

$$8 \cdot 100 = 800 \geq 396$$

Відповідно до результатів перевірки ТС-10 кВ задовольняють умови перевірки.

Узагальнені результати перевірки обраних ТС-10 кВ наведено в табл.2.7.

Таблиця 2.7 – Узагальнені результати перевірки ТС-10 кВ

Розрахункові параметри	Каталожні дані
$U_{\text{ном.м.}} = 10 \text{ кВ}$	$U_{\text{ном.ТС}} = 10 \text{ кВ}$
$U_{\text{мах м.}} = 12 \text{ кВ}$	$U_{\text{мах ТС}} = 12 \text{ кВ}$
$I_{\text{мах роб.}} = 96,34 \text{ А}$ - для ввідної комірки	$I_{\text{ном}} = 100 \text{ А}$ - для ввідної комірки
$i_{\text{уд}} = 2,93 \text{ кА}$	$I_{\text{дин.ТС}} = 36 \text{ кА}$ - для ввідної комірки
$B_{\text{к}} = 1,42 \text{ кА}^2 \text{с}$	$I_{\text{терм.р.}}^2 \cdot t_{\text{терм.р.}} = 94,09 \text{ кА}^2 \text{с}$

2.6 Вибір високовольтного нелінійного обмежувача перенапруг 10 кВ

У технопарку передбачається встановлення у якості ОПНп-10 кВ ввідної, лінійної комірок й комірки трансформатора напруги обмежувачів перенапруг типу ОПНп-10/12. Технічні характеристики наведено в табл. 2.8.

Таблиця 2.8 – Технічні характеристики високовольтного нелінійного обмежувача перенапруг 10 кВ типу ОПНп-10/12

Найменування параметра	Значення параметра
Найбільша тривало допустима робоча напруга $[U_{\text{нр. опн}}]$, кВ	12
Номінальна напруга $[U_{\text{ном опн}}]$, кВ	10
Струм спрацювання противибухового пристрою ОПН $[I_{\text{зах.ОПН}}]$, кА	10
Залишкова напруга при грозовому імпульсі струму 8/20 мкс, кВ, не більше ніж: - з амплітудою 5 кА	36
Залишкова напруга при комутаційному імпульсі струму 30/60 мкс, кВ, не більше ніж: - з амплітудою 500 А	31
Клас розряду лінії	2

Перевірку обраного обмежувача перенапруг 10 кВ проводимо відповідно до СОУ Н ЕЕ 40.1-21677681-67:2012 «Обмежувачі перенапруг нелінійні напругою 6-35 кВ. Настанови щодо вибору та застосування у розподільчих установах».

Визначення найбільшої тривало допустимої робочої напруги $U_{\text{нр опн}}$ і номінальної напруги $U_{\text{ном опн}}$.

Найбільша тривало допустима робоча напруга $U_{\text{нр опн}}$ приймається не меншою за найбільшу тривало допустиму робочу напругу на шинах, яка згідно з ГОСТ 1516.3-96 становить $U_{\text{нр}}=12$ кВ:

$$\begin{aligned} U_{\text{нр.опн}} &\geq U_{\text{нр}}; \\ 12 (\text{кВ}) &\geq 12 (\text{кВ}). \end{aligned} \quad (2.35)$$

Вибір енергоемності ОПН.

Враховуючи відсутність специфічних умов, за яких в обмежувачах може виділятися значна енергія, приймається клас розряду лінії – 2.

Визначення залишкових перенапруг ОПН при нормальних імпульсах струмів.

Розрахункові залишкові напруги при комутаційних й грозових перенапругах $U_{\text{залг}}$ визначаються при нормованих імпульсних струмах. Для грозових перенапруг таким струмом є номінальний розрядний струм $I_{\text{н}}$ із формою хвилі 8/20мкс, що становить $I_{\text{н}}=5$ кА. При комутаційних перенапругах для ОПН 10 кВ залишкову напругу $U_{\text{залк}}$ прийнято визначати при нормованому струмі $I_{\text{нормк}} = 500$ А із формою хвилі 30/60 мкс.

Розрахункові значення залишкових напруг на ОПН з деяким наближенням визначаємо як:

$$\begin{aligned} U_{\text{залк}} &= \sqrt{2} \cdot U_{\text{нр}} \cdot K_{30/60}; \\ U_{\text{залг}} &= \sqrt{2} \cdot U_{\text{нр}} \cdot K_{8/20}; \end{aligned} \quad (2.36)$$

де $K_{30/60}$ та $K_{8/20}$ – коефіцієнти «типових кратностей», які визначаються як відношення залишкових напруг на ОПН до найбільшої тривало допустимої робочої напруги

$$\begin{aligned} & (K_{30/60} = 1,75; K_{8/20} = 2,1); \\ & U_{зал.к} = \sqrt{2} \cdot 12 \cdot 1,75 = 29,7 \text{ (кВ)}; \\ & U_{зал.г} = \sqrt{2} \cdot 12 \cdot 2,1 = 35,6 \text{ (кВ)}. \end{aligned}$$

Вибір ОПН за умови вибухобезпеки.

Струм захисної стійкості ОПН визначається за формулою:

$$I_{зах.ОПН} > I_{\max зах} \quad (2.37)$$

де $I_{зах.ОПН}$ – максимальне значення струму, який здатний витримати ОПН без будь якого пошкодження;

$I_{\max зах}$ – максимальне значення струм КЗ з урахуванням коефіцієнту запасу, який визначається за виразом:

$$I_{\max зах} = k_3 \cdot I_{кз}, \quad (2.38)$$

де $I_{кз}$ – максимальне значення струму КЗ на шинах 10 кВ, $I_{кз}=1,209\text{кА}$;

k_3 – коефіцієнт запасу, $k_3=1,1$.

$$\begin{aligned} I_{\max зах} &= 1,1 \cdot 1,209 = 1,32 \text{ (кА)}, \\ 10 \text{ (кА)} &> 1,32 \text{ (кА)}. \end{aligned}$$

Узагальнені результати перевірки обраних нелінійних обмежувачів перенапруги 10 кВ наведені в табл. 2.9.

Таблиця 2.9 – Узагальнені результати перевірки характеристик ОПН 10 кВ

Розрахункові значення	Каталожні дані ОПН-10/12
$U_{нр.опн} = 12 \text{ кВ}$	$U_{нр.опн} = 12 \text{ кВ}$
$U_{зал.г} = 35,6 \text{ кВ}$	$U_{зал.г} = 36 \text{ кВ}$
$U_{зал.к} = 29,7 \text{ кВ}$	$U_{зал.к} = 31 \text{ кВ}$
$I_{зах} = 1,32 \text{ кА}$	$I_{зах} = 10 \text{ кА}$

2.7 Вибір та перевірка автоматичних вимикачів 0,4 кВ

При виборі автоматичного вимикача будемо керуватись вимогами щодо виконання пунктів [1-3]:

- номінальна напруга;
- кількість полюсів;
- номінальний струм навантаження;
- координація струму автоматичного вимикача та тривало допустимого струму кабелю;
- виконання захисту від перевантажень й забезпечення його чутливості;
- перевірка за граничною відключаючою здатністю при максимальних струмах КЗ;
- виконання захисту від КЗ та забезпечення його чутливості;
- перевірка селективності роботи автомати відповідно автоматичних вимикачів нижчого рівня.

Для захисту всіх приєднань 0,4 кВ застосовуються триполюсні автоматичні вимикачі оснащені захистом від перевантажень і швидкодіючим захистом від КЗ.

Виконаємо вибір уставок і перевірку допустимості застосування автоматичних вимикачів.

Ввідні автомати:

$$P = 1600 \text{ (кВт)};$$

$$U = 380 \text{ (В)};$$

$$I = 1600000 / 1,73 * 380 * 0,96 = 2535 \text{ (А)};$$

$$I_{\text{вим}} \geq I_{\text{н}}.$$

Для трансформаторів 1600 кВА - Автоматичний вимикач 3200 А – Ісу (400 В) = 80 кА викатного типу.

Вибір номінальної напруги автоматичного вимикача.

Номінальна напруга автоматичного вимикача має бути більшою, чи рівною номінальній напрузі мережі. Автоматичні вимикачі, що будуть

розглядатись мають номінальну напругу 690 В, що є прийнятним для мережі номінальною напругою 380 В.

Вибір кількості полюсів автоматичного вимикача.

Для трифазної мережі, як правило застосовуються триполюсні, чи чотириполюсні автоматичні автомати, оскільки в даному випадку немає особливих вимог - обираємо триполюсні вимикачі.

Вибір струму розчеплювача захисту від перевантаження за максимальним тривалим струмом навантаження та тривало допустимим струмом кабелю:

Стандарт МЕК 60364-4-43 (ГОСТ Р 50571.5) «Електроустановки будівель. Вимоги по забезпеченню безпеки. Захист від надструмів» регламентує координацію між провідниками і пристроями захисту від перевантаження (зазвичай вони встановлені на початку провідника, що захищається), яка полягає у забезпеченні відповідності двом умовам:

$$I_b \leq I_n \leq I_z \quad (2.39)$$

$$I_2 \leq 1,45 \cdot I_z \quad (2.40)$$

де I_b - струм навантаження;

I_z - тривала навантажувальна здатність кабелю;

I_n - номінальний струм захисного пристрою; для пристроїв захисту з можливістю настройки, номінальним струмом I_n є струм уставки;

I_2 - струм, що забезпечує ефективну роботу захисного пристрою за визначений час.

Відповідно до умови (2.39) для правильного вибору захисного пристрою необхідно перевірити, щоб автоматичний вимикач мав номінальний (чи виставлений) струм, який:

- вище струму навантаження, щоб не допустити хибного спрацювання;
- нижче навантажувальної здатності кабелю, щоб не допустити перевантаження кабелю.

Стандарт допускає струм перевантаження, який може бути на 45% більше навантажувальною здатності кабелю, але тільки на протязі обмеженого періоду (умовний час спрацювання захисного пристрою).

Перевірка умови (2.40) не є необхідною у випадку застосування автоматичних вимикачів, так як розчеплювач захисту спрацьовує автоматично, якщо:

– $I_2 = 1,3 \cdot I_n$ для автоматичних вимикачів, що відповідають стандарту МЭК 60947-2 (ГОСТ Р 50030.2) (автоматичні вимикачі промислового призначення);

– $I_2 = 1,45 \cdot I_n$ для автоматичних вимикачів, що відповідають стандарту МЭК 60898 (ГОСТ Р 50345) (автоматичні вимикачі для установок побутового та аналогічного призначення);

Отже, для автоматичних вимикачів, якщо $I_n < I_z$, формула $I_2 < 1,45 \cdot I_z$ буде теж підтверджена.

Таким чином, уставки захисту від перевантажень складають:

для ввідного автоматичного вимикача трансформатора 1600 кВА – $I_n = 3200$ А, $I_L = 1 \cdot I_{nom} = 3200$ А $t_L = 15$ с;

При цьому виробник гарантує початок роботи захисту від перевантаження в діапазоні струмів $(0,2 - 1) I_1$.

Перевірка чутливості захистів

Для перевірки чутливості розчеплювачів автоматичних вимикачів будемо використовувати менший з струмів одно та двофазного замикань в мінімальному режимі енергосистеми

Визначення коефіцієнтів чутливості виконується за формулою:

$$k_{\text{чут}} = \frac{I_{K3 \min}}{I_{\text{роз}}}, \quad (2.41)$$

де I_p - струм спрацювання розчеплювача автоматичного вимикача.

Коефіцієнт чутливості для швидкодіючого захисту від КЗ має складати близько 1,5 в основній зоні захисту та близько 1,3 в зоні резервування.

Коефіцієнт чутливості для захисту від перевантажень має складати не менше 3.

Розрахункові величини коефіцієнтів чутливості для усіх приєднань наведені нижче по тексту у відповідних таблицях.

Швидкодіючий захист від КЗ.

Уставки струму спрацювання обираємо за 2-ма умовами:

– забезпечення коефіцієнта чутливості близько 1,5 при мінімальному усталеному струмі одно чи двофазного дугового КЗ в кінці зони, що захищається;

– забезпечення селективної роботи із автоматами нижчого рівня (розташованими далі від вводу трансформатора.

Уставки швидкодіючого захисту від КЗ складають:

для ввідного автоматичного вимикача трансформатора 1600 кВА – $I_n=3200$ А, $I_s= 3 \cdot I_{nom}=9600$ А (3 крат) $t_s = 0,1$ с, $I_I= 7 \cdot I_{nom}=22400$ А (4 крат) 0 с.

Проведемо розрахунок для автоматичних вимикачів відхідних ліній. Замовлена потужність інноваційно-технологічного парку складає 840 кВт.

$$P = 840 \text{ (кВт)};$$

$$U = 380 \text{ (В)};$$

$$I = 840000 / 1,73 \cdot 380 \cdot 0,96 = 1331 \text{ (А)}.$$

Враховуючи, що буде встановлено два ВРЩ-0,4 кВ об'єкта, тому у ТП встановлюємо вимикачі на порядок вище для селективності, а значить це будуть вимикачі на 1000 А.

Аналогічний розрахунок проведемо для існуючих абонентів, яких потрібно перезаживити від нововстановленої ТП. Потужність абонента ТОВ НВП «Аргон» складає 600 кВт.

$$P = 600 \text{ (кВт)};$$

$$U = 380 \text{ (В)};$$

$$I = 600000 / 1,73 \cdot 380 \cdot 0,96 = 950,72 \text{ (А)}.$$

Отже, у ТП встановлюємо вимикач на порядок вище для селективності, а значить це буде вимикач на 1250 А.

Потужність абонента ТОВ «Алмаз-В» складає 80 кВт.

$$P = 80 \text{ (кВт)};$$

$$U = 380 \text{ (В)};$$

$$I = 80000 / 1,73 * 380 * 0,96 = 126,76 \text{ (А)}.$$

Отже, у ТП встановлюємо вимикач на порядок вище для селективності, а значить це буде вимикач на 250 А.

2.8 Облік електроенергії

Систему обліку необхідно встановити у нововстановлених комірках 10 кВ у ЗРУ-10 кВ ПС «Промислова». Для обліку прийняті багатфункціональні лічильники із графіком навантажень і з системою автоматизованого комерційного обліку й дистанційного зчитування результатів вимірювання (АСКОЕ) АСЕ 6000 3х57,7/100 В трансформаторного включення по напрузі і струму.

2.9 Виконання траншеї

Передбачено прокладання двох КЛ-10 кВ від ЗРУ-10 кВ ПС 110/10 «Промислова» до ТП у траншеї під землею.

Траншея (500х900) передбачена для прокладання двох КЛ-10 кВ без покриттів і захистів на глибині 0,7 м від попередньо спланованої поверхні. Кабелі прокласти на відстані не менше 0,1 м один від одного і від стінок траншеї. У траншеї виконати підсипку на 0,1 м та зверху засипку на 0,1 м піщано-цементною сумішшю. Зверху покласти сигнальну стрічку з написом «Обережно, кабель вище 1 кВ!» шириною 30 см. Поверх сигнальної стрічки засипати шар просіяного ґрунту, що не містить каміння, будівельного сміття і шлаку.

2.10 Ізоляція, заземлення та грозозахист

Заземлюючий пристрій улаштовується із урахуванням наявності на території:

- електричних мереж до 1 кВ із глухозаземленою нейтраллю;
- електричних мереж до 1 кВ із ізольованою нейтраллю;
- електричних мереж понад 1 кВ із ізольованою нейтраллю.

Відповідно до вимог глави 1.7 ПУЕ:2017, заземлюючий пристрій електростанції виконується за вимогою до його опору для електроустановок напругою до 1 кВ в електричних мережах з глухозаземленою та ізольованою нейтраллю, до заземлюючих пристроїв яких ставляться більш жорсткі вимоги, ніж до заземлюючих пристроїв електричних мереж понад 1 кВ із ізольованою нейтраллю. Відповідно до п. 1.7.92 та 1.7.96 ПУЕ:2017 опір заземлюючого пристрою повинен складати не більше 4 Ом [5].

Для мереж до та вище 1 кВ із ізольованою нейтраллю приймається тип системи заземлення IT.

Для системи заземлення типу IT захист від непрямого дотику, у разі першого замикання на землю, здійснюється захисним заземленням в поєднанні з безперервним контролем стану ізоляції мережі з дією на сигнал. В разі подвійного замикання на землю захист від непрямого дотику здійснюється шляхом застосування автоматичного вимкнення живлення запобіжниками з часом не більше 0,1 с.

За результатами розрахунку виконаний штучний зовнішній заземлювач, який складається з: 10 шт. вертикальних стрижнів – оцинкований сталевий стрижень $\Phi 16$ мм та довжиною 3 м, 72,6м горизонтального заземлювача – смуга оцинкована сталь 40х4 мм. Глибина прокладання контуру заземлення складає 0,5-0,7 м. Траншея після укладання у ній смуги повинна бути заповнена однорідним ґрунтом, який не містить щебеню і будівельного

сміття. Засипка повинна проводитися пошарово з утрамбовкою ґрунту. В місцях введення заземлюючих провідників у приміщеннях трансформаторної підстанції повинні бути встановлені розпізнавальні знаки. Всі металеві кабельні лотки, кабеленесучі системи, жалюзійні решітки й інші металеві неструмоведучі елементи, що доступні доторканню, повинні бути приєднані до системи захисного заземлення.

До заземлюючого пристрою електростанції для захисту від непрямого дотику приєднати усі металеві корпуси електротехнічного обладнання і екрани кабельних ліній.

