

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему: **Модернізація системи електропостачання цеху морозива**
ТОВ «Галичина Ласунка»

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи ЕТ-42
спеціальності 141

Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва спеціальності)

	<u>Бутрин У.В.</u> (підпис)	<u>Бутрин У.В.</u> (прізвище та ініціали)
Керівник	<u>Костик Л.М.</u> (підпис)	<u>Костик Л.М.</u> (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	<u>Коваль В.П.</u> (підпис)	<u>Коваль В.П.</u> (прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	<u>Коваль В.П.</u> (підпис)	<u>Коваль В.П.</u> (прізвище та ініціали)
Рецензент	<u>Станько А.А.</u> (підпис)	<u>Станько А.А.</u> (прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)

Кафедра Електричної інженерії
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Коваль В.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«__» _____ 2025 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва спеціальності)

студенту Бутрин Устим Васильович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Модернізація системи електропостачання цеху морозива
ТОВ «Галичина Ласунка»

Керівник роботи Костик Любов Миколаївна, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «24» січня 2025 року № 4/7-51

2. Термін подання студентом завершеної роботи червень 2025 року

3. Вихідні дані до роботи Потужність споживачів

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Аналітичний розділ

2. Проектно-конструкторський розділ

3. Розрахунковий розділ

4. Безпека життєдіяльності та основи охорони праці

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1. Презентація

2.

3.

4.

5.

6.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності та основи охорони праці	Гурик О.Я., к.т.н., доцент кафедри МТ		
Нормоконтроль	Коваль В.П., к.т.н., завідувач кафедри ЕІ		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	15.03.2025	
2	Аналітичний розділ	28.03.2025	
3	Проектно-конструкторський розділ	31.04.2025	
4	Розрахунковий розділ	30.05.2025	
5	Безпека життєдіяльності та основи охорони праці	01.06.2025	
6	Загальні висновки	03.06.2025	
7	Оформлення пояснювальної записки	05.06.2025	
8	Оформлення графічної частини	06.06.2025	

Студент

(підпис)

Бутрин У.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Костик Л.М.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії. Кафедра електричної інженерії, група ЕТ–42. - Т. : ТНТУ, 2025.

Стор. 70; рис. 0; табл. 26; креслень -; джерел 20; додатків 0.

Робота бакалавра виконана згідно завдання на тему: «Модернізація системи електропостачання цеху морозива ТОВ «Галичина Ласунка»».

Метою кваліфікаційної роботи є модернізація системи електропостачання цеху морозива ТОВ «Галичина Ласунка».

Проведено обґрунтування теми та аналіз системи електропостачання. Проведена розробка електричної схеми електропостачання. Проведено розрахунки потужності трансформаторних підстанцій та вибір обладнання трансформаторних підстанцій. Проведено розрахунок коефіцієнту завантаження силових трансформаторів ТП-1, ТП-2 та визначення придатності цих трансформаторів для подальшої експлуатації. Проведено розрахунки мереж напругою 10 та 0,4 кВ. Проведено вибір комутаційної та захисної апаратури в мережах 10 та 0,4 кВ. Проведена розробка схеми АВР напругою 0,4 кВ. Проведено розрахунки потужності резервної електричної станції з вибором електрообладнання. Розглянута електрична схема управління резервною електричною станцією. Проведено розрахунок освітлення та вентиляції приміщення резервної електричної станції.

Ключові слова: цех морозива, система електропостачання, модернізація.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	8
1.1 Особливості архітектури та функціонування систем електропостачання промислових підприємств.....	8
1.2 Вимоги до джерел живлення промислових об'єктів.....	11
1.3 Процес проектування системи електропостачання підприємств...	12
1.4 Характеристика споживачів електричної енергії.....	14
1.5 Висновки до Розділу 1.....	16
2 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ	17
2.1 Обґрунтування теми та аналіз системи електропостачання.....	17
2.2 Розробка електричної схеми ЕП ТОВ.....	22
2.3 Розрахунки потужності ТП. Вибір обладнання ТП.....	23
2.3.1 Проведення розрахунку електричного навантаження.....	23
2.3.2 Розрахунок коефіцієнту завантаження силових трансформаторів ТП-1, ТП-2 та визначення придатності цих трансформаторів для подальшої експлуатації.....	36
2.4 Висновки до Розділу 2.....	39
3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	40
3.1 Розрахунки мереж напругою 10 та 0,4 кВ.....	40
3.1.1 Розрахунок перерізу ліній 10 та 0,4 кВ.....	40
3.1.2 Розрахунок втрат напруги.....	44
3.1.3 Розрахунки струму к.з. в лініях 0,4 кВ.....	46
3.2 Вибір комутаційної та захисної апаратури в мережах 10 та 0,4 кВ	49
3.2.1 Вибір високовольтних вимикачів навантаження.....	49
3.2.2 Вибір струмових реле.....	50
3.2.3 Вибір запобіжників на лінії ВН.....	50
3.2.4 Вибір трансформаторів напруги.....	51

3.2.5 Вибір трансформатора струму.....	51
3.2.6 Вибір захистів лінії 0,4 кВ.....	52
3.3 Розробка схеми АВР напругою 0,4 кВ.....	53
3.4 Розрахунки потужності резервної електричної станції з вибором електрообладнання.....	53
3.5 Електрична схема управління резервною електричною станцією..	55
3.6 Розрахунок освітлення та вентиляції приміщення резервної електричної станції.....	55
3.6.1 Розрахунок освітлення приміщення станції.....	55
3.6.2 Розрахунок вентиляції приміщення станції.....	57
3.7 Висновки до Розділу 3.....	60
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	61
4.1 Техніка безпеки та заходи з охорони праці на підприємстві.....	61
4.2 Перша допомога при електротравмах.....	64
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	67
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	68

ВСТУП

Актуальність теми. Модернізація системи електропостачання цеху морозива спрямована на забезпечення надійного, безперебійного та енергоефективного живлення всього комплексу електроспоживачів, що беруть участь у процесі виробництва. Враховуючи, що основними споживачами електроенергії у такому цеху є компресорне холодильне обладнання, охолоджувальні установки, насоси, міксери, транспортери та пакувальні машини, система живлення повинна забезпечувати стабільну роботу навіть за умов пікового навантаження.

У рамках модернізації передбачено заміну старого електротехнічного обладнання, реконструкцію внутрішніх електромереж, оновлення головного розподільного щита та впровадження сучасних автоматичних систем управління. Встановлюються нові трансформатори з покращеними характеристиками, проводиться заміна кабелів із недостатнім перерізом на нові з підвищеною термостійкістю та зниженою електричною втратою.

Також важливою частиною модернізації є впровадження системи резервного електропостачання. Для цього передбачається встановлення дизель-генераторної установки, яка дозволяє забезпечити безперебійну роботу основного холодильного обладнання у разі зникнення основного живлення. Для найбільш критичних зон (наприклад, зберігання сировини або готової продукції) додатково встановлюються джерела безперебійного живлення (UPS).

З метою підвищення енергоефективності цеху реалізується система комерційного обліку електроенергії по окремих технологічних лініях. Це дозволяє аналізувати споживання енергії, виявляти "енергоємні" ділянки і вживати відповідних заходів для їх оптимізації. Автоматизована система керування електропостачанням дозволяє диспетчеру оперативно відслідковувати параметри мережі, керувати навантаженням, здійснювати діагностику та виявляти можливі несправності на ранніх етапах.

Таким чином, модернізація системи електропостачання забезпечує надійність роботи електрообладнання, підвищує загальну енергоефективність виробництва, знижує ймовірність аварійних ситуацій та сприяє збереженню якості продукції, що є критично важливим для харчової галузі.

Тому, модернізація системи електропостачання цеху морозива ТОВ «Галичина Ласунка» є актуальною задачею.

Метою кваліфікаційної роботи є модернізація системи електропостачання цеху морозива ТОВ «Галичина Ласунка».

Завдання:

- 1 Провести обґрунтування теми та аналіз системи електропостачання.
- 2 Провести розробку електричної схеми електропостачання.
- 3 Провести розрахунки потужності трансформаторних підстанцій та вибір обладнання трансформаторних підстанцій.
- 4 Провести розрахунок коефіцієнту завантаження силових трансформаторів ТП-1, ТП-2 та визначення придатності цих трансформаторів для подальшої експлуатації.
- 5 Провести розрахунки мереж напругою 10 та 0,4 кВ.
- 6 Провести вибір комутаційної та захисної апаратури в мережах 10 та 0,4 кВ.
- 7 Провести розробку схеми АВР напругою 0,4 кВ.
- 8 Провести розрахунки потужності резервної електричної станції з вибором електрообладнання.
- 9 Розглянути електричну схему управління резервною електричною станцією.
- 10 Провести розрахунок освітлення та вентиляції приміщення резервної електричної станції.

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Особливості архітектури та функціонування систем електропостачання промислових підприємств

Проектування ефективної та надійної системи електропостачання (СЕС) для промислових підприємств ґрунтується на кількох ключових інженерних принципах, що забезпечують її оптимальну роботу, безпеку та можливість подальшого розвитку [1-2]:

- Структурна простота та масштабованість (Scalability): СЕС промислового підприємства має бути максимально спрощеною за своєю топологією. Мережі живлення (магістральні лінії, що подають електроенергію на підприємство) не повинні бути надмірно протяжними, а методи прокладання електричних комунікацій мають бути прямолінійними та легко доступними для обслуговування. Крім того, система повинна мати вбудовану гнучкість, яка дозволяє без значних витрат та переробок інтегрувати нове виробниче обладнання або розширювати потужності, тобто бути масштабованою.
- Децентралізація навантажень та запобігання перевантаженням (Overload Prevention): При плануванні виробничих цехів критично важливим є не лише розміщення самого технологічного обладнання, а й оптимальне розташування трансформаторних підстанцій (ТП) або розподільних пунктів. Бажано, щоб кожна значуща виробнича ділянка або група електроспоживачів мала власний розподільний пристрій (РП), розташований максимально близько до центру електричного навантаження цієї ділянки. Це мінімізує втрати електричної енергії і покращує якість електропостачання. Для уникнення надмірних навантажень (overloads) та потенційних аварій, інші споживачі не повинні мати можливості несанкціоновано підключатися до такого локального розподільного пристрою.