Для захисту електрообладнання і кабельної продукції від грозових перенапруг в РЩ - 0,4 кВ, а також для захисту КЛ-10 кВ встановити нелінійні обмежувачі перенапруги.

Обладнання, що встановлюється, прийняте із ізоляцією категорії "Б", ГОСТ 9920-89. Питома ефективна довжина шляху витоку зовнішньої ізоляції згідно з п.1.9.20 ПУЕ:2017 прийнята не меншою 2,5 см/кВ [5].

2.11 Власні потреби

Організацію живлення щита власних потреб (ЩВП) трансформаторної підстанції необхідно виконати від збірних шин 0,4 кВ.

Усі внутрішні мережі будівлі і установка ВРЩ власних потреб ТП виконуються заводом-виробником тй постачаються комплектно із будівлею.

Система заземлення мережі 380/220 В із заземленою нейтраллю – TN-C-S. Однофазні мережі виконуються 3-ох жильними кабелями (L, N, PE), трифазні мережі виконати 4-ох жильними кабелями (L1, L2, L3, N).

2.12 Вибір трансформаторів струму 10 кВ на ПС «Промислова»

У якості трансформаторів струму 10 кВ обрано ТС-10 кВ типу ТОЛУ-10 ввідної комірки з параметрами приведенимив табл. 2.10.

Таблиця 2.10 – Технічні характеристики ТС-10 кВ

Найменування параметра	Значення параметра
Номинальна робоча напруга [$U_{\text{ном.ТС}}$], кВ	10
Найбільша робоча напруга [$U_{\text{max ТС}}$], кВ	12
Номинальний первинний струм [$I_{1\text{ном}}$], А	100
Номинальний вторинний струм [$I_{2\text{ном}}$], А	5
Кількість вторинних обмоток:	
– для захисту	1
– для вимірювань	2
Струм термічної стійкості [$I_{\text{терм.ТС}}$], кА	9,7
Час протікання струму термічної стійкості, с	1
Струм динамічної стійкості [$I_{\text{дин.ТС}}$], кА	36
Номинальна гранична кратність вторинної обмотки, А	8
Номинальні вторинні навантаження, ВА:	
а) обмотки для вимірювань:	
– 0,5s	2,5
– 0,5	5
б) обмотки для захисту:	
– 10Р	10

Нижче наведено розрахунок первинної обмотки ТС-10кВ в ПС [1-3]:

По напрузі встановлення:

$$U_{\text{ном.м.}} \leq U_{\text{ном.ТС}}; \quad (2.42)$$

$$10(\text{кВ}) = 10(\text{кВ}).$$

По найбільшій робочій напрузі:

$$U_{\text{max м.}} \leq U_{\text{max ТС}}; \quad (2.43)$$

$$12(\text{кВ}) = 12(\text{кВ});$$

За максимальним робочим струмом:

$$I_{\text{ном.р.}} \geq I_{\text{max роб.}}, \quad (2.44)$$

де $I_{\text{max,роб.}}$ – максимальний струм в нормальному режимі роботи:

$$I_{\text{max,роб.}} = \frac{S_{\text{max}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot \cos \varphi}, \quad (2.45)$$

де S_{max} – номінальна потужність ввідної комірки ПС;

$U_{\text{ном}}$ – номінальна напруга обмотки ВН силового трансформатора ПС,
 $U_{\text{ном}} = 10 \text{ кВ}$.

$$I_{\text{max.роб.}} = \frac{1600}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 0,96} = 96,34 (\text{А}) - \text{ввідна комірка};$$

$$100 (\text{А}) > 96,34 (\text{А}).$$

По електродинамічній стійкості до струмів КЗ:

$$i_{\text{уд}} \leq I_{\text{дин.ТС}}; \quad (2.46)$$

де $i_{\text{уд}}$ – ударний струм КЗ;

$I_{\text{дин.ТС}}$ – електродинамічний струм, який може витримати трансформатор струму. Відповідно до каталожних даних для ТОЛУ-10 100/5 0,5с/10Р $I_{\text{дин.ТС}} = 36 \text{ кА}$.

Ударний струм КЗ визначається за виразом:

$$i_{\text{уд}} = \sqrt{2} \cdot I_{\text{п0}} \cdot \left(1 + e^{-\frac{0,01}{T_a}} \right), \quad (2.47)$$

де $I_{\text{п0}}$ – початкове значення періодичної складової струму КЗ, $I_{\text{п0}} = 1,53 \text{ кА}$;

T_a – постійна часу затухання аперіодичної складової струму КЗ для розрахункової точки, $T_a = 0,03 \text{ с}$.

$$i_{\text{уд}} = \sqrt{2} \cdot 1,53 \cdot \left(1 + e^{-\frac{0,01}{0,03}} \right) = 5,15 (\text{кА});$$

$$5,15 (\text{кА}) < 36 (\text{кА}).$$

За термічною стійкістю:

$$B_K \leq I_{\text{терм.в}}^2 \cdot t_{\text{терм.в}}; \quad (2.48)$$

де B_K – тепловий імпульс розрахункового струму КЗ, який визначається за виразом:

$$B_K = I_{\text{ПО}}^2 \cdot (t_{\text{відкл}} + T_a); \quad (2.49)$$

де $t_{\text{відкл.}}$ – сума часу дії РЗ та часу відключення вимикача. В якості тривалості дії РЗ при КЗ приймається уставка по часу захисту, яка становить 0.8 с. Повний час відключення вакуумного вимикача складає не більше 0,075 с. Тому $t_{\text{відкл.}}=0,875$ с;

$I_{\text{терм.в.}}$ – струм КЗ, який трансформатор струму може витримувати протягом часу 1с (струм термічної стійкості).

$t_{\text{терм.в.}}$ – час протікання струму КЗ.

$$B_k = 1,5^2 \cdot (0,875 + 0,01) = 1,97 (\text{кА}^2 \cdot \text{с}),$$

$$I_{\text{терм.в.}}^2 \cdot t_{\text{терм.в.}} = 9,7^2 \cdot 1 = 94,09 (\text{кА}^2 \cdot \text{с}),$$

$$1,97 \text{ кА}^2 \text{с} \leq 94,09 (\text{кА}^2 \text{с}).$$

За номінальною граничною кратністю:

$$k \cdot I_{\text{л.ном}} \geq 1,1 \cdot I_{\text{св}} \quad (2.50)$$

де k – номінальна гранична кратність вторинної обмотки захисту, $k=8$

$$8 \cdot 100 = 800 \geq 725$$

Відповідно до результатів перевірки проєктовані ТС-10 кВ задовольняють умови перевірки.

Узагальнені результати перевірки обраних ТС-10 кВ наведено в табл.2.11.

Таблиця 2.11 – Узагальнені результати перевірки ТС-10 кВ

Розрахункові параметри	Каталожні дані
$U_{\text{ном.м.}} = 10 \text{ кВ}$	$U_{\text{ном.ТС}} = 10 \text{ кВ}$
$U_{\text{мах м.}} = 12 \text{ кВ}$	$U_{\text{мах ТС}} = 12 \text{ кВ}$
$I_{\text{мах роб.}} = 96,34 \text{ А}$ - для ввідної комірки	$I_{\text{ном}} = 100 \text{ А}$ - для ввідної комірки
$i_{\text{уд}} = 5,15 \text{ кА}$	$I_{\text{дин.ТС}} = 36 \text{ кА}$ - для ввідної комірки
$B_k = 1,97 \text{ кА}^2 \text{с}$	$I_{\text{терм.р.}}^2 \cdot t_{\text{терм.р.}} = 94,09 \text{ кА}^2 \text{с}$

2.13 Перевірка існуючих трансформаторів струму на ПС «Промислова»

Згідно п. 1.1.1.8 ТУ перевірити існуючі трансформатори струму в комірках 10 кВ «В-10 кВ Т-1», «В-10 кВ Т-2» та «СВ-10 кВ» ПС «Промислова» відповідно дозволених до використання потужності і сумарної потужності субспоживачів: Т-1 9500+840 кВт, Т-2 9300+840 кВт.

Нижче наведено розрахунок первинної обмотки ТС-10кВ В-10, Т-1 в ПС [1-3]:

По напрузі встановлення:

$$U_{\text{ном.м.}} \leq U_{\text{ном.ТС}}; \quad (2.51)$$

$$10(\text{кВ}) = 10(\text{кВ}).$$

По найбільшій робочій напрузі:

$$U_{\text{max м.}} \leq U_{\text{max ТС.}}; \quad (2.52)$$

$$12(\text{кВ}) = 12(\text{кВ});$$

За максимальним робочим струмом:

$$I_{\text{ном.р.}} \geq I_{\text{max роб.}} \quad (2.53)$$

де $I_{\text{max.роб.}}$ – максимальний струм в нормальному режимі роботи:

$$I_{\text{max.роб.}} = \frac{S_{\text{max}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot \cos \varphi}, \quad (2.54)$$

де S_{max} – номінальна потужність ввідної комірки ПС;

$U_{\text{ном}}$ – номінальна напруга обмотки ВН силового трансформатора ПС,

$U_{\text{ном}} = 10 \text{ кВ}.$

$$I_{\text{max.роб.}} = \frac{10340}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 0,96} = 622,59(\text{А}) - \text{ввідна комірка};$$

$$1500(\text{А}) > 622,59(\text{А}).$$

Отже, згідно розрахунків існуючі трансформатори струму В-10 Т-1 ТОЛУ-10 класу точності 0,5S 1500/5 не потребують заміни.

Розрахунок ТС-10кВ В-10, Т-2 в ПС:

По напрузі встановлення:

$$U_{\text{ном.м.}} \leq U_{\text{ном.ТС}}; \quad (2.55)$$

$$10(\text{кВ}) = 10(\text{кВ}).$$

По найбільшій робочій напрузі:

$$U_{\text{мах м.}} \leq U_{\text{мах ТС.}}; \quad (2.56)$$

$$12(\text{кВ}) = 12(\text{кВ});$$

За максимальним робочим струмом:

$$I_{\text{ном.р.}} \geq I_{\text{мах роб.}}, \quad (2.57)$$

де $I_{\text{мах.роб.}}$ – максимальний струм в нормальному режимі роботи:

$$I_{\text{мах.роб.}} = \frac{S_{\text{мах}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot \cos \varphi}, \quad (2.58)$$

де $S_{\text{мах}}$ – номінальна потужність ввідної комірки ПС;

$U_{\text{ном}}$ – номінальна напруга обмотки ВН силового трансформатора ПС,

$U_{\text{ном}} = 10 \text{ кВ}.$

$$I_{\text{мах.роб.}} = \frac{10140}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 0,96} = 604,53(\text{А}) - \text{ввідна комірка};$$

$$1500(\text{А}) > 604,53(\text{А}).$$

Отже, згідно розрахунків існуючі трансформатори струму В-10 Т-2 ТОЛУ-10 класу точності 0,5S 1500/5 не потребують заміни.

Розрахунок ТС-10кВ СВ-10 в ПС:

По напрузі встановлення:

$$U_{\text{ном.м.}} \leq U_{\text{ном.ТС}}; \quad (2.59)$$

$$10(\text{кВ}) = 10(\text{кВ}).$$

По найбільшій робочій напрузі:

$$U_{\text{мах м.}} \leq U_{\text{мах ТС.}}; \quad (2.60)$$

$$12(\text{кВ}) = 12(\text{кВ});$$

За максимальним робочим струмом:

$$I_{\text{ном.р.}} \geq I_{\text{max.роб.}} \quad (2.61)$$

де $I_{\text{max.роб.}}$ – максимальний струм в нормальному режимі роботи:

$$I_{\text{max.роб.}} = \frac{S_{\text{max}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot \cos \varphi}, \quad (2.62)$$

де S_{max} – номінальна потужність ввідної комірки ПС;

$U_{\text{ном}}$ – номінальна напруга обмотки ВН силового трансформатора ПС,

$U_{\text{ном}} = 10 \text{ кВ}$.

$$I_{\text{max.роб.}} = \frac{10340}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 0,96} = 622,59 (\text{А}) - \text{секційна комірка};$$

$$1000 \text{ А} > 622,59 (\text{А}).$$

Отже, згідно розрахунків існуючі трансформатори струму СВ-10 ТВЛМ-10 класу точності 0,5S 1000/5 не потребують заміни.

2.14 Висновок до розділу 2

Відповідно до вихідних умов у даному розділі МКР розроблені наступні проектні рішення:

- встановлення в ЗРУ-10 кВ ПС 110/10 кВ «Промислова» лінійних комірок з вакуумними вимикачами;
- будівництво двох кабельних ліній 10 кВ W1.1 та W1.2 в траншеї під землею від нововстановлених комірок в ЗРУ-10 кВ ПС «Промислова» до проектуємої ТП-10/0,4 кВ;
- встановлення двотрансформаторної ТП-10/0,4 кВ закритого типу;
- улаштування заземлення та захисту від грозових перенапруг.

Розроблена система електропостачання інноваційно-технологічного парку за рахунок прийнятих оптимальних рішень стала більш енергоефективною й це дозволить суттєво покращити технічні та економічні характеристики функціонування СЕП технопарку.

3 СИСТЕМА НАКОПИЧЕННЯ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ ТЕХНОПАРКУ

3.1 Системи накопичення енергії

Повномасштабне вторгнення в Україну створило нові виклики й активізувало вкрай актуальні процеси розвитку систем накопичення енергії.

Президент України Володимир Зеленський підписав Закон про використання в Україні накопичувачів енергії, що збалансують роботу енергосистеми й підвищують стабільність електропостачання для споживачів.

15 лютого 2022 року Верховна Рада прийняла в другому читанні й у цілому Закон «Про внесення змін до деяких законів України щодо розвитку установок зберігання енергії». Цей закон став базовим для подальшого руху і створив законодавче підґрунтя для розвитку технологій систем накопичення енергії – «energy storage facilities» в нашій країні.

Загалом, системою накопичення енергії називається певний перелік обладнання, що призначене для зберігання електроенергії. Накопичена енергія може використовуватися, наприклад, в разі відсутності напруги у централізованій мережі.

Закон впроваджує нові терміни: система накопичення енергії, оператор системи накопичення енергії; повністю інтегровані елементи мережі.

Законом передбачається:

- ліцензування діяльності з зберігання енергії;

Виробники електроенергії за «зеленим» тарифом зможуть без отримання ліцензії на зберігання енергії зберігати енергію й відпускати її в мережу, якщо є окремий відповідний лічильник і електроенергія є виробленою власними електроустановками. У іншому випадку, потрібно буде отримати ліцензію.

- регламентування нового виду діяльності на ринку електричної енергії – тобто діяльності зі зберігання електричної енергії. Тут під діяльністю зі

зберігання енергії розуміється діяльність із відбору електричної енергії з метою відкладення її кінцевого використання на момент пізніший, ніж коли вона була вироблена, її перетворення у інший вид енергії, у якому вона може зберігатися, зберігання й подальшого перетворення такої енергії у електричну енергію із метою її відпуску у систему передачі, систему розподілу, мережу електростанції чи мережу споживача.

- Визначення статусу установок зберігання енергії в енергосистемі й поняття оператора УЗЕ.

- Визначення права оператора системи передачі й операторів системи розподілу на володіння, управління і експлуатацію установок зберігання енергії.

У цілому, закон направлений на стимулювання учасників ринку електричної енергії запроваджувати й розвивати технології зберігання енергії, що особливо актуально враховуючи зростання потужностей «зеленої» енергетики, що привело до суттєвого розбалансування енергосистеми.

Системи накопичення енергії можуть оптимізувати виробництво електроенергії й забезпечувати додаткові потужності для балансування енергосистеми, гарантуючи її гнучкість, тобто вирівнювати графік навантаження на генерацію й іншу електроенергетичну інфраструктуру.

Для споживачів системи накопичення енергії забезпечать миттєве регулювання частоти в мережі і сприятимуть покращенню якості електропостачання.

Отже, система накопичення енергії – це електроустановка, що приєднана до ОЕС України, яка включає як мінімум один накопичувач електричної енергії із урахуванням інженерних споруд, обладнання перетворення енергії й пов'язане із ними допоміжне обладнання, що отримує електричну енергію з ОЕС України чи із власних електроустановок, що призначені для виробництва електричної енергії, зберігає цю енергію у будь-якій формі й

відпускає електричну енергію у ОЕС України або використовує для власних потреб.

На сьогоднішній день існує велика кількість систем накопичення енергії (СНЕ чи ESS, Energy Storage System), починаючи від простих батарейок й повербанків і закінчуючи зарядними станціями й потужними акумуляторними батареями. Усі вони призначені для живлення різних споживачів, але в основному, побутових приладів. Особливо корисні такі системи, якщо вони підключені до сонячних станцій. СНЕ також буде незамінною на об'єктах, що взагалі не підключені до централізованої мережі електропостачання. В цьому випадку потреби такого об'єкта може покрити потужна сонячна електростанція.

Сучасні накопичувачі електричної енергії можуть вирішувати різні завдання. Основні напрямки застосування СНЕ:

- влаштування резервного джерела живлення на випадок відключення основного;
- поєднання із сонячними електростанціями, щоб збалансувати генерацію та споживання енергії.