- **Забезпечення безперервності виробничих циклів (Operational Continuity):** На підприємствах, де технологічні процеси є взаємозалежними або відбуваються паралельно, електромережа повинна бути спроектована з урахуванням селективності. Це означає, що у випадку аварійної ситуації або необхідності планового відключення певного елемента мережі (наприклад, для ремонту), деактивуватися повинні лише ті механізми та агрегати, які безпосередньо належать до пошкодженого або обслуговуваного технологічного потоку. Інші виробничі лінії та функціональні вузли повинні продовжувати свою роботу в штатному режимі, забезпечуючи мінімізацію простоїв.
- **Електробезпека та відповідність умовам експлуатації (Electrical Safety & Environmental Compliance):** Все електричне обладнання повинно мати відповідний ступінь захисту (кодифікація IP-стандарту), який відповідає специфічним умовам експлуатації в конкретному цеху. Це стосується захисту від пилу, вологи, агресивних хімічних середовищ, вибухонебезпечних сумішей тощо.

При проектуванні СЕП необхідно враховувати класифікацію виробничих приміщень за ступенем небезпеки. Існують приміщення з вибухонебезпечними та пожежонебезпечними зонами, із наявністю хімічно агресивного або органічного середовища. Також виділяються приміщення за кліматичними умовами: вологі, сухі, жаркі, сирі, запилені. Рекомендації щодо необхідного ступеня захисту електрообладнання залежно від навколишнього середовища детально викладені в Правилах улаштування електроустановок (ПУЕ) [3].

Врахування всіх цих факторів на початковому етапі проектування системи електропостачання значно підвищує потенціал для майбутнього розширення виробництва, ефективного впровадження нових технологій і використання інноваційного обладнання.

До основних функціональних елементів СЕП відносяться:

- Джерело електропостачання: Об'єкт, що генерує або подає електричну енергію (наприклад, електростанція або центральна підстанція енергосистеми).
- Лінії електропередачі (ЛЕП): Кабельні або повітряні лінії, що транспортують електроенергію від джерела до меж промислового підприємства.
- Пункт прийому електроенергії: Головна трансформаторна підстанція (ГПП) або інший вузол, де підприємство отримує електроенергію від зовнішньої мережі.
- Розподільні мережі: Внутрішні електричні мережі підприємства, що розподіляють електричну енергію від пункту прийому до кінцевих споживачів.
- Приймачі: Електрообладнання, що використовує отриману енергію для виконання своїх функцій (верстати, двигуни, освітлення тощо).

Ключовими структурними частинами СЕП являється розподільна мережі та мережа живлення. Живильна мережа – це сукупність ліній, які відходять від джерела живлення та підводять електроенергію до пункту її прийому на підприємстві. Розподільні мережі – це є внутрішні лінії, що подають електричну енергію від пунктів прийому (для прикладу, трансформаторних підстанцій на території підприємства) безпосередньо до електрообладнання споживачів.

Магістральна схема передбачає живлення декількох великих вузлів або потужних споживачів від однієї спільної магістральної лінії, до якої вони приєднуються у різних точках. Ця схема є оптимальною для енергоємних виробництв (для прикладу, у машино- та приладобудуванні, кольоровій металургії), де споживачі розподілені відносно рівномірно, а умови середовища є нормальними. Магістральні схеми зазвичай характеризуються високою надійністю електропостачання.

Радіальні схеми живлення використовуються, коли кожен споживач або група споживачів з'єднується із ПС або розподільним пунктом окремою,

незалежною лінією. Цей підхід забезпечує високу надійність для кожного окремого споживача і застосовується у приміщеннях із будь-якими умовами середовища, особливо для живлення для прикладу, потужних електродвигунів.

Змішана схема – це гібридний підхід, при якому одна магістральна лінія живить низку розподільних пунктів, а вже від цих пунктів відходять радіальні лінії безпосередньо до електроприймачів.

1.2 Вимоги до джерел живлення промислових об'єктів

Підприємства з електроприймачами I та II категорій надійності (критичні споживачі, перерва в живленні яких призводить до значних втрат) повинні мати щонайменше два незалежні взаєморезервуючі джерела живлення. Це забезпечує автоматичне перемикання у разі відмови одного з джерел.

Для електроприймачів особливої групи I категорії (споживачі, перерва в живленні яких є неприпустимою) необхідно передбачити третє, повністю незалежне джерело живлення (наприклад, дизель-генераторна установка або система безперебійного живлення).

Живлення великих, енергоємних підприємств від центральних енергосистем зазвичай здійснюється на високій напрузі – 110 кВ, для мінімізації втрат при передачі.

Підприємства з незначним загальним електричним навантаженням можуть функціонувати при менших напругах – 6, 10 і рідше 35 кВ.

При дуже малому навантаженні достатнім є підключення до мереж 0.4 кВ від загальної енергетичної системи або сусіднього підприємства.

Для енергоємних підприємств можливе використання 110 кВ безпосередньо у внутрішніх розподільних мережах.

Кількість пунктів прийому електроенергії (наприклад, головних понижувальних підстанцій) залежить від архітектури підприємства. Один пункт прийому може бути достатнім при компактному розташуванні всіх

електроприймачів. Однак два і більше приймальних пункти стають необхідними за таких умов:

- Наявність на промисловому підприємстві двох чи більше потужних, просторово відокремлених груп споживачів, які вимагають окремого живлення.
- Підвищені вимоги до надійності живлення електричних приймачів І категорії по надійності.
- Етапний розвиток промислового підприємства, коли для живлення електричних навантажень наступних черг будівництва передбачаються окремі вводи.

Вимоги до систем електропостачання різних типів об'єктів є комплексними і регулюються великою кількістю нормативних документів.

Якісне проектування системи електропостачання відіграє вирішальну роль під час введення у експлуатацію промислових об'єктів. Будь-яка помилка на цьому етапі неминуче призведуть до серйозних проблем у подальшому функціонуванні усього підприємства, включаючи незаплановані простої та фінансові втрати.

1.3 Процес проектування системи електропостачання підприємств

Під час проектування СЕП послідовно визначаються наступні ключові параметри [4]:

- Електротехнічні навантаження (Electrical Loads): Визначається фактичне та прогнозоване споживання електроенергії для кожної групи електроприймачів, окремих вузлів навантажень та для підприємства у цілому. Це включає розрахунок усіх потужностей.
- Структура СЕП (System Architecture): Розробляється принципова схема СЕП, що включає визначення оптимальної кількості і місця розташування всіх елементів системи – підстанцій, розподільних пунктів, комутаційних апаратів тощо.

- Рациональна напруга живлення та розподільних мереж (Optimal Voltage Levels): Вибираються найбільш ефективні рівні напруги для передачі та розподілу електроенергії на різних ділянках мережі з урахуванням втрат та економічних аспектів.
- Спосіб транспортування електричної енергії (Energy Transmission Method): Визначаються конкретні способи прокладання ліній живлення та розподільних мереж – використання кабельних ліній, повітряних ліній, шинопроводів, з урахуванням умов навколишнього середовища та вимог безпеки.
- Конструктивне виконання електричних установок та електрообладнання (Equipment Design & Enclosures): Вибираються типи та моделі електрообладнання, їх корпуси та ступені захисту, що відповідають умовам експлуатації (наприклад, відкриті установки, закриті шафи, вибухозахищені виконання).
- Технічні засоби забезпечення електробезпеки (Electrical Safety Measures): Проектуються системи заземлення, захисного відключення, блискавкозахисту, а також засоби індивідуального захисту для персоналу.

Якісно виконаний етап проектування дає змогу уникнути багатьох поширених проблем, для прикладу незапланованого збільшення кошторису під час монтажних робіт, або конфлікти "накладання" різних інженерних мереж (електропостачання, водопостачання, вентиляції) одна на одну. Ретельне опрацювання всіх деталей проекту дозволяє мінімізувати необхідність доопрацювань на стадії монтажу та забезпечити гармонійну інтеграцію всіх інженерних систем підприємства.

1.4 Характеристика споживачів електричної енергії

Споживачі електричної енергії (Electrical Consumers / Loads) – це інтегрована сукупність електричних машин, апаратів, ділянок ліній електропередач та допоміжних пристроїв, функціональне призначення яких полягає у використанні електричної енергії для здійснення корисних робіт, або для її подальшого перетворення, передачі та розподілу.

Широкий спектр об'єктів підпадає під категорію електроспоживачів: від великих промислових підприємств і комунальних об'єктів до електрифікованого транспорту та систем міського освітлення. У промисловому контексті до них належать верстати із числовим програмним керуванням, піднімально-транспортні механізми (крани, конвеєри), компресори, промислові вентилятори, насосні станції, зварювальні установки, технологічні трансформатори та різні типи електропечей.

Класифікація електроприймачів здійснюється за кількома ключовими технічними параметрами: номінальна напруга (Voltage Rating), рід струму (Current Type), споживана потужність (Power Consumption) та режим роботи (Operating Mode).

За напругою електроприймачі поділяються на:

- Низьковольтні: функціонують на напругах до 1000 В (включно). Більшість електрообладнання безпосередньо у цехах промислових підприємств належить до низьковольтних споживачів, оскільки вони живляться від стандартних промислових мереж 220/380 В.
- Високовольтні: призначені для роботи на напругах понад 1000 В.

За родом струму розрізняють електроприймачі, що працюють від:

- Мережі змінного струму (AC) стандартної промислової частоти 50 Гц. Це найпоширеніший тип.
- Мережі змінного струму підвищеної або зниженої частоти (використовується для специфічних технологічних процесів, наприклад, високочастотне зварювання).

Мережі постійного струму (DC) (наприклад, для електролізу, електротранспорту, деяких типів двигунів).

У типовому цеху промислового підприємства переважна більшість електроприймачів функціонує від мережі змінного струму з номінальною частотою 50 Гц.

За потужністю електроприймачі поділяються на:

- Малої потужності: до 10 кВт.
- Середньої потужності: до 100 кВт.
- Високої потужності: понад 100 кВт.

За режимом роботи електроприймачі поділяють на три основні групи, що характеризують їхній тепловий режим та тривалість роботи:

Тривалий режим (S1): Обладнання працює безперервно протягом такого часу, що його температура досягає стабільного значення.

Повторно-короткочасний режим (S3-S6): Робота з частими пусками, зупинками та паузами. Температура обладнання не встигає повністю стабілізуватися. Характерний для кранів, пресів.

Короткочасний режим (S2): Обладнання працює короткий проміжок часу, після чого слідує довга пауза, достатня для повного охолодження.

За принципом спільності технологічного процесу електроприймачі можна умовно розділити на: виробничі механізми (безпосередньо пов'язані з виготовленням продукції), загальнопромислові установки (забезпечують функціонування виробництва – вентиляція, компресія, водопостачання), підйомно-транспортне обладнання, перетворювальні пристрої (випрямлячі, інвертори), обладнання для електрозварювання, електронагрівальні та електролізні установки. Слід зазначити, що загальнопромислові установки (вентилятори, компресори, насоси) займають значне місце у загальному споживанні електроенергії.

Надійність електропостачання (Reliability of Power Supply) – це ключовий показник, що відображає здатність системи безперебійно забезпечувати підприємство електроенергією заданої якості (стабільна напруга, частота,

синусоїдальна форма струму). Це означає, що виробничі процеси не повинні перериватися через аварії в електромережі, а якість продукції не повинна погіршуватися через відхилення параметрів електроенергії. Електроприймачі ремонтно-механічного цеху, як правило, відносяться до другої категорії надійності споживачів. Це означає, що перерва в їхньому електропостачанні, хоч і не є катастрофічною, призводить до відчутних економічних втрат: масового невипуску продукції, значних простоїв робочих місць та виробничих механізмів, що вимагає швидкого відновлення живлення.

1.5 Висновки до Розділу 1

У цьому розділі проаналізовано ключові принципи проектування систем електропостачання (СЕП) промислових підприємств, такі як структурна простота, масштабованість, децентралізація навантажень, забезпечення безперервності виробничих циклів через селективність та дотримання електробезпеки. Розглянуто основні компоненти СЕП та різні топологічні схеми живлення (радіальні, магістральні, змішані), а також вимоги до джерел живлення та їх резервування.

Описано етапи проектування СЕП, включаючи визначення електротехнічних навантажень, розробку архітектури системи та вибір оптимальних параметрів. Наголошено на важливості якісного проектування для уникнення проблем в експлуатації. Надано характеристику кінцевих електроспоживачів за основними технічними параметрами та висвітлено значення надійності електропостачання для функціонування виробництва.

2 РОЗРАХУНКОВИЙ РОЗДІЛ.

2.1 Обґрунтування теми та аналіз системи електропостачання

Згідно з інженерною документацією об'єкта, а саме з технічним паспортом, всі наявні електричні навантаження перебувають у робочому стані. За критерієм надійності електропостачання, вони класифікуються як споживачі другої категорії.

Енергопостачання промислового обладнання та систем освітлення підприємства реалізується від внутрішньоцехових ТП, розташування яких візуалізовано на генеральному плані об'єкта.

На ТП №1 встановлено два силові трансформатори з ідентичною номінальною потужністю $1000 \text{ кВ} \cdot \text{А}$. На ТП №2 встановлено два силові трансформатори $630 \text{ кВ} \cdot \text{А}$ з ідентичною номінальною потужністю. В низьковольтній розподільній мережі обох підстанцій імплементована система автоматичного включення резерву (АВР) для забезпечення безперебійності електропостачання.

Список електроприймачів деталізовано у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Встановлена потужність електроприймачів

№ на схемі	Найменування приміщень та обладнання	$P_{\text{ел.обл.}},$ кВт	$P_{\text{осв}},$ кВт
3	Склад: освітлення тельфер	4.6	5.184
4	Склад: освітлення		3.456
6	Адміністративно-побутова будівля : освітлення обігрівач (2 шт.) силові споживачі	4.4 12.0	23.040

Продовження таблиці 2.1

7	Центральний корпус: Освітлювальне навантаження Гараж: зварювальний агрегат обігрів Лабораторія електричного цеху : обігрів Майстерня електричного цеху: токарний верстат свердлувальний верстат витяжний вентилятор обігрівач Компресорна станція: компресор стисненого повітря компресор холодної води Приймальне відділення: насос для молока – (6 шт.)		35.964
8	Компресор: освітлення гвинтовий компресор – (7 шт.) поршневий компресор – (2 шт.) пристрій зниження пари аміаку – (2 шт.) компресор холодної води		8.400
11	Компресор: освітлення компресор стисненого повітря		0.432
12	Склад: освітлення		1.512

Продовження таблиці 2.1

13	Головний корпус :		96.660
	освітлення		
	Ваговий цех:		
	стрічковий транспортер – (2 шт.)	5.6	
	мийний агрегат – (2 шт.)	4.4	
	Молокосховище:		
	насос для молока – (2 шт.)	2.2	
	Агрегатний цех:		
	мішалка – (20 шт.)	15.0	
	мішалка – (11 шт.)	9.0	
	насос молока (2 шт.)	2.2	
	обігрівач	2.2	
	Цех пастеризації:		
	сепаратор – (5 шт.)	90.0	
	гомогенізатор - (3 шт.)	70.0	
	теплообмінник – (3 шт.)	44.0	
	насос для молока (3 шт.)	4.4	
14	Цех розливу:		2.592
	насос для молока (5 шт.)	6.6	
	обігрівач	2.2	
	Холодильне відділення:		
	камера холодильна – (11 шт.)	26.4	
	Лабораторія:	8.6	
	обігрівач	2.2	
	Насос опалення – (3 шт.)	22.0	
	холодильне		
	насос – (2 шт.)	22.0	

Продовження таблиці 2.1

15	Будівельний цех: освітлення токарний фрезерний фугувальний наждачний шипорізний витяжний пристрій компресор	 1.8 3.5 2.6 2.8 1.5 2.2 3.2	8.640
16	Очисні споруди: освітлення насос поршневий водяний	 5.5	0.864
18	Приміщення запасу молока: освітлення	 	0.192

Електроживлення трансформаторних підстанцій 10 кВ реалізується від комірки №2 розподільчого пункту РП-27 міської мережі за допомогою єдиної кабельної лінії, яка прокладена в ґрунті.

У комутаційній схемі високовольтної сторони встановлено роз'єднувачі, вимикачі навантаження та плавкі запобіжники. На низьковольтній стороні задіяні силові розподільчі щити типу ПР-85, що обладнані збірними шинами та допускають одностороннє обслуговування.

Оскільки перша комірка РП-27 використовується сторонніми споживачами, створення резервного каналу для живлення силового обладнання стає неможливим.

Відповідно до нормативних вимог «Правил улаштування електроустановок» [4], до струмоприймачів II-ої категорії належать ті, перерва в електропостачанні яких може спричинити значний недовипуск продукції, масові простої персоналу, механізмів та промислового транспорту.

Аналіз існуючої схеми електропостачання всього виробничого циклу з виробництва цільномолочної продукції дозволяє констатувати її невідповідність

вимогам категоризації, встановленим ПУЕ. Ця схема є недосконалою та потребує суттєвих конструктивних модифікацій.

Далі представлені виробничі фактори, що зумовлюють необхідність підвищення рівня надійності електропостачання та внесення коректив у поточну схему живлення споживачів:

Для терморегуляції виробничих приміщень підприємства, при температурі зовнішнього середовища, що перевищує значення -22°C , використовується теплоносій, що генерується котельною установкою власного споживання. При зниженні температури нижче цього значення, додатково активуються 8 одиниць калориферних установок ВЦ4–70, кожна з яких має відповідну номінальну потужність 2,2 кВт.

Для забезпечення процесу охолодження та тимчасового зберігання готової продукції застосовуються холодильні камери з диференційованими температурними режимами. Сумарний робочий об'єм цих холодильних камер становить 1920 тон. Зокрема, для зберігання готової продукції внутрішня температура в холодильній камері повинна підтримуватися в діапазоні заданих значень $-3...-7^{\circ}\text{C}$, а для глибокого заморожування вона має бути постійною -18°C .

В якості холодоагенту для холодильних камер використовується аміак (NH_3) – високолузний хімічний елемент, який при витоку здатен викликати інтоксикацію організму, асфіксію, напади кашлю, запаморочення, цефалгію та призвести до втрати зору. Крім того, аміак є горючим та вибухонебезпечним. Хоча сам по собі аміак не впливає на надійність електропостачання, електроустановки, задіяні для його компресії та декомпресії, вимагають підвищеної відповідальності щодо забезпечення стабільного електроживлення.

Для досягнення необхідного рівня функціонування та підвищення надійності електропостачання пропонується сегментація всіх електроприймачів на дві категорії: другу та третю, відповідно до категорій електропостачання. У комутаційній схемі приймачів другої категорії передбачається інтеграція резервного живлення від стаціонарної дизельної електростанції (ДЕС).

З економічної точки зору, доцільність даного технічного рішення обґрунтовується аналізом потенційних збитків виробництву внаслідок недостатньої надійності існуючої схеми електропостачання.

Показники надійності елементів системи характеризуються параметрами потоків відмов (аварійних ситуацій), потоків планових відключень та їх тривалості. За даними енергетичної служби підприємства, середня сумарна тривалість усіх аварійних відключень за 2015 рік становила 72.8 години, а планових – 362.2 години.

2.2 Розробка електричної схеми ЕП ТОВ.

Оскільки, на кожній трансформаторних підстанціях, розміщених в середині цеху, є встановленими трансформатори рівної потужності, пропонуємо приєднання електричних приймачів, наведене в табличній формі. Схеми електричні принципові трансформаторних підстанцій наведені в графічній частині кваліфікаційної роботи бакалавра.

Таблиця 2.2 - Розподілення електричного навантаження секціями трансформаторної підстанції №1.

Секція №1	Приведене навантаження, <i>кВт</i>		Секція №2
Розподільчий пристрій 1-1			Розподільчий пристрій 1-2
Компресорна 8	338.00	216,40	Компресорна 8
		8.76	Склад 3
Розподільний пристрій 2-1		3,50	Склад з навісом 4
Компресорна 11	37.43	1.52	Склад 12
Щит освітлення			Розподільчий пристрій 2-2
Освітлювальна установка	23,00	151,00	Головний корпус 7
Разом	398.43	381,18	Разом:

Таблиця 2.3 – Розподілення електричного навантаження секціями трансформаторної підстанції №2.

Секція №1	Приведене навантаження, кВт		Секція №2
Розподільчий пристрій 1-3			Розподільчий пристрій 2-3
Головний корпус 13*	261,60	39,40	АБК 6
		24,60	Насосна другого підйому..
		26,200	Будівельний цех 15
		6,36	Очисна 16
		55,00	Головний корпус 13*
			Щит освітлення -1
		96,70	Цехова ОУ
			Щит освітлення -2
		22,00	ОУ вулична
Разом	261,600	270,30	Разом:

2.3 Розрахунки потужності ТП. Вибір обладнання ТП.

2.3.1 Проведення розрахунку електричного навантаження.

Під час розрахунку використано метод коефіцієнту максимуму (інша назва – метод упорядкованих діаграм).