3.2 Особливості систем накопичення енергії

Одним із найпоширеніших сьогодні варіантів альтернативної енергії є сонячна електростанція. Вони безпечні і стабільні, однак не завжди генерують достатню кількість електроенергії. Вночі немає сонця і станції не виробляють енергію, а у денний час електроенергії може бути в надлишку. Саме для таких випадків і потрібні СНЕ, бо це оптимальне рішення для автономної енергосистеми. СНЕ накопичують достатню кількість електроенергії, що може бути використана у той час, коли сонячні станції не генерують електроенергію.

До комплексних СНЕ можуть входити такі елементи:

– Джерело живлення: централізована мережа, джерела відновлюваної енергії (сонячні панелі, вітряки і т.д.). Чим потужніше буде таке обладнання, тим швидше заряджатимуться акумуляторні батареї.

– Мережевий інвертор: пристрій, що призначений для перетворення постійного струму на змінний. Він відповідає за контроль заряду і забезпечує керування всією СНЕ. До інвертора підключається вся електрична система об'єкта (технопарку).

– Акумуляторні батареї (АКБ): пристрої, що призначені для накопичення і зберігання енергії. Можуть сильно відрізнятися за ємністю, типом та функціональними можливостями.

Існують різні типи АКБ, кожен із яких має свої особливості і переваги. Одними із найбільш поширених й безпечних є LiFePO_4 – літій-залізо-фосфатні батареї, що призначені для накопичення і зберігання електроенергії тоді, коли є її надлишок, згенерований, наприклад, сонячними станціями, та подальшого використання. АКБ такого типу витримує близько 6000 циклів заряду-розряду до падіння ємності на 20%. Це найкращий показник для АКБ цього типу. У СНЕ також можуть застосовуватись батареї інших типів: гелеві, свинцево-кислотні (AGM) та літій-іонні (Li-ion).

На сьогоднішній день вартість систем зберігання енергії знизилася і вони стали доступнішими. В поєднанні зі сонячними панелями такі СНЕ дозволяють заощадити у довгостроковій перспективі.

Зберегти кошти можна навіть без сонячної електростанції. Використання СНЕ з двозонним лічильником дозволяє економити завдяки нижчому нічному тарифу. Однак у першу чергу така система – це резервне джерело живлення та достатній рівень незалежності від негативних зовнішніх факторів.

Фактори, що впливають на вибір СНЕ для конкретного застосування:

- потрібно врахувати потреби у енергії об'єкта: як часто й скільки енергії використовується;

- потрібно розглянути наявність джерел відновлюваної енергії (сонячні панелі, вітряки) і їх потенціал;
- потрібно врахувати особливості і тривалість експлуатації системи;
- потрібно врахувати, при розрахунку необхідної ємності СНЕ, середнє щоденне споживання енергії, пікові навантаження і періоди, протягом яких система повинна забезпечувати енергію без підзарядки;
- потрібно врахувати, що акумулятори системи не будуть розряджатись до 0% (отже, електроніка забезпечує більший ресурс експлуатації), тоді ємність потрібно брати із запасом 10-15%.

Вимоги до безпеки при експлуатації СНЕ включають встановлення й обслуговування обладнання відповідно до специфікацій виробника. Системи повинні бути захищені від перевантаження й короткого замикання. Необхідно регулярно перевіряти стан батарей чи інших елементів накопичення енергії і забезпечувати належну вентиляцію для запобігання перегріву. Потрібно дотримуватись відповідних вимог з пожежної безпеки.

Сучасні СНЕ інтегровані з електромережею. Так, гібридний інвертор здатний використовувати енергію як від акумулятора, так і від мережі чи альтернативних джерел. Система налаштовується так, аби потреби об'єкта були забезпечені з максимальною економічною вигодою.

Від систем накопичення електроенергії у комбінації із альтернативними джерелами енергії можна отримувати безпосередню фінансову вигоду в наслідок «Зеленого тарифу», тобто продажу згенерованої у мережу енергії. Та й навіть без підключення до «Зеленого тарифу» безперебійність живлення, що забезпечується СНЕ, є безумовною вигодою використання таких систем.

СНЕ ідеально підходять для резервного живлення й аварійного енергопостачання. Ці системи можуть автоматично включатися при відключенні від мережі, забезпечуючи неперервне енергопостачання важливих систем, а саме опалення, освітлення, охолодження, телекомунікаційне обладнання. Залежно від розміру СНЕ й обсягу

накопичення, вони можуть забезпечувати енергію від декількох годин до декількох днів. Це може бути незамінним у випадках довготривалих перебоїв у постачанні енергії чи у регіонах із нестабільною електромережею.

СНЕ можуть бути інтегровані із системами «розумного будинку», аби забезпечити ефективне використання й управління енергоресурсами. Системи «розумного будинку» можуть живитись від СНЕ і надавати можливість контролювати критичні системи у разі відсутності світла, а саме:

- контроль доступу до приміщень;
- контроль протікання та перекриття водопостачання
- газове опалення;
- різноманітні датчики (температури, вологості, якості повітря).

Встановлення і монтаж СНЕ вимагають професійних знань й навичок:

- обладнання повинно бути встановлене у безпечному місці, зазвичай в відповідно обладнаному технічному приміщенні, а для деяких типів батарей потрібне охолодження чи вентиляція;

- СНЕ має бути вірно інтегрована із електричною системою та із джерелами відновлюваної енергії (сонячні панелі);

- необхідно забезпечити правильне електричне з'єднання і захист від перевантаження чи короткого замикання, потрібно враховувати будівельні та електротехнічні нормативи;

- потрібно здійснювати регулярне обслуговування й моніторинг системи, щоб забезпечити її довговічність і ефективність.

Отже, переваги використання СНЕ для безперебійного живлення окремо, чи разом із сонячними електростанціями:

- наявність енергії під час перебоїв у електропостачанні;
- економія грошей за рахунок накопичення енергії за нічними тарифами;
- забезпечення відповідності генерації енергії до попиту на неї;
- додаткова потужність у власній енергомережі в випадку необхідності.

3.3 Системи накопичення енергії: промислові і побутові

На ринку досить багато топових компаній, що виготовляють СНЕ.

Виробники промислових систем:

- Tesla. Tesla Powerpack – це провідний продукт для зберігання енергії у промислових масштабах. Найбільший літій-іонний акумулятор ємністю 129 МВт·год й потужністю 100 МВт.
- SolarEdge. Продукт компанії StorEDGE забезпечує резервне живлення і обмежує експорт сонячної енергії, тим самим заощаджуючи гроші клієнтів. Компанія постачає інвертори і інші компоненти як для побутових, так і промислових інсталяторів.
- SunPower. Торгова марка Helix – проектує, встановлює і експлуатує акумуляторні системи із власним програмним забезпеченням для моніторингу й оптимізації генерації сонячної енергії.

Виробники побутових систем:

- Tesla. Tesla Powerwall – найвідоміший акумулятор призначений для побутових сонячних електростанцій. Powerwall поєднує у собі інвертор з акумулятором 13,5 кВт·год й може підключатися до сонячних батарей, а також і до автомобілів Tesla, заряджати й забезпечувати резервне живлення будинку.
- Vivint Solar в співпраці із Mercedes-Benz розробляє системи накопичення енергії потужністю 2,5 кВт·год, що можна поєднувати в блок потужністю до 20 кВт·год. Ця побутова акумуляторна система конкурує із Tesla – по вартості й ефективності. Побутові споживачі можуть використовувати батареї для зберігання надлишкової сонячної енергії, яка виробляється протягом дня, а далі користуватися нею у періоди пікового споживання енергії (ввечері й вночі), коли тарифи на електроенергію вище.
- LG Chem. LG Electronics, одна із провідних світових компаній із виробництва акумуляторів, пропонує серію систем зберігання енергії LG

(ESS), що складається із двох високовольтних (RESU7H і RESU10H) та трьох низьковольтних акумуляторних систем (RESU3.3, RESU6.5 і RESU10). Високовольтні моделі також надають різні інвертори, що дозволяють споживачам перетворювати постійний струм, отриманий від сонячних батарей, у придатний для використання змінний.

- Eos Energy Storage. Продукт компанії Eos Aurora – не дорога акумуляторна батарея постійного струму, що спеціально розроблена для накопичення енергії у мережі. Система розрахована на чотири години безперервної розрядки і її можна масштабувати й налаштовувати для зниження витрат на комунальні послуги.

- Sonnen Batterie есо використовує технологію літій-залізо-фосфатної батареї (LiFePO₄), розробленої у Німеччині. Система накопичення енергії складається з батарейних модулів, інвертора, диспетчера енергії, технології вимірювання потужності й програмного забезпечення. СНЕ оснащена системою виявлення живлення, що у режимі реального часу буде знаходити перебої і автоматично перемикатися на живлення від батарей.

- Nissan пропонує акумуляторні батареї під назвою xStorage, що утримують 4,2 кВт·год енергії. Здатність xStorage контролювати, коли брати енергію із мережі, й скорочувати пік споживання, допомагає споживачам знизити свої витрати на електроенергію.

- Sunverge. Акумулятори Sunverge One та Infinity забезпечують накопичення енергії від 7,7 кВт·год до 19,4 кВт·год. Є відповідний додаток для смартфона, саме тому споживачі у будь-який час можуть відстежити, скільки відсотків сонячної енергії накопичено.

- Redflow виготовляє цинк-бромні акумулятори Redflow ZBM2 і ZCell. Завдяки системі зберігання із технологією plug-and-play й можливості самостійного управління, захисту і моніторингу у режимі 24/7, ці батареї можуть переносити енергію в великих об'ємах.

– Siemens. Торгова марка Siestorage – для контейнерного зберігання енергії. Siemens представив також Junelight Smart Battery – побутові системи зберігання енергії на основі літій-іонних акумуляторів. Через мобільний додаток доступний моніторинг у режимі реального часу, систему можна налаштувати на потужність до 19,8 кВт·год, якщо об'єднати шість модульних блоків по 3,3 кВт·год.

– Panasonic. Корпорації Toyota Motor та Panasonic оголосили про створення спільного підприємства із виробництва призматичних літій-іонних акумуляторів, батарей з твердим електролітом та акумуляторів нового покоління для електромобілів.

3.4 Пропозиції по впровадженню системи накопичення електричної енергії у технопарку

Системи накопичення електричної енергії є важливими елементами сучасної енергетичної інфраструктури. Саме СНЕ забезпечують стабільність та надійність постачання електроенергії. СНЕ дозволяє ефективно використовувати енергію із відновлюваних джерел енергії, таких як сонячні і вітрові електростанції, при цьому знижуючи витрати на електроенергію й мінімізуючи її втрати у години надлишкової генерації. СНЕ сприяють розвитку енергетичної автономії для підприємств й домогосподарств, при цьому роблячи їх незалежними від дефіциту потужності у центральній енергомережі.

СНЕ – промислова електроустановка, що включає акумуляторні батареї й обладнання перетворення енергії, здатна забезпечувати великі об'єкти електричною енергією у режимі енергетичної автономії. Саме СНЕ пропонується встановити у інноваційно-технологічного парку «Кристал».

Сьогодні поширені індивідуальні СНЕ потужністю до 2 МВт і ємністю до 10 МВт, що здатні забезпечити електроживлення великих промислових чи комерційних об'єктів протягом кількох годин. СНЕ може бути напряму

інтегрована із сонячною чи вітровою електростанцією, що значно підвищує її екологічність й термін окупності.

У інноваційно-технологічного парку «Кристал» можна встановити комерційну чи промислову систему накопичення енергії в залежності від фінансових можливостей.

Комерційні системи накопичення енергії. Базові моделі:

- SmartESS Series – 60 кВт·год інвертор, 100 кВт·год ємність;
- SmartESS Series – 60 кВт·год інвертор, 200 кВт·год ємність;
- SmartESS Series – 150 кВт·год інвертор, 300 кВт·год ємність;

Переваги комерційних систем накопичення енергії:

- універсальні СНЕ для малих та середніх комерційних споживачів;
- тривалий термін служби із більш ніж 10000 циклів та 15 років роботи;
- деградація батарей на рівні до 12% за 10 років роботи згідно стандарту;
- попередньо скомпоновані і повністю інтегровані;
- модульна конструкція системи легко розширюється до 10 одиниць одночасно;

- IP54 стандарт із пожежогасінням та системою HVAC;
- максимальна безпека із елементами літієвої батареї першого рівня;
- широкий діапазон напруги постійного струму батареї.

Промислові системи накопичення енергії. Базові моделі:

- SmartESS Series – 500 кВт·год інвертор, 1000 кВт·год ємність;
- SmartESS Series – 1000 кВт·год інвертор, 2000 кВт·год ємність;

Переваги промислових систем накопичення енергії:

- потужні СНЕ для середніх і великих комерційних споживачів;
- тривалий термін служби з більш ніж 10000 циклів і 15 років роботи;
- деградація батарей на рівні до 12% за 10 років роботи згідно стандарту;
- широкий діапазон напруги постійного струму батареї;
- IP54 стандарт з пожежогасінням і системою HVAC;

- передова система рідкого охолодження, що значно збільшує ємність системи;
- максимальна безпека з елементами літєвої батареї першого рівня.

Враховуючи потужність, що споживається технопарком, для забезпечення потреби в 50% енергії та для швидкої окупності, потужність встановлювальної сонячної станції буде 500 кВт.

Просумувавши вартість всіх елементів (табл. 3.1) та додавши до них 20% від загальної вартості отримаємо статочне капіталовкладення:

$$K_{\Sigma} = C_{\Sigma} \cdot 1,2 = 131160 \cdot 1,2 = 157400 (\$);$$

Окупність складатиме:

$$R = K_{\Sigma} / (W_{\Sigma} \cdot C) = 157400 / 4080 \cdot 6,82 = 5,5 (\text{роки}),$$

де W_{Σ} – річна генерація (4080 кВт·год);

C – тариф на зелену енергію станом на 2024 р.

Таблиця 3.1 – Вартість основних складових СЕС

Обладнання	Ціна, \$	Кількість	Сума, \$
Сонячні модулі SunPower 475 W c	200	123	24 600
Промисловий інвертор (шт.)	13 000	1	13 000
Металоконструкції (комп.)	18 500	1	18 500
Система АСКОЕ (модеми, лічильники, електрооб'єкти) (комп.)	1500	1	1500
Комутаційно-розподільча продукція (комп.)	15 000		15 000
Силовий трансформатор (шт.)	9 600	1	9 600
Акумуляторні батареї (шт.)	96	510	48 960
Всього			131 160

3.5 Висновок до розділу 3

Отже, завдяки системі накопичення електричної енергії, яку можна встановити у інноваційно-технологічного парку «Кристал», технопарк зможе бути забезпечений безперебійним електропостачанням навіть в разі збоїв у центральній мережі. Переключення живлення від мережі на СНЕ

відбувається майже миттєво, що позитивно впливає на обладнання технопарку при частих чи раптових відключеннях електроенергії. Окрім цього, систем накопичення електроенергії у поєднанні із альтернативними джерелами енергії (наприклад встановивши на даху технопарку сонячну станцію) можна отримувати безпосередню фінансову вигоду в наслідок «зеленого тарифу», тобто продажу згенерованої у мережу енергії.

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

4.1 Техніко-економічне обґрунтування роботи

Суть техніко-економічного обґрунтування роботи полягає у проведенні попередніх техніко економічних розрахунків, які підтверджуються доцільність капіталовкладень в даний енергетичний об'єкт [6].

Доцільність реалізації проекту обґрунтовується:

- задоволення потреб суспільства продукцією підприємства;
- створення нових робочих місць та працевлаштуванням населення;
- надання необхідних послуг;
- прибутковістю;
- окупністю капіталовкладень, і т.д.

Вихідні дані для розрахунку:

- виручка $V = 150$ (млн. грн./рік);
- середньооблікова чисельність персоналу $Ч = 100$;
- середньорічний фонд заробітної плати одного працівника разом з нарахуванням на соціальні потреби $З_{ПІ}$, грн./рік;
- питома заробітна плата в собівартості продукції $d = 12\%$;
- первісна або балансова вартість основних фондів $\Phi = 275$ млн грн;
- нормований коефіцієнт ефективності капіталовкладень: $E_H = 0,1$;
- нормований термін окупності, років: $T_{ок} = 10$.
- середньомісячна зарплата одного працівника $З = 8000$ грн./міс.

Середньорічний фонд заробітної плати одного працівника:

$$З_{ПІ} = 3 \cdot 12 \cdot 10^{-6} = 8000 \cdot 12 \cdot 10^{-6} = 0,096 \text{ (млн грн/рік)}, \quad (4.1)$$

Повна собівартість продукції:

$$C = \frac{1,38 \cdot Ч \cdot З_{ПІ}}{d} = \frac{1,38 \cdot 100 \cdot 0,096}{0,12} = 110,4 \text{ (млн грн/рік)}, \quad (4.2)$$

Балансовий прибуток:

$$\Pi = B - C = 150 - 110,4 = 39,6 \text{ (млн грн/рік)}, \quad (4.3)$$

Визначаємо термін окупності даного підприємства:

$$T_{\text{ор}} = \frac{\Phi}{\Pi} = \frac{275}{39,6} = 6,95 \text{ (років)}, \quad (4.4)$$

$$T_{\text{ор}} = 6,95 < T_{\text{ок}} = 10 \text{ (років)}.$$

Даний термін не перевищує нормативний, отже розрахунок системи електропостачання є прибутковим.

Відповідно до схеми електричної мережі підприємства та вихідних даних у табл. 4.1, 4.2, необхідно виконати такі розрахунки:

1. Розрахувати величину капітальних вкладень в трансформаторні підстанції, кабельні лінії та високовольтні вимикачі.

2. Розрахувати оплату за спожиту електроенергію.

3. Розрахувати величину складових експлуатаційних витрат:

- витрат в мережах підприємства;
- витрат на заробітну плату;
- витрат на матеріали;
- амортизаційних витрат.

4. Розрахувати собівартість електроенергії на підприємстві.

Таблиця 4.1 – Характеристики трансформаторних підстанцій

Підстанція	Тип трансформатора	Кількість трансформаторів	Факт. потужність підстанції, кВА
ТП	ТМГ-1600	2	875

Таблиця 4.2 – Відомості про кабельні лінії

Найменування ліній	Довжина лінії від ТП до ГПП, м	Марка кабелю	К-сть
ПС "Промислова" Проектована комірка №1 - РУ-10кВ ТП 10/04 кВ	1,243	АПвЭгаПу-20 1*120 мм ²	3
ПС "Промислова" Проектована комірка №1 - РУ-10кВ ТП 10/04 кВ	1,206	АПвЭгаПу-20 1*120 мм ²	3

Рекомендації до виконання:

1. Оплату за спожиту електроенергію розраховують по тарифам:
5,5 грн/кВт·год
2. Прийняти норму амортизації – 6%,
3. Нарахування:
 - в пенсійний фонд – 33,3%,
 - у фонд зайнятості – 1,5%,
 - на соціальне страхування – 1,5%.

4.2 Розрахунок капіталовкладень в систему електропостачання

Розрахунок капіталовкладень в лінії електропередач виконуємо за вартістю кабелів та вартістю їх прокладання [6].

Капітальні вкладення для ліній електропередач:

$$K_{\text{л}} = (K_{\text{пит}} \cdot n + K_{\text{прок}}) \cdot L, \quad (4.5)$$

де $K_{\text{пит}}$ – питома вартість на 1 км лінії, тис. грн./км;

$K_{\text{прок}}$ – питома вартість прокладання, тис. грн./км;

L – довжина лінії електропередачі, км.

n – кількість кабелів в траншеї, шт.

Результати розрахунків заносимо в табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Розрахунок капіталовкладень для ліній електропередач

Назва лінії	Марка кабелю	Кількість	Довжина, км	$K_{\text{пит}}$, тис.грн	$K_{\text{прок}}$, тис.грн	$K_{\text{л}}$, тис.грн
ПС "Промислова" Проектована комірка №1 - РУ-10кВ ТП 10/04 кВ	АПвЭгаПу-20 1*120 мм ²	3	1,243	700	15	2628,945
ПС "Промислова" Проектована комірка №1 - РУ-10кВ ТП 10/04 кВ	АПвЭгаПу-20 1*120 мм ²	3	1,206	700	15	2550,69
Разом						5179,635

Капітальні вкладення для електричних підстанцій [6]:

$$K_{\text{пс}} = \sum_{i=1}^l K_{\text{псі}} + K_{\text{пост}}, \quad (4.6)$$

де $K_{\text{псі}}$ – вартість однієї трансформаторної підстанції, тис. грн.;

$K_{\text{пост}}$ – постійні витрати, що практично не залежать від потужності підстанції і пов’язані з устроєм території, зі створенням майстерень, лабораторій і диспетчерських пунктів, з будівництвом житла тощо, тис. грн. Постійні витрати прийняти у розмірі 20 % від повної вартості всіх підстанцій.

Результати розрахунків заносимо в табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Розрахунок капіталовкладень для електричних підстанцій

№	Тип т-ра	Кількість	Код, тис.грн	Кпост, тис.грн	Кпс, тис.грн
КТП-1	ТМГ-1600	2	900	180	1080

Розрахуємо сумарну вартість вимикачів та роз’єднувачів. Відповідно до схеми електропостачання кількість вимикачів 10 кВ – 2 шт., кількість роз’єднувачів – 6 шт.

Сумарна вартість вимикачів:

$$K_{\text{в}} = 2 \cdot 680 + 6 \cdot 6 = 1396 \text{ (тис. грн.)}. \quad (4.7)$$

Вартість підстанцій з вимикачами:

$$K_{\text{пс}} = 1080 + 1396 = 2476 \text{ (тис. грн.)}. \quad (4.8)$$

Відповідно сумарна величина капітальних вкладень в систему електропостачання підприємства.

$$K = 5179,635 + 2476 = 7655,635 \text{ (тис. грн.)}. \quad (4.9)$$

4.3 Розрахунок поточних витрат

4.3.1 Розрахунок потреби в робочій силі

Планова трудомісткість визначається, люд.-год./рік:

$$T = \Pi \cdot t_{\text{норм}} \cdot h, \quad (4.10)$$

де Π – кількість ремонтів даного виду за рік, на одиницю обладнання;

$t_{\text{норм}}$ – норма трудомісткості поточного ремонту або огляду, люд.-год. [6];

h – кількість обладнання певного діапазону потужності, що належить до цього виду ремонтних робіт.

Проводимо розрахунки трудомісткості ремонту електрообладнання та заносимо їх результати до табл.4.6.

Планова трудомісткість технічного обслуговування кожної групи енергетичного устаткування і мереж складає, люд.-год./рік:

$$T_{\text{то}} = 12 \cdot t_{\text{пр}} \cdot K_{\text{ср}} \cdot K_{\text{зм}} \cdot h, \quad (4.11)$$

де 12 – кількість місяців у році;

$t_{\text{пр}}$ – планова (таблична) трудомісткість поточного ремонту одиниці устаткування люд.-год [6];

$K_{\text{ср}}$ – коефіцієнт складності ремонту, який показує частку трудомісткості поточного ремонту, необхідну для технічного обслуговування енергетичного обладнання і мереж на кожен місяць планованого року, 1/міс, $K_{\text{ср}} = 0,1$.

h – кількість обладнання в групі.

Проводимо розрахунки трудомісткості технічного обслуговування електрообладнання та заносимо їх результати до табл. 4.5.

Таблиця 4.5 – Трудомісткість поточного ремонту та огляду

Обладнання	К-ть	Поточний ремонт			Огляд		
		К-сть на одиницю облад. рем/рік	Норма трудомісткості люд.год.	Заг. трудомісткість люд.год.	К-сть на одиницю облад. огл/рік	Норма трудомісткості люд.год.	Заг. трудомісткість люд.год.
Роз'єднувач 10 кВ	6	1	12	72	12	2	144
Вимикач 10 кВ	2	1	16	32	12	1	24
ТМГ-1600	2	0,33	300	198	12	20	480
АПВЭгаПу-20 1*120 мм ²	7,347	1	54	396,73	1	13,5	99,18
Разом				698,73			747,18

Таблиця 4.6 – Трудомісткість технічного обслуговування і загальна трудомісткість

Обладнання	К-ть	Технічне обслуговування				Загальна трудомісткість обслуговування люд.год.
		Змінність роботи	Коеф. складності	К-ть місяців	Загал. трудомісткість люд.год.	
Роз'єднувач 10 кВ	6	2	0,1	12	172,8	316,8
Вимикач 10 кВ	2	2	0,1	12	76,8	100,8
ТМГ-1600	2	2	0,1	12	1440	1920
АПВЭгаПу-20 1*120 мм ²	7,347	2	0,1	12	952,1712	1051,35
Разом					2641,7712	3388,95

Відповідно знаходимо кількість експлуатаційних робітників, чол.:

$$H_{\text{обс}} = \frac{3388,95}{1900 \cdot 1,05} = 1,69, \quad (4.12)$$

та персоналу для ремонтних робіт, чол.:

$$H_{\text{тр}} = \frac{698,73}{1900 \cdot 1,1} = 0,33. \quad (4.13)$$

Приймаємо за нормами ПУЕ [5] $H_{\text{тр}} = 2$ чол., $H_{\text{обс}} = 2$ чол

4.3.2 Розрахунок витрат по заробітній платі

Фонд прямої заробітної плати:

а) для робітників, зайнятих на роботах по експлуатації й обслуговуванню енергообладнання і мереж, розраховується за формулою, грн./рік:

$$\Phi_e = H_{\text{обс}} \cdot \beta_n \cdot t_{\text{ге}} \cdot \Phi_d, \quad (4.14)$$

Годинну тарифну ставку рекомендується розраховувати за формулою:

$$t_{\text{ге}} = ((K3 + K4)/2) \cdot C_I, \quad (4.15)$$

де K3, K4 – тарифні коефіцієнти III та IV розрядів, відповідно, [6];

C_I – годинна тарифна ставка, що відповідає I розряду, визначається за формулою:

$$C_i = \frac{3_{\min} \cdot k_{r,i}}{\Phi_H}, \quad (4.16)$$

$$C_I = 8000 \cdot 1/176 = 45,45 \text{ (грн./год.)}.$$

Тоді годинна тарифна ставка 3,5 розряду становитиме:

$$t_{\text{ге}} = ((1,18 + 1,27)/2) \cdot 45,45 = 55,68 \text{ (грн./год.)}, \quad (4.17)$$

Заробітна плата робітників-погодинників:

$$\Phi_e = 2 \cdot 0,9 \cdot 55,68 \cdot 1900 = 190431,818 \text{ (грн./рік)}, \quad (4.18)$$

б) для робітників, які виконують поточний ремонт енергоустаткування, фонд прямої заробітної плати розраховується за формулою, грн./рік:

$$\Phi_p = T_{\text{пр}} \cdot t_{\text{гр}}, \quad (4.19)$$

$$t_{\text{гр}} = ((K4 + K5)/2) \cdot C_I, \quad (4.20)$$

де K4, K5 – тарифні коефіцієнти IV та V розрядів, відповідно, [6].

Розраховуємо годинну тарифну ставку 4,5 розряду:

$$t_{\text{гр}} = ((1,27 + 1,36)/2) \cdot 45,45 = 59,77 \text{ (грн./год.)},$$

$$\Phi_p = 698,73 \cdot 59,77 = 41765,47 \text{ (грн./рік)}.$$

Фонд основної заробітної плати, грн./рік:

$$\Phi_o = \Phi(1+0.05+0.01+\alpha), \text{ (грн./рік)}, \quad (4.21)$$

де Φ – тарифний фонд Φ_e експлуатаційних робітників або фонд прямої заробітної плати Φ_p ремонтного персоналу, грн./рік;

0,01 - частка доплат за роботу у святкові дні;

0,05 - частка доплат за роботу в нічний час;

α – частка преміальних доплат для відповідної категорії робітників.

Величина основної заробітної плати для експлуатаційних робітників:

$$\Phi_{oe} = 190431,818 \cdot (1+0,05+0,01+0,2) = 239944,09 \text{ (грн./рік)}, \quad (4.22)$$

і для ремонтних:

$$\Phi_{op} = 41765,47 \cdot (1+0,05+0,01+0,25) = 54712,77 \text{ (грн./рік)}. \quad (4.23)$$

Величина додаткової заробітної плати визначається в розмірі 15% від фонду основної заробітної плати. Тому сумарна величина фонду з врахуванням додаткової заробітної плати складе, грн./рік:

$$\Phi_{од} = \Phi_o \cdot 1,15, \quad (4.24)$$

$$\Phi_{оед} = 239944,09 \cdot 1,15 = 275935,7 \text{ (грн./рік)},$$

$$\Phi_{орд} = 54712,77 \cdot 1,15 = 62919,69 \text{ (грн./рік)}.$$

З метою утворення фонду соціального страхування здійснюються нарахування на заробітну плату. З цього фонду кошти витрачаються на виплату по тимчасовій втраті працездатності, оплату відпусток по вагітності, санаторно-курортні лікування й організацію відпочинку працівників, оздоровчі заходи для дітей працівників та інше.

Крім того, на заробітну плату здійснюються нарахування в пенсійний фонд та фонд зайнятості. Отже, витрати по заробітній платі ($C_{зп}$) розраховуються так, грн./рік:

$$C_{зп} = \Phi_{об} \cdot \left(1 + \frac{\beta_{п} + \beta_{з} + \beta_{с}}{100} \right), \quad (4.25)$$

де $\beta_{п}$ - нарахування в пенсійний фонд, $\beta_{п} = 33\%$;

$\beta_{з}$ - нарахування у фонд зайнятості, $\beta_{з} = 1,5\%$;

$\beta_{с}$ - нарахування на соціальне страхування, $\beta_{с} = 1,5\%$.

Розраховуємо витрати по заробітній платі експлуатаційному персоналу:

$$C_{зпе} = 275935,7 \cdot \left(1 + \frac{33 + 1,5 + 1,5}{100} \right) = 372513,2 \text{ (грн./рік)},$$

і ремонтному персоналу:

$$C_{зпр} = 62919,69 \cdot \left(1 + \frac{33 + 1,5 + 1,5}{100} \right) = 84941,58 \text{ (грн./рік)}.$$

4.3.3 Планування вартості матеріалів, що витрачаються

Необхідні для розрахунку дані заносимо до табл. 4.7.

Таблиця 4.7 – Розрахунок вартості матеріалів, включених у норму витрат

Вартість матеріалу	Грн
ТМГ-1600	37830
КЛ-10кВ	15000

Вартість матеріалу на технічну операцію:

$$C_{м} = 0,01 \cdot \left(\sum_{i=1}^n C_{oi} \cdot T_i + L \cdot C_{л0} \right), \quad (4.26)$$

де C_{0i} – питома вартість витратних матеріалів на обслуговування i -го виду трансформаторів,

T_i – трудомісткість обслуговування i -го виду трансформаторів,

L – сумарна довжина кабелів,

$C_{Л0}$ – питома вартість матеріалів на обслуговування кабелів.

Отже, вартість матеріалів на ремонт: $C_{мпр} = 134414,1$ (грн/рік);

i вартість матеріалів на технічне обслуговування:
 $C_{мто} = 884039,355$ (грн / рік).

Отже, можна розрахувати:

витрати на обслуговування електроустановок і мереж, тис. грн/рік:

$$C_{обс} = C_{зпе} + C_{мто}, \quad (4.27)$$

$$C_{обс} = 372513,2 + 884039,355 = 1256552,556 \text{ (грн/рік);}$$

та витрати на їх поточний ремонт, грн/рік:

$$C_{пр} = C_{зпр} + C_{мпр}, \quad (4.28)$$

$$C_{пр} = 134414,1 + 84941,59 = 219355,6808 \text{ (грн/рік).}$$

4.3.4 Визначення амортизаційних відрахувань і інших витрат

Знаходимо амортизаційні відрахування за формулою:

$$C_a = a \cdot K, \quad (4.29)$$

де a – норма амортизації, %

K – капіталовкладення, грн.

$$C_a = 0,06 \cdot 7655635 = 459338,10 \text{ (грн/рік).}$$

Окремою складовою в кошторисі річних поточних витрат є інші витрати:

$$C_{ip} = \beta_{ip}(C_{обс} + C_{пр} + C_a); \quad (4.30)$$

де β_{ip} - коефіцієнт відрахувань на інші витрати.

$$C_{ip}=0,25 \cdot (1256552,56 + 219355,68 + 459338,10) = 483811,58 \text{ (грн/рік)}.$$

Після визначення всіх елементів витрат підприємства, необхідних для передавання і розподілення електроенергії, зведемо їх в табл. 4.8.

Таблиця 4.8 – Кошторис річних поточних витрат

Стаття витрат	Величина витрат, грн	Структура, % до підсумку
Витрати по експлуатації енергоустановки і мереж	1256552,56	51,94
Витрати на поточний ремонт	219355,68	9,07
Витрати на амортизацію	459338,10	18,99
Інші витрати	483811,58	20,00
Разом	2419057,92	100,00

4.4. Розрахунок собівартості електроенергії

4.4.1 Розрахунок річного споживання і витрат електроенергії.

Розрахунок оплати за електроенергію

Розрахунок обсягу споживання визначається, виходячи з розрахункової потужності, яка визначається як добуток установленної (номінальної) потужності усіх електроприймачів, коефіцієнта попиту і кількості годин використання максимуму навантаження, тис. кВт·год./рік:

$$E_{ai} = P_p \cdot T_{mi} = K_p \cdot P_{ном} \cdot T_{mi}, \quad (4.31)$$

де P_p – розрахункова потужність і-го цеху, кВт;

T_{mi} – річна тривалість використання максимуму активного навантаження і-ого цеху, год.;

K_p – коефіцієнт попиту.

Визначаємо річні витрати активної електроенергії. Результати розрахунків заносимо в табл. 4.9.

Таблиця 4.9 – Річні витрати активної електроенергії

Назва цеху	Тм, год.	cos φ	Рр, кВт	Еа, кВт·год./рік
Інноваційно-технологічний парк	4000	840	0,96	3360000

Необхідно також визначити річні витрати реактивної електроенергії.

Втрати електроенергії в лініях розраховуємо так:

$$\Delta E_{\text{л}} = 3 \cdot n \cdot I_{\text{м}}^2 \cdot R \cdot \tau \cdot 10^{-3}, \quad (4.32)$$

де $I_{\text{м}}$ – максимальний струм у лінії, А;

τ – час максимальних втрат, год./рік.

R – активний опір проводу або кабелю однієї фази, Ом;

$$R = r_0 \cdot L; \quad (4.33)$$

де r_0 – питомий опір однієї фази кабелю, Ом / км [6].

Для лінії ЦРП –ТП1. Струм лінії живлення, А:

$$I_{\text{м}} = \frac{S_{\text{м}}}{\sqrt{3} U_{\text{н}}}. \quad (4.34)$$

Виконуємо розрахунок втрат електроенергії в лініях і результати заносимо до табл. 4.10.