Розрахунок проведемо у відповідності до схеми ЕП:

Склад:

На об'єкті, крім освітлювальної установки (ОУ), яка має потужність 5,184 κBm , також використовують силові обладнання в вигляді підіймача-тельфер.

Потужність ОУ:

$$P_{осв} = P_{nut} \cdot S \text{ (}\kappa Bm\text{)}.$$

Рекомендовані норми питомого навантаження штучного освітлення (ШО) для проведення розрахунку освітленості адміністративних та виробничих приміщень, наведені у табличній формі.

Таблиця 2.4 - Навантаження ШО

Назва приміщення	Значення питомого навантаження, Bm / m^2
Гараж	11,0
Ремонтні майстерні	12,0
Деревообробна майстерня	12,0
Молочна, лабораторія	15.5
Склади матеріалів та устаткування	3.0
Приміщення персоналу	18.00

Для визначення середнього та максимального навантаження за відповідну зміну наведемо навантаження в вигляді наступної формули:

$$P_p = P_n \sqrt{ПВ} \text{ (}\kappa Bm\text{)};$$

$$P_n = 4,6 \text{ }\kappa Bm;$$

$$ПВ = 60\%.$$

$$P_p = 4,6 \sqrt{0,6} = 3,56 \text{ }\kappa Bm.$$

Середня активна потужність за відповідну зміну:

$$P_{зм} = K_v \cdot P_p \text{ (}\kappa Bm\text{)};$$

$$P_{см} = 0,3 \cdot 3,56 = 1,068 \text{ }\kappa Bm.$$

Середня реактивна потужність становить:

$$Q_{cm} = P_{cm} \cdot \operatorname{tg} \varphi \text{ (кВАр)};$$

де $\operatorname{tg} \varphi = 1,73$ при $\cos \varphi = 0,5$ [3].

$$Q_{cm} = 1,068 \cdot 1,73 = 1,85 \text{ кВАр}.$$

Середнє навантаження знаходиться за формулою:

$$S_{cm} = \sqrt{P_{cm}^2 + Q_{cm}^2} \text{ (кВ} \cdot \text{А)};$$

$$S_{cm} = \sqrt{1,068^2 + 1,85^2} = 2,14 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

Для того щоб визначити максимальне повне навантаження використаємо відношення:

Максимального активного навантаження:

$$P_m = K_m \cdot P_{cm} \text{ (кВт)};$$

$$K_m = 1 + \frac{1,5}{\sqrt{n_e}} \sqrt{\frac{1 - K_{в.сер}}{K_{в.сер}}};$$

Значення середнього коефіцієнту попиту:

$$K_{в.сер} = \frac{\sum P_{cm}}{\sum P_n};$$

$$K_{в.сер} = \frac{1,068}{3,56} = 0,3;$$

$$K_m = 1 + \frac{1,5}{\sqrt{1}} \sqrt{\frac{1 - 0,3}{0,3}} = 4,58;$$

$$P_m = 4,58 \cdot 1,068 = 4,89 \text{ кВт}.$$

Реактивне навантаження:

$$Q_m = K'_m \cdot Q_{cm} \text{ (квар)};$$

де $K'_m = 1,1$ при $n_e \leq 10$; $K'_m = 1,0$ при $n_e \gg 10 \frac{1}{2}$.

Звідси:

$$Q_m = 1,1 \cdot 1,85 = 2,04 \text{ квар}.$$

Максимальне навантаження:

$$S_{\text{м}} = \sqrt{P_{\text{м}}^2 + Q_{\text{м}}^2} \text{ (кВ} \cdot \text{А)};$$

$$S_{\text{м}} = \sqrt{4,89^2 + 2,04^2} = 5,3 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

Під час визначення середнього та максимального навантаження послідовність розрахунку аналогічна, тому скористаємося зведеною відомістю електричних навантажень. Зведена відомість зображена у табличній формі.

Таблиця 2.5 - Навантаження складу.

Назва електричного приймача	Встановлене навантаження						Середнє за зміну навантаження						Максимальне навантаження			
	$P_{\text{н}},$ кВт	n	$P_{\text{н}} \Sigma$ кВт	$K_{\text{в}}$	$\cos \varphi$	$\operatorname{tg} \varphi$	$P_{\text{см}},$ кВт	$Q_{\text{см}},$ квар	$S_{\text{см}},$ кВ·А	$n_{\text{е}}$	$K_{\text{м}}$	$K_{\text{м}}'$	$P_{\text{м}},$ кВт	$Q_{\text{м}},$ кВар	$S_{\text{м}},$ кВ·А	$I_{\text{м}},$ А
Розподільчий пристрій 1-2 Тельфер $ПВ = 60\%$	3,560	10	3,560	0,30	0,50	1,730	1,070	1,850								
Всього по Розподільчому пристрої 1-2	-	1,0	3,560	0,30	0,50	1,730	1,070	1,850	2,140	-	-	-	1,070	1,850	2,140	3,250
Щит освітлення			5,200	0,850	0,950	0,330	4,420	1,460	4,650	-	-	-	4,420	1,460	4,650	7,10

Склад з навісом.

Середнє та максимальне навантаження визначається лише навантаженням ОУ, із розрахунковою потужністю 3,456 kW . Зведена відомість зображена в табличній формі.

Таблиця 2.6 – Навантажень складу із навісом.

Назва електричного приймача	Встановлене навантаження						Середнє за зміну навантаження						Максимальне навантаження			
	P_n , kW	n	$P_n \Sigma$ kW	K_ϵ	$\cos \varphi$	$\tan \varphi$	P_{cm} , kW	Q_{cm} , kvar	S_{cm} , $\text{kB} \cdot \text{A}$	n_e	K_m	K_m'	P_m , kW	Q_m , kvar	S_m , $\text{kB} \cdot \text{A}$	I_m , A
Щит освітленн я			3,5	0.85	0.95	0.33	2.98	0.28	2.99	-	-	-	2.98	0.28	2.99	4.55

АПК:

В АПК потужність ОУ становить 23,04 kW . 12 kW – потужність однофазних електричних споживачів.

Так як однофазне навантаження може бути розподілене рівномірно із величиною нерівномірності не більше 15%, то розрахунок проводиться, взявши за номінальну потужність відповідно приєднану. Результати проведеного розрахунку наведені у табличній формі.

Таблиця 2.7 – Навантаження АПК 6.

Назва електричного приймача	Встановлене навантаження						Середнє за зміну навантаження						Максимальне навантаження			
	P_n , кВт	n	$P_n \Sigma$ кВт	K_v	$\cos \varphi$	$\tan \varphi$	P_{cm} , кВт	Q_{cm} , квар	S_{cm} , кВ·А	n_e	K_m	K_m'	P_m , кВт	Q_m , квар	S_m , кВ·А	I_m , А
Розподільч ий пристрій 2-3, Калорифер, Інші електроспо живачі	2.2 -	2,0 -	4,40 12.0	0.75 0,30	0.95 0.75	0.33 0.88	3,30 10.2	1.09 8.98								
Усього по Розподільч ому пристрої 2- 3	-	≥ 10	16,40	0.82	0.8	0.75	13,50	10,10	16,90	2,0	1,50	1.0	20,30	10,10	22,60	34,40
Щит освітлення			23,00	0.85	0.95	0.33	19,60	6.45	20,60	-	-	-	19,60	6.45	20,60	31,40

Головний корпус.

В графічній частині кваліфікаційної роботи бакалавра представлена схема включення однофазного електричного навантаження на лінійну напругу.

Приведення:

$$P_n = S_n \cdot \cos \varphi \sqrt{PB} \text{ (кВт)};$$

$$S_n = 16,5 \text{ кВ} \cdot \text{А};$$

$$PB = 40 \text{ \%};$$

$$\cos \varphi = 0,35.$$

$$P_n = 16,5 \cdot 0,35 \sqrt{0,4} = 3,65 \text{ кВт}.$$

Навантаження фаз:

$$P_B = P_{\phi.\text{нб}} = \frac{2 \cdot P_{\text{н}} + 2 \cdot P_{\text{н}}}{2} = 2 \cdot P_{\text{н}} \text{ (кВт)};$$

$$P_B = 2 \cdot 3,65 = 7,3 \text{ кВт}.$$

$$P_A = P_C = P_{\phi.\text{нм}} = \frac{P_{\text{н}} + 2 \cdot P_{\text{н}}}{2} = 1,5 \cdot P_{\text{н}} \text{ (кВт)};$$

$$P_A = P_C = P_{\phi.\text{нм}} = 1,5 \cdot 3,65 = 5,48 \text{ кВт}.$$

Нерівномірність:

$$H = \frac{P_{\phi.\text{нб}} - P_{\phi.\text{нм}}}{P_{\phi.\text{нм}}} \cdot 100 \text{ (\%)};$$

$$H = \frac{7,3 - 5,48}{5,48} \cdot 100 = 33,2 \text{ \%}.$$

Коли значення величини нерівномірності $H \geq 15\%$, умовна трьохфазна потужність знаходить за формулою:

$$P_y = 3 \cdot P_{\text{п.}\phi} \text{ (кВт)};$$

де $P_{\text{п.}\phi} = 7,3 \text{ кВт}$.

$$P_y = 3 \cdot 7,3 = 21,9 \text{ кВт}.$$

Зведена відомість електричних навантажень зображена в табличній формі.

Таблиця 2.8 – Головний корпус.

Назва електричного приймача	Встановлене навантаження						Середнє за зміну навантаження						Максимальне навантаження			
	P_n , кВт	n	$P_n \Sigma$ кВт	K_ϵ	$\cos \varphi$	$tg \varphi$	P_{cm} , кВт	Q_{cm} , квар	S_{cm} , кВ·А	n_e	K_m	K'_m	P_m , кВт	Q_m , квар	S_m , кВ·А	I_m , А
Розподільчий пристрій 2-2 Трансформатор зварювальний, $ПВ = 40\%$	21,90	1,0	21,90	0,25	0,35	2,67	5,48	14,6 0								
Лабораторія;	-	-	60,00	0,35	0,75	0,88	21,0	18,5								
Верстат	6,00	1,0	6,00	0,14	0,50	1,73	0,84	1,45								
свердильний;																
Верстат	2,60	1,0	2,60	0,14	0,50	1,73	0,36	0,63								
токарний;																
Компресор	2,50	1,0	2,50	0,60	0,80	0,75	1,50	1,13								
4ВУ/5;	37,00	1,0	37,00	0,70	0,80	0,75	25,9	19,4								
Вентилятор																
втяжний;	8,00	1,0	8,00	0,70	0,80	0,75	5,60	4,20								
Молочний	1,10	6,0	6,60	0,70	0,80	0,75	4,62	3,47								
насос;	2,20	3,0	6,60	0,75	0,95	0,33	4,95	1,63								
Калорифер;																
Компресор для льодяної води.																
Всього	-	≥ 10	151,0	0,47	0,73	0,93	70,3	65,0	95,8	15	1,4	1,0	98,4	65,0	118	179
Розподільчий пристрій 2-2																
Щит освітлення			23,00	0,85	0,95	0,33	19,6	6,45	20,6	-	-	-	19,6	6,45	20,6	31,4

Компресорна.