Таблиця 4.10 – Втрати електроенергії в лініях

Лінія	К-сть ліній	Довжина, км	$I_{\text{м}}$, А	R , Ом	τ , год./рік	$\Delta E_{\text{л}}$, кВт·год.
ПС "Промислова" Проектована комірка №1 - РУ- 10кВ ТП 10/04 кВ	АПвЭгаПу-20 1*120 мм ²	1,243	50,52	0,13	2405,29	2441,65
ПС "Промислова" Проектована комірка №1 - РУ- 10кВ ТП 10/04 кВ	АПвЭгаПу-20 1*120 мм ²	1,206	50,52	0,13	2405,29	2368,97
Разом						4810,61

Втрати електроенергії в ТП визначають за формулою, тис. кВт·год./рік:

$$\Delta E_{\text{Т}} = n \cdot \Delta P_{\text{хх}} \cdot T_{\text{р}} + \frac{1}{n} \cdot \Delta P_{\text{кз}} \cdot \left(\frac{S_{\text{ф}}}{S_{\text{н}}} \right)^2 \cdot \tau, \quad (4.35)$$

де n - кількість трансформаторів;

$\Delta P_{\text{кз}}$ і $\Delta P_{\text{хх}}$ – величини номінальних втрат у трансформаторах, відповідно, при короткому замиканні і холостому ході, кВт;

T_p - час роботи трансформаторів, год./рік (приймається рівним 8760 год./рік);

$S_{\text{ф}}$ - фактична потужність, яка передається через трансформатори, кВА;

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

Проводимо розрахунок і результати зводимо у табл. 4.11.

Таблиця 4.11 – Втрати енергії в трансформаторах

№	Тип	шт	$\Delta P_{\text{х}}$, кВт	$\Delta P_{\text{к}}$, кВт	S_p , кВА	$S_{\text{н}}$, кВА	ΔE_t , кВт·год./рік
КТП-1	ТМГ-1600	2	3	18	875	1600	59034,18836

Загальна потреба підприємства в електроенергії, кВт·год./рік:

$$E = E_a + \Delta E_{\text{л}} + \Delta E_{\text{т}}; \quad (4.36)$$

$$E = 3360000 + 4810,61 + 59034,19 = 3423844,8 \text{ (кВт·год./рік)}.$$

Оплата за спожиту електроенергію:

$$\Pi = 5,5 \cdot 3360000 = 18480000 \text{ (грн)}. \quad (4.37)$$

4.4.2 Розрахунок собівартості електроенергії

Собівартість корисної, споживаної підприємством кіловат-години електроенергії, коп./кВтг:

$$S = \frac{C_{\text{сум}} \cdot 100}{E_a}, \quad (4.38)$$

де $C_{\text{сум}}$ – величина сумарних витрат підприємства на електроенергію, тис.грн/рік;

E_a – річна кількість корисно споживаної підприємством електроенергії, тобто без врахування втрат у лініях і трансформаторах, кВт·год./рік.

Отже, загальні (сумарні) витрати підприємства на електроенергію за рік будуть складати, тис. грн./рік:

$$C_{\text{сум}} = \Pi + C_{\text{п}}, \quad (4.39)$$

де Π – оплата за спожиту електроенергію;

$C_{\text{п}}$ – річні витрати підприємства при передаванні електроенергії.

Річні витрати промислового підприємства, зв'язані з передаванням і розподілом електричної енергії, включають такі складові, тис.грн/рік:

$$C_{\text{п}} = C_{\text{обс}} + C_{\text{пр}} + C_{\text{а}} + C_{\text{ір}}, \quad (4.40)$$

де $C_{\text{обс}}$ – витрати підприємства на матеріали та зарплату персоналу при обслуговуванні електромереж і устаткування, грн/рік.;

$C_{\text{пр}}$ – річні витрати на поточний ремонт устаткування і мереж, грн/рік;

$C_{\text{а}}$ – амортизаційні відрахування при експлуатації електроустановок підприємства, грн/рік;

$$C_{\text{п}} = 1256552,56 + 219355,68 + 459338,10 + 483811,58 = 2419057,921 \text{ (грн/рік)}.$$

Отже, сумарні витрати:

$$C_{\text{сум}} = 18480000 + 2419057,921 = 20899057,92 \text{ (грн/рік)}.$$

Отже, собівартість електроенергії:

$$S = \frac{20899057,92 \cdot 100}{3360000} = 6,21 \text{ (грн./кВт} \cdot \text{год.)}.$$

Для наочності результати розрахунків зводимо в табл. 4.12.

Таблиця 4.12 –Результати розрахунків

Показники	Позначення	Величина показників	Одиниця вимірювання
Кількість корисно спожитої електроенергії	E_a	3360000	кВт·год
Річне споживання електроенергії із втратами	E	3423844,8	кВт·год
Плата за електроенергію	Π	18480000	грн
Витрати на передачу і розподіл електроенергії	$C_{\text{п}}$	2419057,921	грн
Сумарні витрати підприємства	$C_{\text{сум}}$	20899057,92	грн
Собівартість електроенергії	S	621,99	коп/кВт·год

4.5 Висновки до розділу 4

В даному розділі магістерської кваліфікаційної роботи було проведено розрахунок основних техніко-економічних показників спроектованої СЕП інноваційно-технологічного парку «Кристал» та розраховано собівартість електричної енергії, яка склала 621,99 коп/кВт·год.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У цьому розділі МКР розглянуті заходи з підвищення ефективності електропостачання інноваційно-технологічного парку по вул. 6000-річчя міста Вінниці. Під час виконання робіт з монтажу та обслуговування електрообладнання інноваційно-технологічного парку передбачається створення належного температурного режиму, який забезпечує необхідні санітарно-гігієнічні норми праці і виробництва продовольчих товарів. Небезпечні та шкідливі виробничі фактори, які впливають на оперативно-ремонтний персонал, що обслуговує сонячні електричні станції, у відповідності з прийнятою класифікацією за Гігієнічною класифікацією:

Фізичні фактори: мікроклімат (температура, вологість, швидкість руху повітря, інфрачервоне випромінювання); виробничий шум, ультразвук, інфразвук; вібрація (локальна, загальна); освітлення: природне (недостатність), штучне (недостатня освітленість, прямий і відбитий сліпучий відблиск тощо).

Хімічні фактори: речовини хімічного походження, переважно аерозолі фіброгенної дії (металевий і будівельний пил).

Фактори трудового процесу: важкість (тяжкість) праці; напруженість праці. Важкість праці характеризується рівнем загальних енергозатрат організму або фізичним динамічним навантаженням, масою вантажу, що піднімається і переміщується, загальною кількістю стереотипних робочих рухів, величиною статичного навантаження, робочою позою, переміщенням у просторі. Напруженість праці характеризують: інтелектуальні, сенсорні та емоційні навантаження, ступінь монотонності навантажень, режим роботи.

У цьому розділі будуть досліджені такі питання як технічні рішення щодо безпечної організації робочих місць, електробезпека, мікроклімат, склад повітря робочої зони, виробниче освітлення, виробничий шум,

виробничі вібрації, безпеки в надзвичайних ситуаціях для працівників в цілому та для об'єкта проектування під час його експлуатації.

5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту

5.1.1 Електробезпека

Живлення силового обладнання та системи освітлення здійснюється від чотирьохпровідної трифазної мережі 380 х 220В (фазна напруга (фаза – "0") – 220В, а міжфазна лінійна (фаза – фаза) – 380В).

Категорія умов по небезпеці електротравматизму – підвищеної небезпеки, у зв'язку з наявністю у цехах підвищеної вологості. Технічні рішення щодо запобігання електротравмам:

1) Для запобігання електротравм від контакту з нормально-струмопровідними елементами електроустаткування, необхідно:

- розміщувати неізолювані струмопровідні елементи в окремих приміщеннях з обмеженим доступом, у металевих шафах;

- використовувати засоби орієнтації в електроустаткуванні - написи, таблички, попереджувальні знаки;

- підвід кабелів до споживачів здійснювати у закритих конструкціях підлоги;

2) При живленні однофазних споживачів струму від трипровідної мережі при напрузі до 1000 В використовується нульовий захисний провідник. При його використанні пробій на корпус призводить до КЗ. Спрацьовує захист від КЗ і пошкоджений споживач відключається від мережі.

Згідно з вимогами нормативів, повинна бути забезпечена необхідна кратність струму К.З. залежно від типу запобіжного пристрою, повинна бути забезпечена цілісність нульового захисного провідника.

3) Електрозахисні засоби захисту

Персонал, який обслуговує електроустановки, повинен бути забезпечений випробуваними засобами захисту. Перед застосуванням засобів захисту персонал зобов'язаний перевірити їх справність, відсутність зовнішніх пошкоджень, очистити і протерти від пилу, перевірити за штампом дату наступної перевірки. Користуватися засобами захисту, термін придатності яких вийшов, забороняється.

Використовуються основні та допоміжні електрозахисні засоби. Основними електрозахисними засобами називаються засоби, ізоляція яких тривалий час витримує робочу напругу, що дозволяє дотикатися до струмопровідних частин, які знаходяться під напругою. До них відносяться (до 1000В): ізолювальні штанги; ізолювальні та струмовимірювальні кліщі; покажчики напруги; діелектричні рукавиці; слюсарно-монтажний інструмент з ізольованими ручками.

Додатковими електрозахисними засобами називаються засоби, які захищають персонал від напруги дотику, напруги кроку та попереджають персонал про можливість помилкових дій. До них відносяться (до 1000 В): діелектричні калоші; діелектричні килимки; переносні заземлення; ізолювальні накладки і підставки; захисні пристрої; плакати і знаки безпеки.

5.1.2 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць на висоті Виконання робіт за розпорядженням.

Всі роботи, які проводяться в електроустановках, що не вимагають оформлення наряду, виконуються:

- за розпорядженнями осіб, уповноважених на це відповідно до пункту
- цих Правил, з попереднім оформленням у журналі обліку робіт за нарядами і розпорядженнями або в оперативному журналі;
- в порядку поточної експлуатації.

Розпорядження про проведення робіт має разовий характер. Термін його дії визначається тривалістю робочого дня виконавців. За необхідності

продовження роботи, в разі зміни її умов або складу бригади, розпорядження віддається знову.

Працівник, який віддав розпорядження, призначає керівника робіт (наглядача), членів бригади, визначає можливість безпечного проведення робіт і визначає необхідні для цього організаційні та технічні заходи.

Розпорядження записується в журнал обліку робіт за нарядами і розпорядженнями особою, яка його віддала, або оперативним працівником, де вказується:

- ким віддано розпорядження;
- зміст і місце роботи;
- заходи безпеки;
- час виконання роботи;
- прізвища, ініціали, групи з електробезпеки керівника робіт (наглядача)

і всіх членів бригади. Змінювати склад бригади, що працює за розпорядженням, в процесі роботи забороняється.

Розпорядження про роботу віддається керівнику робіт і допускачеві або працівникові, який дає дозвіл на підготовку робочого місця і на допуск.

В електроустановках без місцевих чергових працівників в тих випадках, коли допуск до роботи не вимагається, розпорядження може бути віддано безпосередньо працівнику, який виконує роботу,

Інформація про закінчення робіт, виконаних за розпорядженням, повідомляється працівникові, який віддав розпорядження, з відповідним записом у журналі.

До робіт на висоті і верхолазних робіт допускаються навчені особи, стан здоров'я яких має відповідати медичним вимогам, встановленим для даних видів робіт («Положення про медичний огляд працівників певних категорій»).

Працівники, які виконують верхолазні роботи, повинні мати відповідний запис в посвідченні про перевірку знань.

До самостійних верхолазних робіт допускаються особи віком не молодші 18 років, які мають стаж верхолазних робіт не менше одного року і кваліфікаційний розряд не нижче четвертого. Робітники, які вперше допускаються до верхолазних робіт, протягом одного року повинні працювати під безпосереднім наглядом досвідчених спеціалістів, призначених наказом керівника підприємства. Працівники мають бути навчені безпеці праці до початку виконання верхолазних робіт.

Драбини, риштування, помости, кігті, лази та інші пристосування, що застосовуються для виконання робіт на висоті і верхолазних робіт, повинні бути сертифіковані, а також відповідати вимогам «Правил безпеки під час роботи з інструментом і пристроями».

Під час виконання робіт, коли немає можливості закріпити строп запобіжного поясу за конструкцію або опору, слід користуватися страхувальним канатом, що є відповідним до вимог ДСТУ 12.4.107. В цьому разі строп запобіжного паска заводиться за конструкцію, деталь опори тощо. Виконувати цю роботу повинні дві особи, друга особа в міру необхідності попускає чи натягує канат.

Під час роботи на конструкціях, під якими розташовані струмопровідні частини, що перебувають під напругою, ремонтні пристосування і інструмент прив'язуються для запобігання їх падінню. Застосовувати в цих випадках монтерські запобіжні паски зі стропами з металевого ланцюга забороняється.

Подавати деталі на конструкції чи устаткування слід за допомогою «нескінченного» канату. Працівник, який стоїть внизу, повинен утримувати канат для запобігання його розгойдуванню і наближенню до струмопровідних частин.

Працівники, які виконують роботи на висоті або верхолазні роботи, повинні бути в спецодязі, що не заважає рухам. Особистий інструмент слід зберігати в сумці.

Працівники, що здійснюють нагляд за членами бригади, які виконують верхолазні роботи або роботи на висоті, можуть розташовуватися на землі.

Обслуговування освітлювальних пристроїв, розташованих на стелі машинних залів і цехів підприємств, з візків мостового крану слід провадити не менш ніж двома працівниками, один з яких з групою ІІІ. Під час виконання робіт з використанням крану ремонтникам має бути виданий наряд-допуск.

5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

5.2.1 Мікроклімат

Нормовані параметри мікроклімату в робочій зоні наведені в табл.5.1.

Таблиця 5.1 – Нормовані параметри мікроклімату в робочій зоні з категорією робіт ІІа

Період року	Категорія робіт	Допустимі		
		t, °C	W, %	V, м/с
Теплий	Середньої важкості ІІа	18-27	65 при 26°C	0,2-0,4
Холодний		17-23	До 75%	не більше 0,3

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату проектом передбачено: температура внутрішніх поверхонь будівельних конструкцій робочої зони і зовнішніх поверхонь обладнання при забезпеченні допустимих параметрів мікроклімату не повинні бути більше ніж на 2°C за діапазон норм; якщо температура поверхонь вище або нижче допустимої температури повітря, то робочі місця повинні бути віддалені від них на відстань не менше 1 м; для забезпечення нормованих значень руху кисню проектом передбачається витяжна та припливна вентиляційні системи.

5.2.2 Склад повітря робочої зони

В умовах даних робіт можливим забруднювачем являється нетоксичний пил (табл. 5.2).

Таблиця 5.2 – Концентрація шкідливих речовин в повітрі

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимальна разова	Середня добова	
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4

Для видалення шкідливих домішок з повітря у виробничих приміщеннях проектом передбачено застосування вентиляції і кондиціювання повітря.

Природню аерацію в теплу пору року можна регулювати за допомогою фрамуг, які встановлюються у віконних проїмах і через витяжні ліхтарі, які встановлюються на даху приміщення – це безканальна вентиляція. Більш активна вентиляція забезпечується пристроєм вентиляційних каналів, які споруджуються у стінах приміщення. При цьому для підсилення швидкості руху повітря на виході теплого повітря зовні, а саме на трубі, яка розташовується на даху будівлі, встановлюють спеціальні камери-патрубки.

Природна вентиляція не передбачає підігрів та зволоження повітря, яке поступає у приміщення, і очистка від пилу повітря, яке видаляється на зовні, тому для досягнення максимального рівня вентиляції ще використовують механічну вентиляцію.

5.2.3 Виробниче освітлення

Норми освітленості при штучному освітленні та КПО при природному та суміщеному освітленні (відповідно до ДБН В.2.5-28-2018, характеристика зорової роботи – дуже високої точності, розряд зорової роботи – II, підрозряд – в) зазначені у табл. 5.3.

Таблиця 5.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Харак-ка зорової роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Під-розряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Характеристика фону	Штучне при системі комбінованого освітлення		Природне Ен пр	Сумісне Е сум
						всього	у т. ч. від загального		
Середньої точності	Від 0,15 до 0,3 включно	II	в	малий середній великий	світлий середній темний	1500	200	-	4,2

Для забезпечення достатнього освітлення здійснюють систематичне очищення скла та світильників від пилу (не рідше двох разів на рік), використовують жалюзі. В разі нестачі природного освітлення, використовують загальне штучне освітлення, що створюється за допомогою світлодіодних ламп E27 LED 15W NW A60 "SG". Висота підвісу світильників над робочою поверхнею 2,5 метра.

Світильники з світлодіодними лампами розміщують рядами; що дозволяє здійснювати їх послідовне включення (відключення) в залежності від величини природної освітленості.

5.2.4 Виробничий шум

Для відносної логарифмічної шкали в якості нульових рівнів обрані показники, що характеризують мінімальний поріг сприйняття звуку людським вухом на частоті 1000 Гц. Нормативним документом, який регламентує рівні шуму для різних категорій робочих місць службових приміщень, є «ССБТ. Шум Загальні вимоги безпеки».

Основні параметри виробничого шуму на постійних робочих місцях в промислових приміщеннях наведені у табл.5.4.