Розрахункова потужність ОУ становить 8,40 кВт.

Зведена відомість електричних навантажень представлено у табличній формі.

Таблиця 2.9 – Навантаження компресорної 8

Назва електричного приймача	Встановлене навантаження						Середнє за зміну навантаження						Максимальне навантаження			
	P_n , кВт	n	$P_n \Sigma$ кВт	K_ϕ	$\cos \varphi$	$\tan \varphi$	P_{cm} , кВт	Q_{cm} , квар	S_{cm} , кВ·А	n_e	K_m	K_m	P_m , кВт	Q_m , квар	S_m , кВ·А	I_m , А
Розподільчий пристрій 1-1																
Аміачно-гвинтовий компресор	100,0	2,0	200,0	0,70	0,80	0,75	140	105								
Аміачно-поршневий компресор	60,0	2,0	120,0	0,70	0,80	0,75	84,0	63,0								
Установка зниження тиску аміаку	8,80	2,0	17,6	0,70	0,80	0,75	12,3	9,24								
Всього по розподільчому пристрої 1-1	-	5,0	338,0	0,70	0,80	0,75	236	177	295	5,0	1,4	1,1	330	195	383	583
Розподільчий пристрій 1-2																
Аміачно-гвинтовий компресор	100,0	2,0	200,0	0,70	0,80	0,75	140	105								
Компресор для льодяної води	8,00	1,0	8,00	0,70	0,80	0,75	5,60	4,20								
Всього розподільчому пристрої 1-2	-	3,0	208,0	0,70	0,80	0,75	146	109	182	3,0	1,6	1,1	234	120	267	399
Щит освітлення			8,40	0,85	0,95	0,33	7,14	2,36	7,52				7,14	2,36	7,52	11,4

Компресорна:

Зведена відомість електричного навантаження наведена у табличній формі.

Розрахункова потужність ОУ становить 0,40 кВт.

Таблиця 2.10 – Навантаження компресорної 11

Назва електричного приймача	Встановлене навантаження						Середнє за зміну навантаження						Максимальне навантаження			
	P_n , кВт	n	$P_n \Sigma$ кВт	K_ϵ	$\cos \varphi$	$\tan \varphi$	P_{cm} , кВт	Q_{cm} , квар	S_{cm} , кВ·А	n_e	K_m	K_m'	P_m , кВт	Q_m , квар	S_m , кВ·А	I_m , А
Розподільчий пристрій 2-1 Компресор 4ВУ / 5	37.0	1,0	37.0	0,70	0,80	0.75	25.9	19.4								
Всього по розподільчому у пристрої 2-1	-	1,0	37.0	0,70	0,80	0.75	25.9	19.4	32.4	1	2.0	1.1	51.8	21.3	56.0	85.2
Щит освітлення			0.43	0.85	0.95	0.33	0.37	0.12	0.39				0.37	0.12	0.39	1.0

Склад:

Зведена відомість електричних навантажень зображена у табличній формі.

Розрахункова потужність ОУ становить 1,50 кВт.

Таблиця 2.11 – Навантаження складу 12

Назва електричного приймача	Встановлене навантаження						Середнє за зміну навантаження						Максимальне навантаження			
	P_n , кВт	n	$P_n \Sigma$ кВт	K_ϵ	$\cos \varphi$	$\tan \varphi$	P_{cm} , кВт	Q_{cm} , квар	S_{cm} , кВ·А	n_e	K_m	K_m'	P_m , кВт	Q_m , квар	S_m , кВ·А	I_m , А
Щит освітлення			1.52	0.85	0.95	0.33	1.29	0.43	1.34				1.29	0.43	1.34	2.04

Продовження таблиці 2.12

Всього розподільчому пристрої 1-3	-	≥ 10	262	0.66	0.77	0.83	173	146	226	60	1.1	1.0	190	146	240	365
Розподільчий пристрій 2-3																
Холодильна камера ВОП	2,20	12	26.4	0,40	0,80	0.75	10.6	7.92								
Калорифер	2,20	3,0	6,60	0.75	0.95	0.33	4.95	1.63								
Насос опалення	11.0	2,0	22.0	0,70	0,80	0.75	15.4	11.6								
Всього по розподільчому пристрої 2-3	-	≥ 10	44.0	0,70	0,83	0.66	31.0	21.2	37,4	17	1.2	1.0	37.2	21.2	42.8	65.1
Щит освітлення	-	-	96.7	0.85	0.95	0.33	82.2	27.1	86.6	-	-	-	82.2	27.1	86.6	132

Насосна другого підйому:

Зведена відомість електричних навантажень зображена в табличній формі.

Розрахункова потужність ОУ становить 2,60 кВт.

Таблиця 2.13 – Навантаження насосної другого підйому 14

Назва електричного приймача	Встановлене навантаження						Середнє за зміну навантаження						Максимальне навантаження			
	P_n , кВт	n	$P_n \Sigma$, кВт	K_v	$\cos \varphi$	$\tan \varphi$	P_{cm} , кВт	Q_{cm} , квар	S_{cm} , кВ·А	n_e	K_m	K_m'	P_m , кВт	Q_m , квар	S_m , кВ·А	I_m , А
Розподільчий пристрій 2-3 Насос	11.0	2,0	22.0	0.70	0,80	0.75	15.4	11.6								
Всього по розподільчому пристрої 2-3	-	2,0	22.0	0,70	0,80	0.75	15.4	11.6	19.3	2	1.7	1.1	26.2	12.8	29.1	44.3
Щит освітлення	-	-	2.59	0.85	0.95	0.33	2.20	0.73	2.32	-	-	-	2.20	0.73	2.32	3.53

Будівельний цех (столярна майстерня):

Зведена відомість електричних навантажень зображена в табличній формі.

Розрахункова потужність ОУ становить 8,60 *кВт*.

Таблиця 2.14 – Навантаження будівельного цеху 15

Назва електричного приймача	Встановлене навантаження						Середнє за зміну навантаження						Максимальне навантаження			
	P_n , <i>кВт</i>	n	$P_n \Sigma$ <i>кВт</i>	K_ϵ	$\cos \varphi$	$\tan \varphi$	P_{cm} , <i>кВт</i>	Q_{cm} , <i>квар</i>	S_{cm} , <i>кВ·А</i>	n_e	K_m	K_m'	P_m , <i>кВт</i>	Q_m , <i>квар</i>	S_m , <i>кВ·А</i>	I_m , <i>А</i>
Розподільчий пристрій 2-3																
Токарний верстат	1,80	1,0	1,80	0,14	0,50	1,73	0,25	0,46								
Фугувальний верстат	3,50	1,0	3,50	0,14	0,50	1,73	0,49	0,85								
Фрезерний верстат	2,60	1,0	2,60	0,14	0,50	1,73	0,36	0,63								
Шипорізний верстат	2,80	1,0	2,80	0,14	0,50	1,73	0,39	0,69								
Наждачний верстат	1,50	1,0	1,50	0,14	0,50	1,73	0,21	0,36								
Витяжний вентилятор	2,20	1,0	2,20	0,60	0,80	0,75	1,32	0,99								
Компресор	3,20	1,0	3,20	0,70	0,80	0,75	2,24	1,68								
Всього по розподільчий пристрій 2-3	-	7,0	17,6	0,30	0,68	1,08	5,26	5,66	7,73	7	1,9	1,1	9,99	6,23	11,8	17,9
Щит освітлення	-	-	8,64	0,85	0,95	0,33	7,34	2,42	7,73	-	-	-	7,34	2,42	7,73	11,8

Очисна:

Зведена відомість електричних навантажень зображена у табличній формі.
Розрахункова потужність ОУ становить 0,86 кВт.

Таблиця 2.15 – Навантаження очисної 16

Назва електричного приймача	Встановлене навантаження						Середнє за зміну навантаження						Максимальне навантаження			
	P_n , кВт	n	$P_n \Sigma$ кВт	K_v	$\cos \varphi$	$\tan \varphi$	P_{cm} , кВт	Q_{cm} , квар	S_{cm} , кВ·А	n_e	K_m	K_m'	P_m , кВт	Q_m , квар	S_m , кВ·А	I_m , А
Розподільчий пристрій 2-3 Насос води	5,50	1,0	5,50	0,70	0,80	0,75	3,85	2,89								
Всього по розподільчому у пристрої 2-3	-	1,0	5,50	0,70	0,80	0,75	3,85	2,89	4,81	1	2,0	1,1	7,7	3,18	8,33	12,7
Щит освітлення			0,86	0,85	0,95	0,33	0,73	0,24	0,77	-	-	-	0,73	0,24	0,77	1,2

2.3.2 Розрахунок коефіцієнту завантаження силових трансформаторів ТП-1, ТП-2 та визначення придатності цих трансформаторів для подальшої експлуатації

Вибір силових трансформаторів проводиться із врахуванням можливих втрат у ньому. Тому перевірку трансформаторів проведемо, визначивши втрати, які виникають у них. Для визначення втрат скористаємося відношенням:

Активна складова втрат у силовому трансформаторі:

$$\Delta P_T = 0,02 \cdot \sum S_{m(HH)} \text{ (кВт)}.$$

Реактивна складова:

$$\Delta Q_T = 0,1 \cdot \sum S_{m(HH)} \text{ (квар)}.$$

Повні втрати становлять:

$$\Delta S_T = \sqrt{\Delta P_T^2 + \Delta Q_T^2} \quad (\kappa B \cdot A).$$

Розрахункова потужність силового трансформатора:

$$S_T \geq S_p = 0,7 \cdot S_{m(BH)} \quad (\kappa B \cdot A).$$

Результати розрахунків зображені у таблицях 2.15 та 2.16.