Таблиця 5.4 – Рівень звукового тиску

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц								
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Постійні робочі місця в промислових приміщеннях	107	95	87	82	78	75	73	71	69

Для забезпечення допустимих параметрів шуму в приміщенні, проектом передбачено засоби колективного захисту: акустичні, архітектурно-планувальні й організаційно-технічні. Засоби боротьби із шумом в залежності від числа осіб, для яких вони призначені, поділяються на засоби індивідуального захисту і на засоби колективного захисту – «ССБТ. Засоби індивідуального захисту органів слуху. Загальні технічні умови і методи випробувань» і «Засоби і методи захисту від шуму. Класифікація».

Для зниження шуму в приміщенні, необхідно:

- безпосередньо біля джерел шуму використовувати звукопоглинаючі матеріали для покриття стелі, стін, застосовувати підвісні звукопоглиначі.
- для боротьби з вентиляційним шумом потрібно застосовувати мало шумові вентилятори.

5.2.5 Виробнича вібрація

В інноваційно-технологічного парку присутня вібрація типу – За. Тобто технологічна вібрація, яка діє на персонал або яка передається на робочі місця, не маючи джерел випромінювання.

Основні параметри вібрації, такі як середньоквадратичне значення віброприскорення та віброшвидкості, логарифмічні рівні приведені у табл. 5.5.

Таблиця 5.5 – Середньоквадратичні значення віброприскорення та віброшвидкості

Категорія вібрації по санітарним нормам	Напрямок дії	Нормативні, корекційовані по частоті та еквівалентні корекційовані значення			
		Віброприскорення		Віброшвидкість	
		$\text{м} \cdot \text{с}^{-2}$	ДБ	$\text{м} \cdot \text{с}^{-2} \cdot 10^{-2}$	ДБ
Загальна	Z_o, Y_o, X_o	0,1	100	0,2	92

Для зменшення дії вібрацій на працюючих проектом передбачено: динамічне погашення вібрації – приєднання до захисного об'єкту системи, реакції якої зменшують розмах вібрації об'єкта в точках приєднання системи; зміна конструктивних елементів машин; застосування засобів індивідуального захисту, а саме рукавиці, вкладиші і прокладки, віброзахисне взуття з пружнодемпферуючим низом.

5.2.6 Психофізіологічні фактори

Психофізіологічні фактори визначаються відповідно до Гігієнічної класифікації праці. Робота електромонтажного персоналу, що здійснює монтаж технологічного обладнання сонячної електростанції потребує великих фізичних зусиль за важкістю та напруженістю праці.

1. Клас умов праці за показниками важкості праці – допустимий (середньої важкості): загальні енергозатрати організму (ккал/м) – до 290; зовнішнє фізичне динамічне навантаження, виражене в одиницях механічної роботи за зміну, ккал/(Вт): при регіональному навантаженні (для чоловіків) – 13000; при загальному навантаженні (за участю м'язів рук, тулуба, ніг) – до 44000; маса вантажу, що постійно підіймається та переміщується вручну, кг – до 30 кг; стереотипні робочі рухи: при локальному навантаженні (участь м'язів кистей та пальців рук) – до 40000; при регіональному навантаженні (участь рук та плечового суглоба) – до 20000; статичне навантаження (кг/с): двома руками (чоловіки) – до 70000; за участю м'язів

тулуба та ніг – до 100 000; робоча поза: періодичне перебування в незручній позі (робота з поворотом тулуба, незручним розташуванням кінцівок) та/або фіксованій позі (неможливість зміни взаємного розташування різних частин тіла відносно одна одної) до 25% часу зміни; перебування у вимушеній позі до 10%, в позі «стоячи» – до 60% часу зміни; нахил тулуба: вимушені нахили протягом зміни – 51-100 разів; переміщення у просторі (переходи через виконання технологічного процесу) – по горизонталі більше 8, вертикалі – 4 км.

2. Класи умов праці за показниками напруженості праці:

Інтелектуальні навантаження: зміст роботи – рішення складних завдань з вибором за алгоритмом; сприймання інформації та їх оцінка – сприймання інформації з наступною корекцією дій та операцій; розподіл функцій за ступенем складності завдання – обробка, контроль, перевірка завдання; характер виконуваної роботи – робота за встановленим графіком з можливим його коригуванням під час діяльності. Сенсорні навантаження: зосередження (%за зміну) – більше 75; щільність сигналів (звукові за 1 год) – більше 300; навантаження на голосовий апарат (протягом тижня) – від 20 до 25. Емоційне навантаження: ступінь відповідальності за результат своєї діяльності – є відповідальним за функціональну якість основної роботи; ступінь ризику для власного життя – вірогідний; ступінь відповідальності за безпеку інших осіб – є відповідальним за безпеку інших. Режим праці: тривалість робочого дня – 8 год; змінність роботи – однозмінна (без нічної зміни).

5.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях

Забезпечення безпеки роботи системи електропостачання у НС базується на комплексі організаційних, інженерно-технічних заходів і засобів, спрямованих на збереження її працездатності в умовах дії загрозливих чинників. Для цього необхідно: прогнозувати та оцінити

можливі наслідки; заздалегідь спланувати заходи із запобігання та зменшення вірогідності виникнення НС і скорочення масштабів прояву результатів НС; організація робіт в умовах НС та ліквідація її наслідків.

Вплив іонізуючих випромінювань (α , β , γ) на матеріали і деталі обладнання СЕП залежить від виду випромінювання, дози та умов навколишнього середовища. В обладнанні застосовуються елементи, до складу яких входять такі матеріали: метали, неорганічні матеріали (в основному діелектрики), провідники і різноманітні органічні сполуки (діелектрики, смоли і т.д.). Серед цих матеріалів метали найбільш чутливі до впливу іонізуючих випромінювань, оскільки їм властива висока концентрація вільних носіїв. Відомо, що іонізуючі випромінювання викликають зворотні і незворотні процеси, внаслідок яких можуть відбуватися порушення роботи електричних елементів схеми, що призводять до виходу з ладу апаратури. Так, проходячи через елементи, потік гамма-випромінювань створює в них вільні носії електричних зарядів, в результаті переміщення яких виникає помилковий імпульс, який призводить до спрацьовування пристрою. В результаті опромінення у транзисторах змінюється обернений струм і коефіцієнт підсилення, у конденсаторах знижуються напруги пробоя та опір стікання, змінюється провідність і внутрішній нагрів; руйнується електрична ізоляція дріотів тощо.

Для інженерної практики найбільший інтерес представляє оцінка безпеки системи захисту роботи СЕП при впливі на її компоненти іонізуючих випромінювань протягом певного часу.

Найбільш піддаються впливу електромагнітного імпульсу (ЕМІ) системи електропостачання, зв'язку, сигналізації і керування. ЕМІ ушкоджують напівпровідниковим приладам, резисторам, конденсаторам та представляє велику небезпеку для обладнання СЕП добре захищеної від впливу інших вражаючих факторів. Тому слід пам'ятати, що апаратура може

втратити працездатність, знаходячись у надійних захисних спорудженнях [25].

5.3.1 Дослідження безпеки роботи системи електропостачання в умовах дії іонізуючих випромінювань.

Максимально допустимі значення потужності дози γ -випромінювань для вище перерахованих елементів наведені в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 - Максимально допустимі потужності дози γ – випромінювання.

№	Блок	Елементи системи електропостачання	$P_{гр,i}(P/год)$	$P_{гр} (P/год)$
1	БЖ	Транзистори КТ3102В	10^5	10^4
		Діоди загального призначення S1M	10^5	
2	БУ	Конденсатори SMD1206 Inf, 16V	10^6	
		Резистори SMD1206 0,125 - 10кОм	10^6	
3	УМПК	Мікросхеми PIC16F877	10^4	
		Діелектрики GTP15	10^4	

1. За мінімальним значенням $p_{гр}$ (див. табл. 5.1) межа безпеки роботи СЕП інноваційно-технологічного парку складає $p_{гр} = 10^4$ (P/год).

2. Для оцінки безпеки роботи СЕП інноваційно-технологічного парку визначається граничне значення потужності дози гамма-випромінювання ($p_{гр}$) за наступною формулою:

$$P_{гр} = K \times p_{гр} \times K_n, \quad (5.1)$$

де: K – коефіцієнт надійності, $K = 0,9..0,95$;

$p_{гр}$ – рівень радіації, що відповідає початку зворотних змін у найменш стійкого елемента;

$K_{пос}$ – коефіцієнт послаблення радіації ($K_{пос} = 7$),

$$P_{гр} = 0,9 \times 10^4 \times 7 = 6,3 \times 10^4 \text{ (P/год)},$$

1. З вище наведених розрахунків можна зробити висновок, що безпека роботи системи електропостачання в умовах дії іонізуючих

випромінювань буде забезпечуватись, якщо радіація в умовах експлуатації не перевищуватиме $P_{гр} = 6,3 \times 10^4$ (Р/год).

2. Розрахуємо максимальний допустимий час перебування обладнання системи захисту в умовах дії іонізуючих випромінювань:

$$D_m = \frac{2P_{ep}(\sqrt{t_K^2} - \sqrt{t_{II}^2})}{1}, \quad (5.2)$$

де: $\sqrt{t_{II}^2}$, дорівнює 1;

D_m – дорівнює 10^3 ;

Оскільки всі значення відомі, то допустимий час роботи СЕП інноваційно-технологічного парку буде таким:

$$t_d = \left(\frac{10^3 \cdot 7 + 2 \cdot 6,3 \cdot \sqrt{1}}{2 \cdot 6,3} \right)^2 = 16141286(\text{год}).$$

З розрахунків можна зробити висновок, що робота системи електропостачання інноваційно-технологічного парку в умовах впливу іонізуючих випромінювань буде працювати безпечно 5,03 роки, а це більше часу морального старіння обладнання системи. Отже, проводити заходи щодо підвищення безпеки її роботи не потрібно.

5.3.2 Дослідження безпеки роботи системи електропостачання інноваційно-технологічного парку в умовах дії електромагнітного імпульсу

Початкові дані: $U_{ж} = 5$ (В) - напруга живлення;

$l_r = 1,68$ м – максимальна довжина горизонтальних струмоведучих провідників.

Плати пристроїв як правило розташовані горизонтально. Так як вертикальна складова напруженості електричного поля приблизно на три порядки більша за горизонтальну, подальші розрахунки здійснюємо з врахуванням вертикальної складової.

В якості показника безпеки виступає коефіцієнт безпеки, який визначається за формулою:

$$K_{\phi} = \frac{20 \lg U_{\mathcal{A}}}{U_{B(\Gamma)}} \geq 40 \text{ дБ}, \quad (5.3)$$

де: $U_{B(\Gamma)}$ – напруга наведення у вертикальних (горизонтальних) струмопровідних частинах.

$$U_{\mathcal{A}} = \frac{U_{\mathcal{K}} + U_{\mathcal{K}} n}{100}, \quad (5.4)$$

де: n – відхилення напруги живлення від її номінальної, $n = 25\%$;

$$U_{\mathcal{A}} = 5 + \frac{5}{100} \cdot 25 = 6,25(B),$$

Допустима напруга наведення U_{Γ} :

$$U_B = \frac{U_{\mathcal{A}}}{10^{\frac{40}{20}}} = \frac{6,25}{100} = 0,0625(B),$$

Вертикальна складова напруженості електричного поля визначається:

$$E_{\Gamma} = \frac{U_B}{l_B}, \quad (5.5)$$

$$E_{\Gamma} = \frac{0,0625}{1,68} = 0,037(B / м)$$

Оціночно:

$$E_B = E_{\Gamma} \times 10^3 = 0,037 \times 10^3 (B/м),$$

5.4 Висновки до розділу 5

Отже, оцінюючи безпеку роботи системи електропостачання інноваційно-технологічного парку потрібно відмітити, що вертикальна складова напруженості електричного поля повинна не перевищувати $0,037 \times 10^3$ В/м, граничне значення потужності дози гамма- випромінювання $P_{\text{гр}} = 6,3 \times 10^5$ (Р/год), а також допустимий максимальний час перебування системи електропостачання в умовах дії іонізуючих випромінювань більше 5 років, що визначено розрахунками.

Також визначено, що основними засобами для забезпечення безпеки роботи системи електропостачання в умовах дії іонізуючих випромінювань та електромагнітного імпульсу є:

- використання спеціальних екранів;
- використання активного захисту від дії потоку заряджених частинок.

При імпульсній дії ЕМІ, крім перерахованих способів використовуються пристрої, що вимикають апаратуру і обладнання системи електропостачання інноваційно-технологічного парку на період його дії, а також збільшення відстані між елементів, що під напругою.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання магістерської кваліфікаційної роботи було виконано дослідження щодо підвищення енергоефективності системи електропостачання інноваційно-технологічного парку. Проведені дослідження дозволили отримати наступні основні результати та висновки.

Відповідно до вихідних умов розроблені наступні проектні рішення:

- встановлення в ЗРУ-10 кВ ПС 110/10 кВ «Промислова» лінійних комірок з вакуумними вимикачами;
- будівництво двох кабельних ліній 10 кВ W1.1 та W1.2 в траншеї під землею від нововстановлених комірок в ЗРУ-10 кВ ПС «Промислова» до проектуємої ТП-10/0,4 кВ;
- встановлення двотрансформаторної ТП-10/0,4 кВ закритого типу;
- улаштування заземлення та захисту від грозових перенапруг.

Розроблена система електропостачання інноваційно-технологічного парку за рахунок прийнятих оптимальних рішень стала більш енергоефективною й це дозволить суттєво покращити технічні та економічні характеристики функціонування СЕП технопарку.

Було розглянуто актуальне питання створення системи накопичення електричної енергії. Завдяки системі накопичення електричної енергії, яку можна встановити у інноваційно-технологічного парку «Кристал», технопарк зможе бути забезпечений безперебійним електропостачанням навіть в разі збоїв у центральній мережі. Переключення живлення від мережі на СНЕ відбувається майже миттєво, що позитивно впливає на обладнання технопарку при частих чи раптових відключеннях електроенергії. Окрім цього, систем накопичення електроенергії у поєднанні із альтернативними джерелами енергії (наприклад встановивши на даху технопарку сонячну станцію) можна отримувати безпосередню фінансову вигоду в наслідок «Зеленого тарифу», тобто продажу згенерованої у мережу енергії.

В економічній частині роботи проведено розрахунок основних показників спроектованої СЕП, визначено величину капітальних вкладень та плати технопарком за електроенергію. Собівартість електроенергії для технопарку складає 621,99 коп/кВт·год.

У роботі були розглянуті питання охорони праці та безпека в надзвичайних ситуаціях у технопарку. Були визначені небезпечні та шкідливі фактори, які мають місце у технопарку та розроблені ефективні заходи для покращення даних показників.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бурбело М. Й. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків: навчальний посібник. Вінниця: УНІВЕРСУМ, 2012. 148 с.
2. Бурбело, М. Й. Розрахунок внутрішнього електропостачання : навчальний посібник. Вінниця : ВНТУ, 2017. 123 с.
3. Бурбело, М. Й. Спеціальні питання електропостачання: електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання. Вінниця : ВНТУ, 2024. 89 с.
4. Бурбело М. Й. Електромагнітна сумісність і керування якістю електроенергії в системах електропостачання : електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання. Вінниця: ВНТУ, 2024. 159 с.
5. Правила улаштування електроустановок (перше переглянуте, перероблене, доповнене та адаптоване до умов України видання). – Міністерство енергетики та вугільної промисловості України, 2017, 617 с.
6. Демов О.Д., Бірюков О.О., Мельничук Л.М. Розрахунок собівартості електроенергії на промисловому підприємстві. Навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2008. 92 с.
7. ГОСТ 14209-97 «Керівництво з навантаження силових масляних трансформаторів»: веб-сайт. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=77094 (дата звернення 01.06.2024)
8. ГОСТ 13109-97 «Норми якості електричної енергії в системах електропостачання Загальне призначення»: веб-сайт. URL: http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=25837 (дата звернення 01.06.2024)
9. РД 153-34.0-15.501-00 «Методичні вказівки по контролю і аналізу якості електричної енергії в системах електропостачання загального призначення. Частина 1. Контроль якості електричної енергії»: веб-сайт. URL: https://standartgost.ru/g/pkey-14294817093/%D0%A0%D0%94_153-34.0-15.501-00 (дата звернення 01.06.2024)
10. РТМ 36.18.32.4-92 - «Методика розрахунку електричних навантажень». веб-сайт. URL: <https://profsector.com/media/catalogs/57ea1c8c988b2.pdf> (дата звернення 01.06.2024)

11. Камінський А. В., Мокін Б. І. Математичне та комп'ютерне моделювання процесів оптимізації центрування електричних мереж: монографія. Вінниця: Універсум Вінниця, 2005. 122с.
12. Каталог конденсаторних установок: веб-сайт. URL: <http://www.kpenri.com.ua/-prod02.php> (дата звернення 01.06.2024)
13. Кабельно-провідникова продукція: веб-сайт. URL: <http://ibud.ua/ua/catalog/kabelno-provodnikovaya-produktsiya-1189> (дата звернення 01.06.2024)
14. Трансформатори силові: веб-сайт. URL: <http://www.budnet.com.ua/aboutcommodity.php?FirmCommodityID=4099> (дата звернення 01.06.2024)
15. Експлуатація освітлювальних установок: веб-сайт. URL: http://life-prog.ru/ukr/1_954_ekspluatatsiya-osvitlyuvalnih-ustanovok.html (дата звернення 01.06.2024)
16. Регулювання напруги в електричних системах - Конспект лекцій з курсу Електричні системи и мережі: веб-сайт. URL: http://forca.com.ua/knigi/navchannya/konspekt-lekcii-z-kursu-elektrichni-sistemi-i-merezhi_11.html (дата звернення 01.06.2024)
17. Правила установки электроустановок. Харків: Індустрія, 2007. 416 с.
18. Все про Excel: створення і редагування таблиць: веб-сайт. URL: <https://support.microsoft.com/uk-ua/office/%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F-%D1%82%D0%B0-%D1%84%D0%BE%D1%80%D0%BC%D0%B0%D1%82%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F-%D1%82%D0%B0%D0%B1%D0%BB%D0%B8%D1%86%D1%8C-e81aa349-b006-4f8a-9806-5af9df0ac664> (дата звернення 01.06.2024)
19. Демов О.Д. Економія електроенергії на промислових підприємствах. Вінниця: ВНТУ, 2006. 95 с.
20. ДСНіП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014. [Чинний від 2014-05-30]. URL: http://online.budstandart.com.ua/catalog/doc-page.html?id_doc=58073 (дата звернення 01.06.2024)
21. ДСТУ-Н Б А 3.2-1: 2007. Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використання в процесі зведення та

експлуатації об'єктів будівництва. [Чинний від 2007-12-01]. URL: <https://profidom.com.ua/a-3/a-3-2/824-dstu-n-b-a-3-2-12007-nastanova-shhodo-viznachenna-nebezpechnih-i-shkidlivih-faktoriv>-(дата звернення 01.06.2024)

22. ДБН А.3.2-2-2009. ССБП. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. [Чинний від 2009-01-27]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2009. 116 с.

23. ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом.

24. Чинний від 2017-04-01]. Вид. офіц. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с. (дата звернення 01.06.2024)

25. НПАОП 40.1-1.32-01. (ДНАОП 0.00-1.32-01). Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. [Чинний від 2002-01-01]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text>. (дата звернення 01.06.2024)

26. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Постанова МОЗ № 42 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972> (дата звернення 01.06.2024)

27. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.

28. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. [Чинний від 2019-03-01]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2018. 133 с.

29. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Постанова МОЗ № 37 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html> (дата звернення 01.06.2024)

30. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. Постанова МОЗ № 39 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99> (дата звернення 01.06.2024)

31. Кодекс цивільного захисту України. К.: ВР України, 2012. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/5403-17> (дата звернення 01.06.2024)

Додатки

Додаток А

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

УЗГОДЖЕНО

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри ЕСЕЕМ

“ ” 2024р.

д.т.н., проф. Бурбело М.Й.
“ ” 2024 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

до магістерської кваліфікаційної роботи

на тему:

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ
ІННОВАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПАРКУ ПО ВУЛИЦІ 600-РІЧЧЯ,
21А, МІСТО ВІННИЦЯ**

Науковий керівник:

к.т.н., доц. Шулле Ю.А.

(підпис)

Виконавець: студент гр. ЕСЕ-22м з/в

Маніта М.В.

(підпис)

Вінниця 2024 р.

1. ПІДСТАВА ДЛЯ ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (МКР)

Робота виконується на підставі наказу ВНТУ за № 81 від 11 березня 2024 р.

Дата початку роботи 11 березня 2024 р.,

Дата закінчення роботи 12 червня 2024 р.

2. МЕТА І ПРИЗНАЧЕННЯ МКР. ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ РОЗРОБКИ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

а) мета: підвищення ефективності електропостачання інноваційно-технологічного парку по вулиці 600-річчя, 21а, місто Вінниця

б) призначення розробки: виконання магістерської кваліфікаційної роботи.

в) вихідні дані для виконання МКР: відомості про особливості технологічних процесів; відомості про електричні навантаження підприємства; відомості про джерела живлення.

3. ДЖЕРЕЛА РОЗРОБКИ

3.1 Методичні вказівки до виконання магістерських кваліфікаційних робіт для студентів спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» (освітня програма «Енергетичний менеджмент») / Уклад. О. В. Бабенко, Ю. А. Шулле. Вінниця : ВНТУ, 2023. 52 с.

3.2 Демов О. Д., Бірюков О. О., Мельничук Л. М. Розрахунок собівартості електроенергії на промисловому підприємстві: Навчальний посібник / О.Д. Демов, О.О. Бірюков, Л.М. Мельничук. Вінниця: ВНТУ, 2008. 92 с.

3.3 Бурбело М. Й. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків: навчальний посібник. Вінниця: УНІВЕРСУМ, 2005. 148 с.

3.4 Правила улаштування електроустановок. - 5-те вид., переробл. й доповн. Х : Міненерговугілля України, 2017 р.

4. ЕТАПИ І ТЕРМІН ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Зміст етапу	Термін виконання	
	початок	кінець
4.1 Збір інформації, яка необхідна для проектування	20.03.2024	30.03.2024
4.2 Проведення необхідних розрахунків	01.04.2024	01.05.2024
4.3 Розробка робочих креслень	05.05.2024	10.05.2024
4.4 Написання розрахунково-пояснювальної записки і захист магістерської роботи	11.05.2024	10.06.2024

5. МАТЕРІАЛИ, ЩО ПОДАЮТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ МКР

Пояснювальна записка МКР, графічні і ілюстровані матеріали, анотація до МКР українською та іноземною мовою.

6. ПОРЯДОК КОНТРОЛЮ ВИКОНАННЯ ТА ЗАХИСТУ МКР

Робота приймається на проміжних контрольних перевірках, попередньому захисті та захисті в ДЕК.

7. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

7.1 Дані про патентоспроможність

Не передбачається

8 ОЧІКУВАНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ

Не передбачається

Додаток Б

Вихідні дані

В роботі передбачено електропостачання інноваційно-технологічного парку по вул. 600-річчя, 21А в м. Вінниця з встановленою сумарною потужністю 840 кВт. Об'єкт по категорії надійності електропостачання належить до споживачів 2-ї категорії.

Відповідно до технічних умов розроблені наступні рішення з електропостачання інноваційно-технологічного парку:

- встановлення в ЗРУ-10 кВ ПС 110/10 кВ «Промислова» лінійних комірок з вакуумними вимикачами;
- будівництво двох кабельних ліній 10 кВ $W_{1.1}$ та $W_{1.2}$ в траншеї під землею від нововстановлених комірок в ЗРУ-10 кВ ПС «Промислова» до проектуємої ТП-10/0,4 кВ;
- встановлення двотрансформаторної ТП-10/0,4 кВ закритого типу ;
- улаштування заземлення та захисту від грозових перенапруг.

Таблиця Б.1 – Основні техніко-економічні показники об'єкту

№ З/п	Найменування показника	Показник
1	Найменування об'єкту	Нове будівництво електричної розподільчої лінії середньої напруги 10 кВ від ПС «Промислова» та трансформаторної підстанції
2	Місце розташування об'єкту	м. Вінниця, вул. 600-річчя, 21А
3	Встановлена потужність станції	840 кВт
4	Кошторисна вартість будівництва у т.ч. будівельні роботи	15277853грн
5	Витрати на охорону навколишнього природного середовища, відновлювальні та компенсаційні заходи	не передбачаються
6	Тривалість будівництва	8 місяців
7	Екологічні наслідки	відсутні

Додаток В

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ НАВЧАЛЬНОЇ (КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ) РОБОТИ

Назва роботи: Підвищення ефективності електропостачання інноваційно-технологічного парку по вулиці 600-річчя, 21а, місто Вінниця

Тип роботи: Магістерська кваліфікаційна робота.

Підрозділ: Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту.

Науковий керівник: к.т.н., доцент Шульє Ю.А.

Показники звіту подібності

Unicheck	
Оригінальність	81 %
Схожість	19 %

Аналіз звіту подібності

Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.

Заявляю, що ознайомлений з повним звітом подібності, який був згенерований Системою щодо роботи.

Автор _____ Маніта М.В.

Опис прийнятого рішення

Магістерська кваліфікаційна робота допускається до захисту

Особа відповідальна за перевірку _____ Лобода Ю.В.

Керівник роботи _____ Шульє Ю.А.

Експерт _____ Бурбело М.Й., зав кафедри ЕСЕЕМ

Додаток Г

Схеми електропостачання

Схема електрична однолінійна РУ-10 кВ

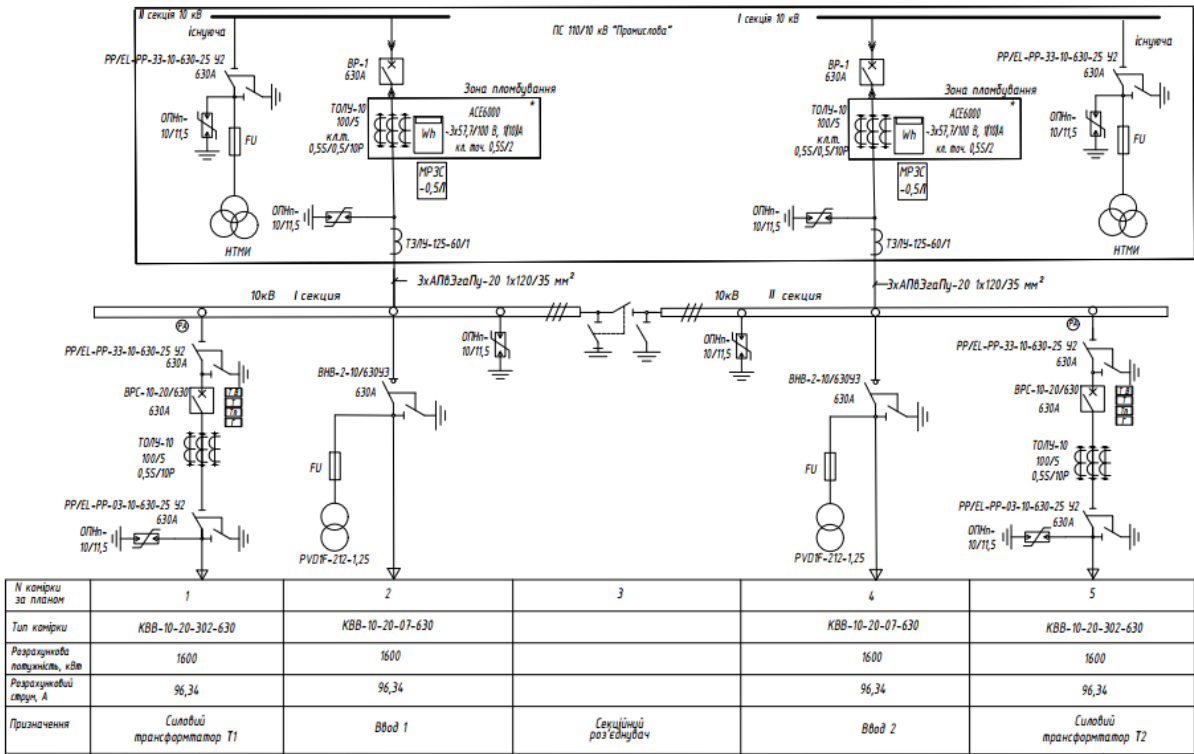
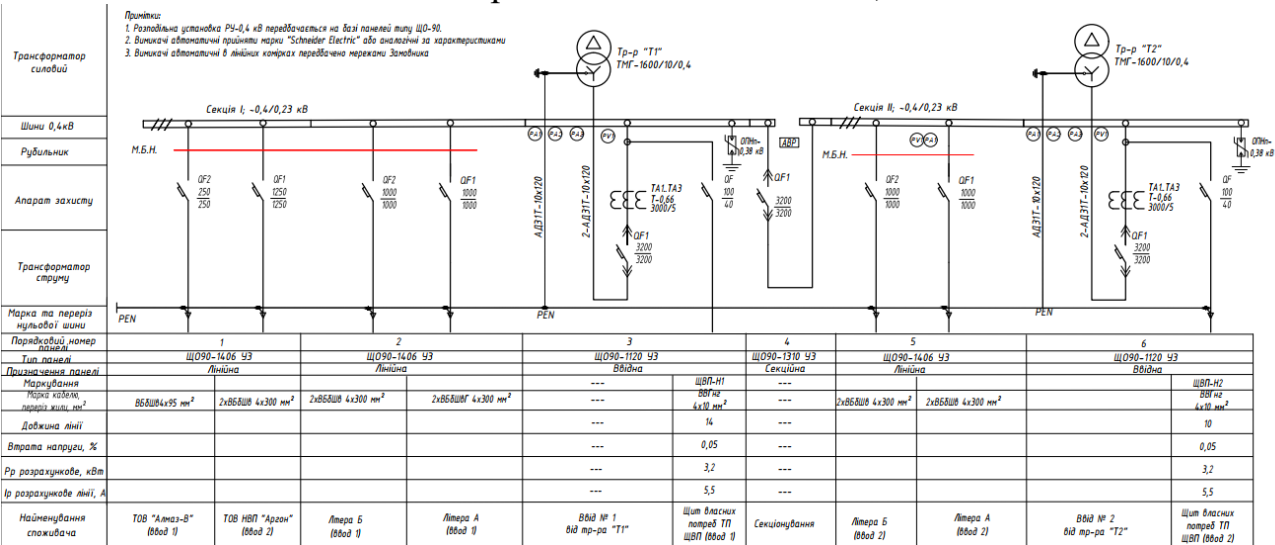


Схема електрична однолінійна РУ-0,4 кВ



Додаток Д

Матеріали роботи

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет електроенергетики та електромеханіки

(повне найменування факультету)

Кафедра електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту

(повна назва кафедри)

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ІННОВАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПАРКУ ПО ВУЛ. 600-РІЧЧЯ, 21А В.М. ВІННИЦЯ

Виконав: студент 2 курсу, групи ЕСЕ-22м з/в

Маніта Максим Вячеславович

(прізвище та ініціали)

Керівник _____

Шуліле Ю.А.

(прізвище та ініціали)

Вінниця ВНТУ – 2024

Актуальність теми. Світовий досвід показує, що економічне зростання розвинутих країн базується на сфері знань та високих технологій, ефективне поєднання яких гарантує стрімкий прогресивний розвиток. Однією із найбільш вдалих форм такої інтеграції є технопарки, які відзначаються високим рівнем інноваційної діяльності, являють собою форму інтеграції науки та виробництва.

Вінниця є одним з лідерів розвитку інновацій та ІТ галузі в Україні і не тільки, а тому, із метою посилення позицій міста в галузі інноваційної економіки й конкурентоспроможності малого і середнього бізнесу, прийняте рішення створити перший в Україні муніципальний технопарк.

Згідно концепції розвитку інноваційно-технологічного парку “Кристал” технопарк створюється для того, щоб допомагати бізнесу, місту та громаді реалізувати свій інноваційний потенціал. Однак, сприятливе функціонування технопарку напряму залежить від вірного вибору та ефективного підключення системи електропостачання. Надзвичайно актуальним є обґрунтування підбору раціональних систем електроживлення, сучасного електричного обладнання, провідниково-кабельної продукції, поліпшення використання наявних електричних мереж, підвищення стабільних параметрів електропостачання, скорочення втрат активної складової енергії. Саме тому магістерська кваліфікаційна робота присвячена підвищенню ефективності електропостачання інноваційно-технологічного парку.

Метою МКР є підвищення ефективності електропостачання інноваційно-технологічного парку через прийняття оптимальних проектних рішень, що дозволить суттєво поліпшити технічні та економічні характеристики функціонування технопарку.

Основні задачі: оптимальний вибір схем електропостачання технопарку, оптимальний підбір провідників, підбір комутаційно-захисної апаратури, а також заходів із енергозбереження та охорони праці.

Об’єкт дослідження – система електропостачання інноваційно-технологічного парку.

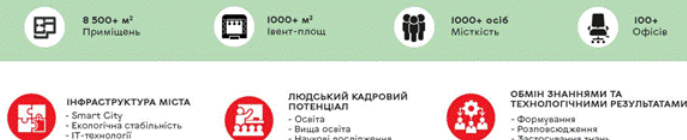
Предмет дослідження – елементи схеми й електричні режими в системі електропостачання інноваційно-технологічного парку

Наукова новизна одержаних результатів. Підвищено ефективність електропостачання інноваційно-технологічного парку, а саме, через оптимальний вибір потужностей трансформаторів ТП, перерізів провідників електричних мереж та створення системи накопичення енергії.

Практичне значення одержаних результатів: в результаті виконання роботи практична реалізація отриманих рішень дозволить суттєво оптимізувати електропостачання і підвищити енергоефективність системи електропостачання інноваційно-технологічного парку: забезпечити відповідність характеристик елементів СЕП інноваційно-технологічного парку нормальним й аварійним електричним режимам, зменшити витрати та втрати електроенергії.

Загальні відомості про інноваційно-технологічний парк

ІННОВАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПАРК «КРИСТАЛ»



Інноваційно-технологічний парк «Кристал» спрямований на підсилення існуючих та створення нових високотехнологічних та креативних індустрій у Вінниці та Подільському регіоні. Він забезпечуватиме якісну інфраструктуру і сучасний контент для резидентів і відвідувачів.

Простір екосистеми складає понад 8500 м.кв., до неї входять: Fab Lab і лабораторії, Центр розвитку підприємництва, IT-школа, офіси, конференц-зала, коворкінг, публічні простори та дитячий техноцентр.