Для ТП-1:

$$\Delta P_T = 0,02 \cdot 858,0 = 17,16 \quad \kappa Bm;$$

$$\Delta Q_T = 0,1 \cdot 858,0 = 85,80 \quad \kappa BAp;$$

$$\Delta S_T = \sqrt{17,16^2 + 85,80^2} = 87,50 \quad \kappa B \cdot A.$$

Для ТП-2:

$$\Delta P_T = 0,02 \cdot 487,0 = 9,74 \quad \kappa Bm;$$

$$\Delta Q_T = 0,1 \cdot 487,0 = 48,70 \quad \kappa BAp;$$

$$\Delta S_T = \sqrt{9,74^2 + 48,70^2} = 49,66 \quad \kappa B \cdot A.$$

Таблиця 2.16 – Навантаження на шинах низької напруги та високої напруги
ТП-1

Назва електричного приймача	Встановлене навантаження						Середнє за зміну навантаження						Максимальне навантаження			
	P_n , κBm	n	$P_n \Sigma$ κBm	K_ϵ	$\cos \varphi$	$tg \varphi$	P_{cm} , κBm	Q_{cm} , κBAp	S_{cm} , $\kappa B \cdot A$	n_e	K_m	K'_m	P_m , κBm	Q_m , κBAp	S_m , $\kappa B \cdot A$	I_m , A
Всього по РП1-1	-	-	338	0,70	0,80	0,75	236	177	295	-	-	-	330	195	383	582
Всього по РП1-2	-	-	230	0,70	0,81	0,72	163	115	201	-	-	-	251	126	281	427
Всього по РП2-1	-	-	37,4	0,70	0,80	0,75	26,3	19,5	32,8	-	-	-	51,8	21,3	56,0	85,2
Всього по РП2-2	-	-	151	0,50	0,73	0,94	70,3	65,0	95,8	-	-	-	98,4	65,0	118	179
Щит освітлення	-	-	23,0	0,85	0,95	0,34	19,6	6,45	20,6	-	-	-	19,6	6,45	20,6	31,3
Всього шинах низької напруги	-	-	-	-	-	-	515	383	642	-	-	-	751	414	858	-
Втрати													17,2	85,8	87,5	-
Всього на високій напрузі													768	500	946	-

Таблиця 2.17 – Навантаження на шинах низької напруги і високої напруги
ТП-2

Назва електричного приймача	Встановлене навантаження						Середнє за зміну навантаження						Максимальне навантаження			
	P_n , кВт	n	$P_n \Sigma$ кВт	K_v	$\cos \varphi$	$\tan \varphi$	P_{cm} , кВт	Q_{cm} , квар	S_{cm} , кВ·А	n_e	K_m	K_m	P_m , кВт	Q_m , квар	S_m , кВ·А	I_m , А
Всього по РП1-3	-	-	262	0.66	0.77	0.83	173	146	226	-	-	-	190	146	240	365
Всього по РП2-3	-	-	151	0,70	0.85	0.61	98.9	61.3	118	-	-	-	131	63.4	146	222
Щит освітлення-1	-	-	96.7	0.85	0.95	0.33	82.2	27.1	86.6	-	-	-	82.2	27.1	86.6	132
Щит освітлення-2	-	-	22.0	0.85	0.95	0.33	18.7	6,20	19.7	-	-	-	18.7	6,20	19.7	30.0
Всього шин низької напруги							373	241	444	-	-	-	422	243	487	-
Втрати													9.74	48.7	49.7	-
Всього на високій напрузі													432	292	537	-

Знаходимо розрахункову потужність силових трансформаторів із врахуванням втрат, проте без КРП :

Для ТП-1:

$$S_T \geq S_p = 0,7 \cdot 946,0 = 662,0 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

Для ТП-2:

$$S_T \geq S_p = 0,7 \cdot 537,0 = 375,9 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

Коефіцієнти завантаження силових трансформаторів :

$$K_3 = \frac{\sum S_{(HH)}}{S_T};$$

Для ТП-1:

$$K_3 = \frac{858,0}{2 \cdot 100} = 0,72;$$

Для ТП-2:

$$K_3 = \frac{487,0}{2 \cdot 630} = 0,39.$$

Низьке завантаження ТП-2, в відмінності від ТП-1, зумовлена впровадженням в виробництво новій лінії з випуску кисломолочної продукції.

2.4 Висновки до Розділу 2

- 1 Проведено обґрунтування теми та аналіз системи електропостачання.
- 2 Проведена розробка електричної схеми електропостачання.
- 3 Проведено розрахунки потужності трансформаторних підстанцій та вибір обладнання трансформаторних підстанцій.
- 4 Проведено розрахунок коефіцієнту завантаження силових трансформаторів ТП-1, ТП-2 та визначення придатності цих трансформаторів для подальшої експлуатації.

3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Розрахунки мереж напругою 10 та 0,4 кВ

3.1.1 Розрахунок перерізу ліній 10 та 0,4 кВ

Розрахунок перерізу ліній 10 та 0,4 кВ проведемо за економічною щільністю струму.

Щоб спростити розрахунок перерізу ліній, відповідно, наведемо схему приєднань, скориставшись генеральним планом підприємства і схемами приєднання струмоприймачів (графічна частина).

Вихідні дані для розрахунку візьмемо із даних навантажень і наведемо в табл. 3.1 та 3.2. В цих таблицях внесемо заздалегідь вибрану марку кабелю.

Таблиця 3.1 – Вихідні дані для розрахунку ліній 0.4 кВ

№ ділянки	Навантаження $\sum S_{im},$ $кВ \cdot А$	Довжина $L_i, м$	$\cos \varphi_i$	Розрахунковий струм $I_i, А$	Марка кабелю
<u>ТП №-1</u>					
Лінія 1					
1	11.12	45.0	0.95	16.9	<i>М</i>
2	9.78	35.0	0.95	14.9	<i>М</i>
3	6.79	15.0	0.95	10.3	<i>М</i>
4	2.99	55.0	0.95	4.54	<i>М</i>
5	1.34	145.0	0.95	2.0	<i>М</i>
Лінія 2					
6	56.39	95.0	0.8	85.78	<i>М</i>
Лінія 3					
7	383.0	50.0	0.7	589.60	<i>СРБ</i>
Лінія 4					
8	274.5	50.0	0.81	415.55	<i>СРБ</i>
<u>ТП №-2</u>					
Лінія 5					
9	103.25	9.0	0.83	157.06	<i>М</i>
10	43.2	135.0	0.88	65.71	<i>М</i>
11	60.1	45.0	0.82	91.34	<i>М</i>
12	50.95	45.0	0.82	77.50	<i>М</i>
13	19.53	60.0	0.82	29.71	<i>М</i>
14	9.1	7.0	0.82	13.84	<i>М</i>
15	31.42	12.0	0.81	47.79	<i>М</i>

Таблиця 3.2 – Вихідні дані для розрахунку ліній 10 кВ

№ ділянки	Навантаження $\sum S_{im},$ $\kappa B \cdot A$	$\cos \varphi_i$	Довжина лінії $L_i, \text{ м}$	Розрахунковий струм $I_i, \text{ А}$	Марка кабелю
<u>РП-27</u>					
Лінія 6					
16	80.0	0.82	1345	77.8	ААБ
17	190.0	0.84	487.0	28.2	ААБ
18	8.0	0.8	858.0	49.6	ААБ

Переріз провідників визначимо за умовою економічної доцільності:

$$S_{eki} = \frac{I_i}{J_{ек}} \left(\text{мм}^2 \right);$$

де I_i – максимальне значення розрахункового струму, А ;

$J_{ек}$ - нормоване значення економічної густини струму, під час тривалості максимуму навантаження, А/мм^2 .

Для неізолюваного мідного проводу і шин економічна густина струму, під час тривалості максимуму навантаження до 3 тис. годин складе $2,5 \text{ А/мм}^2$, для алюмінію $1,3 \text{ А/мм}^2$. Для дротів з гумовою і полівінілхлоридною та кабелю з паперовою ізоляцією з мідною жилою $3,0 \text{ А/мм}^2$, з алюмінієвою $1,6 \text{ А/мм}^2$. Для кабелю з пластмасовою і гумовою ізоляцією з мідною жилою $3,5 \text{ А/мм}^2$.

Доцільний переріз дротів для першої ділянки першої лінії:

Довжина ділянки $L_1 = 45,0 \text{ м}$. Вузол відпайки має загальне навантаження всіх струмоприймачів, що рівний $\sum S_{1м} = 11,12 \text{ кВ} \cdot \text{А}$.

Значення струму в лінії розрахуємо за формулою:

$$I_1 = \frac{\sum S_{1м}}{\sqrt{3} \cdot 0,380} \left(\text{А} \right); \quad I_1 = \frac{11,12}{\sqrt{3} \cdot 0,380} = 16,9 \text{ А}.$$

$$S_{ек1} = \frac{16,9}{2,5} = 6,76 \text{ мм}^2.$$

Результати розрахунку заокруглимо до найближчого більшого значення, яке дорівнює 10 мм^2 . Але враховуючи район ожеледі, використовуючи даний

спосіб прокладки дроту, згідно ПУЕ, потрібно прийняти мінімально допустиме значення перерізу – 16 мм^2 .

Визначений переріз дроту для лінії 1 буде ідентичним для інших ділянок, зважаючи на те, що ділянка 1 виступає як найбільш навантажена. Таким чином, переріз дроту для магістральної частини та лінійних відгалужень, отриманий в результаті обчислень, становитиме 16 мм^2 .

Доцільний переріз для шостої ділянки другої лінії:

$$S_{ек6} = \frac{85,78}{2,5} = 34,31 \text{ мм}^2.$$

Приймемо: $S_6 = 35 \text{ мм}^2$.

Розрахунок перерізів решти ділянок здійснюється аналогічним чином. Результати проведених розрахунків узагальнені та представлені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Розрахунок перерізів лінії 10 та 0.4 кВ

№ ділянки	$J_{ек}, A / мм^2$	$S_{eki}, мм^2$	Прийняте $S_i, мм^2$
ТП №-1			
Лінія 1			
1	2.5	6.76	16
2		5.96	16
3		4.12	16
4		1.82	16
5		0.8	16
Лінія 2			
6	2.5	34.31	35
Лінія 3			
7	3.5	168.46	2x95
Лінія 4			
8	3.5	118.73	2x70
ТП №-2			
Лінія 5			
9	2.5	62.82	70
10		26.28	35
11		36.54	50
12		31.0	35
13		11.88	16
14		5.54	16
15		19.12	25
РП-27			
Лінія 6			
16	1.6	48.6	50
17		17.6	25
18		31.0	35

Отримані розрахункові поперечні перерізи дротів та кабелів, що визначені відповідно до методики економічної щільності струму, ми перевіримо за допустимим струмовим навантаженням, використовуючи табличні відомості з глави 1.3 ПУЕ.

Прийнятні струмові навантаження для кожної частини цих ліній приєднань, разом з остаточним вибором типу дроту (кабелю), представимо у табл. 3.3.

Таблиця 3.4 – Вибір та перевірка перерізів дроту

№ ділянки	Допустимий струм I_i , А	Прийняте S_i , мм ²	Марка кабелю
<u>ТП №1</u>			
Лінія 1			
1	130	16	$M - 3 \times 16 + 1 \times 16$
2	130	16	$M - 3 \times 16 + 1 \times 16$
3	130	16	$M - 3 \times 16 + 1 \times 16$
4	130	16	$M - 3 \times 16 + 1 \times 16$
5	130	16	$M - 3 \times 16 + 1 \times 16$
Лінія 2			
6	220	35	$M - 3 \times 35 + 1 \times 16$
Лінія 3			
7	330	2x95	$CPB - 3 \times (2 \times 70) + 1 \times 25$
Лінія 4			
8	275	2x70	$CPB - 3 \times (2 \times 50) + 1 \times 25$
<u>ТП №2</u>			
Лінія 5			
9	340	70	$M - 3 \times 70 + 1 \times 16$
10	220	35	$M - 3 \times 35 + 1 \times 16$
11	270	50	$M - 3 \times 50 + 1 \times 16$
12	220	35	$M - 3 \times 35 + 1 \times 16$
13	130	16	$M - 3 \times 16 + 1 \times 16$
14	130	16	$M - 3 \times 16 + 1 \times 16$
15	180	25	$M - 3 \times 25 + 1 \times 16$
<u>РП-27</u>			
Лінія 6			
16	140	50	$AAB - 3 \times 50 + 1 \times 25$
17	90	25	$AAB - 3 \times 25 + 1 \times 16$
18	115	35	$AAB - 3 \times 35 + 1 \times 16$

3.1.2 Розрахунок втрат напруги

Втрати напруги в лініях 0,4 кВ та 10 кВ визначимо за спрощеним варіантом:

$$\Delta U_i = K_i \cdot I_i \cdot l_i (\%);$$

де K_i – значення втрат напруги на 1 А·км ділянки трифазної мережі, що розглядаємо, %;

I_i – струм ділянки, А;

l_i – довжина ділянки, км.

Як приклад, розрахуємо значення втрат напруги на ділянках першої лінії:

Для мідних проводів поперечного перерізу 16 мм² і $\cos \varphi_1 = 0,95$, які прокладені відкрито: $K_i = 0,548$ (%/1км).

$$\Delta U_1 = 0,548 \cdot 16,9 \cdot 0,045 = 0,41 \%;$$

$$\Delta U_2 = 0,548 \cdot 14,9 \cdot 0,035 = 0,29 \%;$$

$$\Delta U_3 = 0,548 \cdot 10,3 \cdot 0,015 = 0,08 \%;$$

$$\Delta U_4 = 0,548 \cdot 4,54 \cdot 0,055 = 0,14 \%;$$

$$\Delta U_5 = 0,548 \cdot 2,0 \cdot 0,145 = 0,16 \%.$$

Сумарні втрати напруги будуть дорівнювати:

$$\sum \Delta U = \Delta U_1 + \Delta U_2 + \Delta U_3 + \Delta U_4 + \Delta U_5 (\%);$$

$$\sum \Delta U = 0,41 + 0,29 + 0,08 + 0,14 + 0,16 = 1,08 \%.$$

Отриманий результат розрахунку втрат напруги на ділянках ліній 0,4 кВ зведемо до табл. 3,5, а ліній 10 кВ – до табл. 3.6.

Таблиця 3.5 – Значення втрат напруги на ділянках ліній 0.4 кВ

№ лінії (ділянки)	ΔU_i , %	K_i , % / 1Акм
Лінія 1		
1	0.41	0.548
2	0.29	0.548
3	0.08	0.548
4	0.14	0.548
5	0.16	0.548
Усього по лінії 1:	1.08	
Лінія 2		
6	2.23	0.274
Усього по лінії 2:	2.23	
Лінія 3		
7	1.33	0.0451
Усього по лінії 3:	1.33	
Лінія 4		
8	1.28	0.0616
Усього по лінії 4:	1.28	
Лінія 5		
9	0.23	0.165
10	2.47	0.278
11	0.86	0.2093
12	0.96	0.276
13	0.93	0.520
14	0.05	0.520
15	0.20	0.356
Усього по лінії 5:	5.73	

Таблиця 3.6 - Значення втрат напруги на ділянці ліній 10 кВ

№ ділянки	ΔU_i , %	K_i , % / 1Акм
1	3	2
Лінія 6		
16	1.64	0.263
17	2.79	0.521
18	0.14	0.364
Усього по лінії 6:	4.57	

Значення сумарних втрат напруги на п'ятій лінії більші за допустимі. Для того, щоб знизити втрати, на один порядок збільшимо переріз ділянок 10 та 13.

Тоді значення втрат напруги лінії будуть дорівнювати:

$$\sum \Delta U = 0,23 + 1,86 + 0,86 + 0,96 + 0,63 + 0,05 + 0,20 = 4,79 \%,$$

що є допустимим.

3.1.3 Розрахунки струму к.з. в лініях 0,4 кВ

Щоб мінімізувати складність обчислення струмів короткого замикання, викликану необхідністю встановлення опорів кожного елемента закороченої мережі, застосовується оптимізований метод розрахунку. Цей метод рекомендований виключно для трифазних електричних систем з номінальною напругою, що не перевищує 1000 В.

Цей підхід базується на застосуванні показників падіння напруги та обчислювального струму навантаження. Похибка у розрахунку при цьому не перевищує 10%.

Формула цієї методики має такий вигляд:

$$I_{\text{пі}}^{(3)} = \frac{100}{\sum_1^n \frac{K_1 \Delta U_i}{I_{\text{max}}} + \frac{u_{\text{к}}}{I_{\text{ном.т}}}} (A);$$

де K_1 – значення коефіцієнта відношення спаду напруги на ділянці лінії до значення активної складової втрати напруги на цій ділянці;

ΔU_i – значення втрат напруги на розраховуваній ділянці %;

I_{max} – значення максимального струму на ділянці, А;

$u_{\text{к}} / I_{\text{ном.т}}$ – співвідношення напруги к.з. трансформатора до значення номінального струму трансформатора (довідкові дані), %/А.

Для трансформатора потужність якого 1000 кВ·А співвідношення напруги к.з. трансформатора до номінального струму рівне $u_{\text{к}} / I_{\text{ном.т}} = 3,6 \cdot 10^{-3}$, а для трансформатора 630 кВ·А – $u_{\text{к}} / I_{\text{ном.т}} = 5,7 \cdot 10^{-3}$.

Коефіцієнт відношення спаду напруги на цій ділянці до значення активної складової втрат розраховується за формулою:

$$K_1 \approx 1 / \cos \varphi;$$

Щоб розрахувати струми однофазного к.з. лінії 0.4 кВ використаємо формулу:

$$I_{\text{пі}}^{(1)} = \frac{1}{\sum_1^n \frac{K' \Delta U_i}{100 \cdot I_{\text{max}}} + \frac{z'_m}{3 \cdot U_{\phi}}} (A);$$

де K' – значення коефіцієнту, який враховує переріз фазного та нульового проводів, а також спосіб їх прокладення;

ΔU_i – значення втрат напруги на даній ділянці, %;

$I_{\max}$ – значення максимального струму на даній ділянці, A ;

z'_m – значення повного опору ТС замикання на корпус, Ω ;

U_ϕ – значення напруги мережі, V .

Співвідношення $\frac{z'_m}{3 \cdot U_\phi}$ можна знайти за довідниковими даними.

Для трансформатора, потужність якого $1000 \text{ кВ} \cdot A$ відношення повного опору ТС замикання до значення номінальної фазної напруги рівне $0,13 \cdot 10^{-3}$, для трансформатора потужністю $630 \text{ кВ} \cdot A$ - $0,19 \cdot 10^{-3}$.

Дані для розрахунків струмів к.з. представлено в табл. 3.7.

Як приклад розрахунку знайдемо значення струму трифазного к.з в першій лінії.

$$I_{\text{нл}}^{(3)} = \frac{100}{\frac{1,053 \cdot 0,41}{16,9} + \frac{1,053 \cdot 0,29}{14,9} + \frac{1,053 \cdot 0,08}{10,3} + \frac{1,053 \cdot 0,14}{4,54} + \frac{1,053 \cdot 0,16}{2,0} + 3,6 \cdot 10^{-3}} = 572,97 \text{ A.}$$

Значення струму однофазного к.з. в першій лінії буде дорівнювати:

$$I_{\text{ні}}^{(1)} = \frac{1}{\frac{2,95 \cdot 0,41}{100 \cdot 16,9} + \frac{2,95 \cdot 0,29}{100 \cdot 14,9} + \frac{2,95 \cdot 0,08}{100 \cdot 10,3} + \frac{2,95 \cdot 0,14}{100 \cdot 4,54} + \frac{2,95 \cdot 0,16}{100 \cdot 2,0} + 0,13 \cdot 10^{-3}} = 203,31 \text{ A.}$$

Таблиця 3.7 – Дані для розрахунків струму к.з. мережі 0.4 кВ

№ лінії	$\cos \varphi$	K_i	K_i'	$\Delta U_i, \%$	$I_{\max_i}, A$	$u_K / I_{\text{ном.т}}$	$z' / (3 \cdot U_\phi)$
ТП №1							
Лінія 1						3,6·10 ⁻³	0,13·10 ⁻³
1	0.95	1.053	2.95	0.41	16.9		
2	0.95	1.053	2.95	0.29	14.9		
3	0.95	1.053	2.95	0.08	10.3		
4	0.95	1.053	2.95	0.14	4.54		
5	0.95	1.053	2.95	0.16	2.0		
Лінія 2							
6	0.80	1.250	4.00	2.23	85.78		
Лінія 3							
7	0.70	1.429	3.1	1.33	582.60		
Лінія 4							
8	0.81	1.235	2.60	1.28	415.55		
ТП №2							
Лінія 5						5,7·10 ⁻³	0,19·10 ⁻³
9	0.83	1.205	3.37	0.23	157.06		
10	0.88	1.136	3.64	1.86	65.71		
11	0.82	1.220	3.16	0.86	91.34		
12	0.82	1.220	3.36	0.96	77.50		
13	0.82	1.220	2.74	0.63	29.71		
14	0.82	1.220	2.74	0.05	13.84		
15	0.81	1.235	2.67	0.20	47.79		

Керуючись представленими вище відомостями, визначимо поточні короткого замикання для всіх ліній підключення, а підсумки занесемо до таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 – Значення струму к.з. 0.4 кВ

№ лінії (ділянки)	$I_{\text{пі}}^{(1)}, A$	$I_{\text{пі}}^{(3)}, A$
Лінія 1		
1	203.32	572.97
2		
3		
4		
5		
Лінія 2		
6	854.8	2770.40
Лінія 3		
7	4980.85	14572.54
Лінія 4		
8	4759.9	13506.0
Лінія 5		
9	522.54	982.98
10		
11		
12		
13		
14		
15		

3.2 Вибір комутаційної та захисної апаратури в мережах 10 та 0,4 кВ

Стосовно обладнання до 1 кВ ПУЕ передбачає, що за режимом к.з обов'язково перевірятися розподільні щити та струмопроводи. Вмонтовані у них пристрої захисту повинні мати вимикаючу спроможність к.з, не руйнуючись. При цьому в якості обчислювального повинен застосовуватися найбільший можливий струм КЗ мережі. Дані вимоги постійно повинні виконуватися при проектуванні ВРП, електрощитів, при визначенні стійкості струмопроводів, ізоляторів та інших елементів.