Завданнями інноваційно-технологічного парку «Кристал» є налагодження ефективної співпраці навчальних закладів, установ, бізнесу, влади і громади міста з метою пришвидшення:

- розробки нових технологічних рішень;
- трансферу технологій;
- реінжинірингу та створення власних інноваційних рішень;
- інкубації та масштабування стартапів;
- створення нових робочих місць;

- осучаснення та трансформації освітніх послуг, за рахунок створення майданчику та матеріальної бази для наукових досліджень та спільних проєктів.

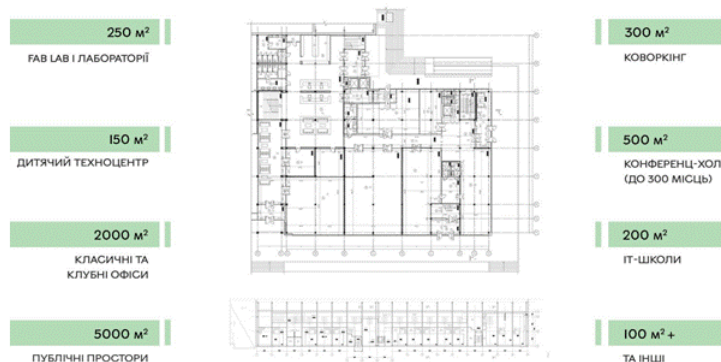
Загальні відомості про інноваційно-технологічний парк

В роботі передбачено електропостачання інноваційно-технологічного парку по вул. 600-річчя, 21А в м. Вінниця з встановленою сумарною потужністю 840 кВт. Об'єкт по категорії надійності електропостачання належить до споживачів 2-ї категорії – 840 кВт.

Відповідно до технічних умов розроблені наступні рішення з електропостачання інноваційно-технологічного парку:

- встановлення в ЗРУ-10 кВ ПС 110/10 кВ «Промислова» лінійних комірок з вакуумними вимикачами;
- будівництво двох кабельних ліній 10 кВ $W_{1,1}$ та $W_{1,2}$ в траншеї під землею від нововстановлених комірок в ЗРУ-10 кВ ПС «Промислова» до проєктуємої ТП-10/0,4 кВ;
- встановлення двотрансформаторної ТП-10/0,4 кВ закритого типу;
- улаштування заземлення та захисту від грозових перенапруг.

РОЗПОДІЛ ПЛОЩІ ІННОВАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПАРКУ



ПРОСТІР ЕКОСИСТЕМИ: 8500+ м²

Основні електротехнічні рішення

Вибір перерізу кабеля напругою 10 кВ

Обираємо переріз кабелю АПвЕгаПу-20 кВ 120 мм², який задовільняє вимогам:

- за нагрівом в нормальному режимі, післяаварійному режимі, а також режимі у період ремонту (фактично допустимий струм I_f для кабелю перерізом 120 мм², складає: $I_f = I_{д.т.} \cdot K = 252 \cdot 0,96 = 241,92$ А, $I_p = 96,34$ А; умова виконується: $I_f \geq I_p$, $241,92 \geq 96,34$; в післяаварійному режимі умова виконується: $I_f \geq I_{p.ав}$, $241,92 \geq 134,87$ А);
- по економічній густині струму для нормального режиму роботи ($S_{ек} = I_p / J_{ек} = 96,34 / 1,2 = 80,28$ мм²; умова виконується: $80,28 \text{ мм}^2 \leq 120 \text{ мм}^2$);
- по нагріванню жил струмом короткого замикання, тобто за термічною стійкістю струму короткого замикання (умова виконується: $120 \text{ мм}^2 \geq 90,75 \text{ мм}^2$);
- за втратою напруги (згідно ГІД 34.20.178:2005 втрата напруги в КЛ-10 кВ не повинна перевищувати 8%; умова виконується: $\Delta U = 0,5 \%$);
- зусиллям натягу кабелю (не повинні перевищувати 30 Н/мм² номінального перетину жили; умова виконується).

Вибір потужності силових трансформаторів

Є в наявності споживачі I і II категорій, тому на підстанції, що проектується необхідно встановлення не менш як двох силових трансформаторів. Нормами технологічного проектування рекомендується в таких випадках встановлення трансформаторів однакової потужності. Вибір потужності силових трансформаторів здійснюється з урахуванням аварійних й допустимих систематичних перевантажень. Згідно Держстандарту в аварійному режимі припустиме перевантаження трансформатора на 40% на протязі не більше 5 діб, при цьому коефіцієнт початкового завантаження повинен бути не більшим 0,93 і час перевантаження не більш 6 годин на добу. Аварійне навантаження визначається з умови відмови одного з трансформаторів підстанції, при цьому припустиме відключення споживачів III категорії.

Згідно проведених розрахунків і вказаних норм обираємо силові трансформатори 2х1600 кВА.

5

Основні електротехнічні рішення

Вибір вимикачів 10 кВ

Передбачається встановлення в ТП у ввідних комірках 10 кВ вакуумного триполюсного вимикача 10 кВ типу ВРС-10-20/630.

Технічні характеристики вакуумного триполюсного вимикача 10 кВ типу ВРС-10-20/630

Найменування параметра	Значення параметра
Номинальна робоча напруга [$U_{ном.р.}$], кВ	10
Найбільша робоча напруга [$U_{макс.р.}$], кВ	12
Номинальний струм [$I_{ном.л.}$], А	630
Номинальний струм відключення [$I_{ном.в.}$], кА	20
Номинальний струм к.з., що витримується вимикачем протягом 3 с [$I_{терм.л.}$], кА	25
Пікове значення наскрізного струму к.з. [$I_{скр.л.}$], кА	50

Перевірка обраного вимикача проводилась за наступними показниками: по номінальній напрузі; за найбільшою робочою напругою; за максимальним робочим струмом; по відключаючій здатності; по електродинамічній стійкості; за термічною стійкістю вимикач перевіряється по тепловому імпульсу струму кз.

Узагальнені результати перевірки запроєктованого вакуумного вимикача 10 кВ

Розрахункові параметри	Каталожні дані ВРС-10-20/630
$U_{ном.л.} = 10$ кВ	$U_{ном.л.} = 10$ кВ
$U_{макс.л.} = 12$ кВ	$U_{макс.л.} = 12$ кВ
$I_{макс.р.} = 96,34$ А – для ввідної	$I_{ном.л.} = 630$ А
$I_{III.} = 1,209$ кА	$I_{відкл.л.} = 20$ кА
$i_{кз.} = 2,93$ кА	$I_{скр.л.} = 50$ кА
$B_k = 1,125 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I^2_{терм.л.} \cdot t_{терм.л.} = 1200 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

6

Основні електротехнічні рішення

Вибір роз'єднувачів 10 кВ

Перевірку зазначеного проектного електротехнічного обладнання проводимо з урахуванням можливого максимального навантаження – для ввідної комірки ТП, $S_{ном} = 1600$ кВА. Передбачається встановлення в якості роз'єднувача ввідної комірки ТП триполюсного роз'єднувача типу PP/EL-PP-03-10-630-25 У2.

Технічні характеристики роз'єднувачів 10 кВ типу PP/EL-PP-03-10-630-25 У2

Найменування параметра	Значення параметра
Номинальний струм [$I_{ном.р.}$], А	630
Номинальна робоча напруга [$U_{ном.р.}$], кВ	10
Найбільша робоча напруга [$U_{max.р.}$], кВ	12
Струм термічної стійкості [$I_{терм.р.}$], кА	16
Кількість заземлюючих ножів	1 (2) ¹
Час протікання струму термічної стійкості, с:	
– для головних ножів	3
– для ЗН	1
Струм динамічної стійкості [$I_{дин.р.}$], кА	41

Перевірка обраного роз'єднувача проводилась за наступними показниками: по номінальній напрузі; за найбільшою робочою напругою; за максимальним робочим струмом; по динамічній стійкості; за термічною стійкістю.

Узагальнені результати перевірки запроєктованого роз'єднувача

Розрахункові параметри	Каталожні дані
$U_{ном.р.} = 10$ кВ	$U_{ном.р.} = 10$ кВ
$U_{max.р.} = 12$ кВ	$U_{max.р.} = 12$ кВ
$I_{ном.р.} = 96,34$ А	$I_{ном.р.} = 630$ А
$i_{п.р.} = 2,93$ кА	$I_{дин.р.} = 41$ А
$B_k = 1,125 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	Для головних ножів $I_{терм.р.}^2 \cdot t_{терм.р.} =$ $= 768 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$ Для ЗН: $I_{терм.р.}^2 \cdot t_{терм.р.} =$ $= 256 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$

7

Основні електротехнічні рішення

Вибір трансформаторів струму 10 кВ

В якості трансформаторів струму 10 кВ вибрано ТС-10 кВ типу ТОЛУ 10 ввідної комірки.

Технічні характеристики ТС-10 кВ

Найменування параметра	Значення параметра
Номинальна робоча напруга [$U_{ном.тс.}$], кВ	10
Найбільша робоча напруга [$U_{max.тс.}$], кВ	12
Номинальний первинний струм [$I_{ном.тс.}$], А	100
Номинальний вторинний струм [$I_{ном.тс.}$], А	5
Кількість вторинних обмоток:	
– для захисту	1
– для вимірювань	2
Струм термічної стійкості [$I_{терм.тс.}$], кА	9,7
Час протікання струму термічної стійкості, с	1
Струм динамічної стійкості [$I_{дин.тс.}$], кА	36
Номинальна гранична кратність вторинної обмотки, А	8
Номинальні вторинні навантаження, ВА:	
а) обмотки для вимірювань:	
– 0,5s	2,5
– 0,5	5
б) обмотки для захисту:	
– 10P	10

Узагальнені результати перевірки ТС-10 кВ

Розрахункові параметри	Каталожні дані
$U_{ном.р.} = 10$ кВ	$U_{ном.тс.} = 10$ кВ
$U_{max.р.} = 12$ кВ	$U_{max.тс.} = 12$ кВ
$I_{ном.р.} = 96,34$ А - для ввідної комірки	$I_{ном.тс.} = 100$ А - для ввідної комірки
$i_{п.р.} = 2,93$ кА	$I_{дин.тс.} = 36$ кА - для ввідної комірки
$B_k = 1,42 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$I_{терм.р.}^2 \cdot t_{терм.р.} = 94,09 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$

8

Основні електротехнічні рішення

Вибір високовольтного нелінійного обмежувача перенапруг 10 кВ

Передбачається встановлення в якості ОПН-10 кВ ввідної, лінійної комірок та комірки трансформатора напруги обмежувачів перенапруг типу ОПН-10/12

Технічні характеристики високовольтного нелінійного обмежувача перенапруг 10 кВ типу ОПН-10/12

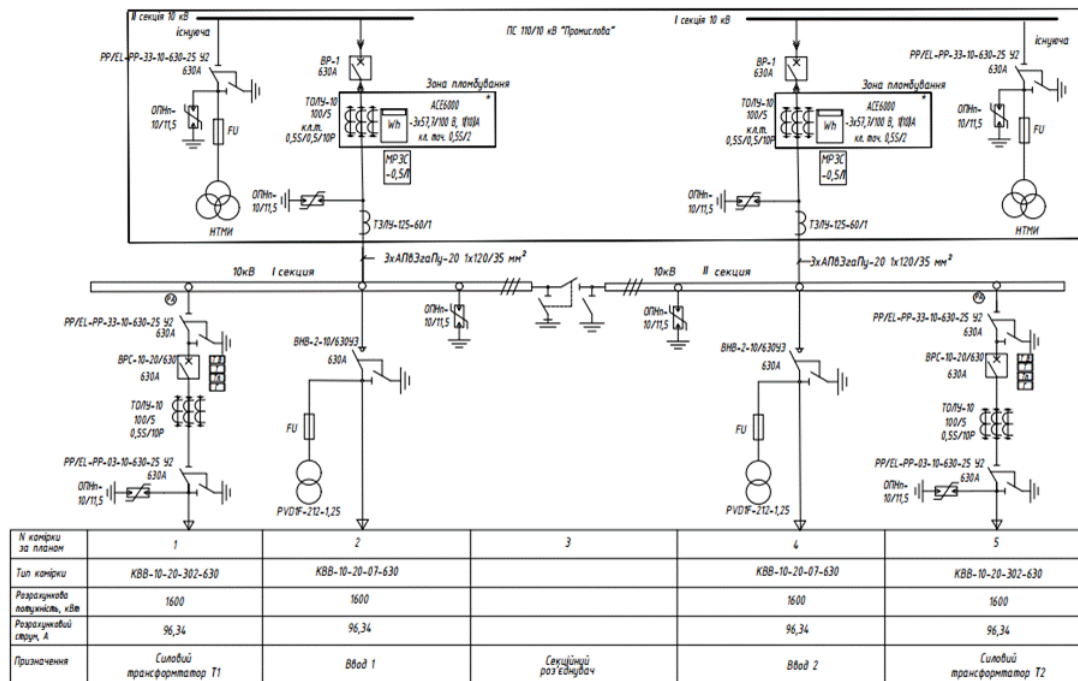
Найменування параметра	Значення параметра
Найбільша тривало допустима робоча напруга [$U_{\text{пр.опн}}$], кВ	12
Номинальна напруга [$U_{\text{ном.опн}}$], кВ	10
Струм спрацювання пристрою протиударного пристрою ОПН [$I_{\text{пр.опн}}$], кА	10
Залишкова напруга при грозовому імпульсі струму 8/20 мкс, кВ, не більше ніж: - з амплітудою 5 кА	36
Залишкова напруга при комутаційному імпульсі струму 30/60 мкс, кВ, не більше ніж: - з амплітудою 500 А	31
Клас розряду лінії	2

Узагальнені результати перевірки характеристик ОПН 10 кВ

Розрахункові значення	Каталожні дані ОПН-10/12
$U_{\text{ном}} = 12 \text{ кВ}$	$U_{\text{ном}} = 12 \text{ кВ}$
$U_{\text{пр.з}} = 35,6 \text{ кВ}$	$U_{\text{пр.з}} = 36 \text{ кВ}$
$U_{\text{пр.к}} = 29,7 \text{ кВ}$	$U_{\text{пр.к}} = 31 \text{ кВ}$
$I_{\text{пр}} = 1,32 \text{ кА}$	$I_{\text{пр}} = 10 \text{ кА}$

9

Схема електрична однолінійна РУ-10 кВ



10

Економічна частина магістерської кваліфікаційної роботи

В економічній частині роботи проведено розрахунок основних показників спроектованої СЕП, визначено величину капітальних вкладень та плати технопарком за електроенергію. Собівартість електроенергії складає 621,99 коп./кВт·год.

Кошторис річних поточних витрат

Стаття витрат	Вел. витрат, грн	Структура, %
Витрати по експлуатації енергоу	1256552,56	51,94
Витрати на поточний ремонт	219355,68	9,07
Витрати на амортизацію	459338,10	18,99
Інші витрати	483811,58	20,00
Разом	2419057,92	100,00

Результати розрахунків основних економічних показників спроектованої СЕП

Показники	Позначення	Величина показників	Одиниця вимірювання
Кількість корисно спожитої елем	Еа	3360000	кВт*год
Річне споживання електроенергії	Е	3423844,8	кВт*год
Плата за електроенергію	ПІ	18480000	грн.
Річні витрати на передачу і розп	Сп	2419057,921	грн.
Сумарні витрати підприємства	Ссум	20899057,92	грн.
Собівартість електроенергії	С	621,9957715	коп./кВт*год.

13

Висновок

В результаті виконання магістерської кваліфікаційної роботи було виконано дослідження щодо підвищення енергоефективності системи електропостачання інноваційно-технологічного парку. Проведені дослідження дозволили отримати наступні основні результати та висновки.

Відповідно до вихідних умов розроблені наступні проектні рішення:

- встановлення в ЗРУ-10 кВ ПС 110/10 кВ «Промислова» лінійних комірок з вакуумними вимикачами;
- будівництво двох кабельних ліній 10 кВ W1.1 та W1.2 в траншеї під землею від нововстановлених комірок в ЗРУ-10 кВ ПС «Промислова» до проектуємої ТП-10/0,4 кВ;
- встановлення двотрансформаторної ТП-10/0,4 кВ закритого типу;
- улаштування заземлення та захисту від грозових перенапруг.

Розроблена система електропостачання інноваційно-технологічного парку за рахунок прийнятих оптимальних рішень стала більш енергоефективною й це дозволить суттєво покращити технічні та економічні характеристики функціонування СЕП технопарку.

Було розглянуто актуальне питання створення системи накопичення електричної енергії. Завдяки системі накопичення електричної енергії, яку можна встановити у інноваційно-технологічного парку «Кристал», технопарк зможе бути забезпечений безперебійним електропостачанням навіть в разі збоїв у центральній мережі. Переключення живлення від мережі на СНЕ відбувається майже миттєво, що позитивно впливає на обладнання технопарку при частих чи раптових відключеннях електроенергії. Окрім цього, систем накопичення електроенергії у поєднанні із альтернативними джерелами енергії (наприклад встановивши на даху технопарку сонячну станцію) можна отримувати безпосередню фінансову вигоду в наслідок «зеленого тарифу», тобто продажу згенерованої у мережу енергії.

В економічній частині роботи проведено розрахунок основних показників спроектованої СЕП, визначено величину капітальних вкладень та плати технопарком за електроенергію. Собівартість електроенергії для технопарку складає 621,99 коп./кВт·год.

У роботі були розглянуті питання охорони праці та безпека в надзвичайних ситуаціях у технопарку. Були визначені небезпечні та шкідливі фактори, які мають місце у технопарку та розроблені ефективні заходи для покращення даних показників.

14