3.2.1 Вибір високовольтних вимикачів навантаження

Високовольтні комутаційні апарати вибирають відповідно номінальної напруги, номінального струму, типу установки, конструктивному виконанню, граничному струму відключення.

Граничним струмом відключення автомата, називають найбільший струм КЗ, що вимикач здатен надійно вимкнути без істотного обгорання та будь-яких механічних пошкоджень, що перешкоджають його подальшій експлуатації.

Таким чином, обраний комутаційний пристрій повинен задовольняти наступним умовам:

$$U_{сном} \leq U_{ном};$$

$$U_{сном} = 10 \text{ (кВ)} \leq U_{ном} = 10 \text{ (кВ)}.$$

$$I_p \leq I_{ном};$$

де $I_{ном}$ – значення номінального струму вимикача, А;

I_p – значення розрахункового струму, А.

$$I_p = 85,7 \text{ (А)} \leq I_{ном} = 400 \text{ (А)}.$$

Для лінії напругою 10 кВ виберемо вакуумний вимикач з номінальним струмом вимкнення $I_{ном.в} = 10 \text{ кА}$ та часом вимкнення $t = 0,12 \text{ с}$.

3.2.2 Вибір струмових реле

Від струмів перенавантаження лінії 10 кВ використаємо реле струму типу РС-85.

Струм спрацьовування реле розрахуємо за формулою:

$$I_{спр} = I_p \cdot \frac{k_n \cdot k_z \cdot k_{сх}}{k_\theta \cdot k_m} (A);$$

де $k_n = 1,3$ – значення коефіцієнта надійності;

$k_z = 1,1$ – значення коефіцієнта, який враховує самозапуск двигунів;

$k_{сх} = 1,0$ – значення коефіцієнту схеми;

$k_\theta = 0,85$ – значення коефіцієнту повернення;

$k_m = 15$ – значення коефіцієнту трансформації ТС.

Розрахуємо струм спрацьовування реле приєднання ТП №-1:

$$I_{спр} = 77,8 \cdot \frac{1,3 \cdot 1,1 \cdot 1,0}{0,85 \cdot 15,0} = 8,73 \text{ A}.$$

Значення струму вставки приймемо 9 А.

На лінії ТП №-2:

$$I_{ср} = 28,2 \cdot \frac{1,3 \cdot 1,1 \cdot 1,0}{0,85 \cdot 15,0} = 3,16 \text{ A}.$$

Значення струму вставки приймемо 4 А.

3.2.3 Вибір запобіжників на лінії ВН

Захист трансформатора 10/0,4 кВ на стороні ВН здійснюється запобіжниками типу ПЖ.

Запобіжник вибирається за умовою:

$$I_{вст.ном} = k_n \cdot I_p \leq I_{натр.ном};$$

де k_n – значення коефіцієнту надійності ($k_n = 1,5 \dots 2$) при

$$S_{тр.ном} \geq 160 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

Для лінії ТП №-1:

$$I_{вст.ном} = (74,4 \dots 99,2) \leq I_{натр.ном};$$

Прийmemo ПК-10 на значення номінального струму 80 А.

Для лінії ТП №-2:

$$I_{вст.ном} = (42,3...56,4) \leq I_{напр.ном};$$

Прийmemo ПК-10 на значення номінального струму 50 А.

3.2.4 Вибір трансформаторів напруги

ТН виберемо відповідно номінальної величини, конструкції, типу установки, категорії точності, вторинного навантаження. Застосовуються для забезпечення вимірювальних засобів і захисних пристроїв.

Для системи обирається трифазний трансформатор напруги масляного типу, серії *НОМ*–10, що відповідає класу точності 0,5. Ці трансформатори монтуються на кожній секції головних розподільчих шин, забезпечуючи підключення всіх вимірювальних пристроїв.

3.2.5 Вибір трансформатора струму

Приймаючи рішення щодо трансформаторів струму, керуються їхньою номінальною напругою, номінальним вторинним струмом, способом монтажу, конструктивним виконанням, рівнем точності та вторинним навантаженням.

$$U_{сном} \leq U_{ном}; \quad (3.12)$$

$$U_{сном} = 10 \text{ (кВ)} \leq U_{ном} = 10 \text{ (кВ)}.$$

$$I_p \leq I_{ном};$$

$$I_p = 85,7 \text{ (А)} \leq I_{ном} = 100 \text{ (А)}.$$

де $I_{ном}$ – значення номінального струму первинного кола ТС, А.

Виберемо ТС внутрішнього встановлення *ТЛМ*–10 клас точності 0,5.

3.2.6 Вибір захистів лінії 0,4 кВ.

Значення номінального струму визначаються за умовою:

$$I_{н.а} \geq I_p.$$

Значення номінального струму розчіплювача:

$$I_{н.р} \geq I_p.$$

Значення номінального струму електромагнітного розчіплювача:

$$I_{эмп} = (3...12) I_{н.р}.$$

Перевірка електромагнітного розчіплювача на автоматичне спрацювання:

$$I_{эмп} \ll I_{кз}^{(1)}.$$

Враховуючи з вищеперелічені умови, виберемо:

Лінія – 1:

Виберемо при $I_p = 11,12 \text{ А}$, $I_{кз}^{(1)} = 203,32 \text{ А}$ автоматичний вимикач ВА 51–31 $I_{н.а} = 100 \text{ А}$; $I_{н.р} = 12,5 \text{ А}$; $I_{эмп} = 37,5 \text{ А}$.

Лінія – 2:

Виберемо при $I_p = 85,78 \text{ А}$, $I_{кз}^{(1)} = 854,8 \text{ А}$ автоматичний вимикач ВА 51–31 $I_{н.а} = 100 \text{ А}$; $I_{н.р} = 100 \text{ А}$; $I_{эмп} = 500 \text{ А}$.

Лінія – 3:

Виберемо при $I_p = 589,60 \text{ А}$, $I_{кз}^{(1)} = 4980,85 \text{ А}$ автоматичний вимикач ВА 51–39 $I_{н.а} = 630 \text{ А}$; $I_{н.р} = 630 \text{ А}$; $I_{эмп} = 2520 \text{ А}$.

Лінія – 4:

Виберемо при $I_p = 415,55 \text{ А}$, $I_{кз}^{(1)} = 4759,9 \text{ А}$ автоматичний вимикач ВА 51–39 $I_{н.а} = 630 \text{ А}$; $I_{н.р} = 500 \text{ А}$; $I_{эмп} = 2000 \text{ А}$.

Лінія – 5:

Виберемо при $I_p = 157,06 \text{ А}$, $I_{кз}^{(1)} = 522,54 \text{ А}$ автоматичний вимикач ВА 51–33 $I_{н.а} = 160 \text{ А}$; $I_{н.р} = 160 \text{ А}$; $I_{эмп} = 480 \text{ А}$.

3.3 Розробка схеми АВР напругою 0,4 кВ.

Для підвищення надійності ЕП електроспоживачів промислового підприємства на стороні НН ТП передбачено АВР живлення.

Дана схема унеможлиблює втрату напруги під час аварій на ділянках приєднання трансформатор-РП, при виході із ладу самих силових трансформаторів ті є досить ефективним засобом керування резервуванням.

Принципова схема влаштування АВР зображена в графічній частині кваліфікаційної роботи бакалавра.

3.4 Розрахунки потужності резервної електричної станції з вибором електрообладнання.

Для того щоб вибрати резервну електростанцію по потужності електроспоживачів II категорії, проведемо розрахунок навантаження електричної станції.

Визначення потужності споживачів проведемо аналогічно розрахунку проведеному під час визначення навантаження ТП, а результати розрахунків наведемо у звідній відомості електронавантаження.

Загальний вигляд дизельної електричної станції і її габаритні розміри зображені в графічній частині кваліфікаційної роботи.

В якості первинного двигуна використовується двигун *ЯМЗ – Е850.10*: дизель, 4-тактний, 12-циліндровий із *V* – подібним розташуванням циліндрів, з безпосереднім вприскуванням палива та рідинним охолодженням, із надуванням, із електронним регулятором частоти обертів.

Генератор, що використовується – синхронний, серії *VT – 350* на основі *Marathon Electric* - торгової марки «*ПСМ*».

Згідно з замовленням автоматичне керування може бути виконане для локального контролю та керування з допомогою комп'ютеру чи дублюючого пульта керування.

Таблиця 3.9 – Навантаження генератора у режимі резервування.

Назва електричного приймача	Встановлене навантаження						Середнє за зміну навантаження						Максимальне навантаження			
	P_n , кВт	n	$P_n \Sigma$, кВт	K_u	$\cos \varphi$	$\tan \varphi$	P_{cm} , кВт	Q_{cm} , квар	S_{cm} , кВ·А	n_9	K_m	K'_m	P_m , кВт	Q_m , квар	S_m , кВ·А	I_m , А
до розподільчого пристрою 1-1																
Аміачно-гвинтовий компресор;	100	2,0	200	0,70	0,80	0.75	140	105								
Аміачно-поршневий компресор;	60	1,0	60	0,70	0,80	0.75	42.0	31,5								
Установка для пониження тиску аміаку	8.8	2,0	17.6	0,70	0,80	0.75	12,3	9.24								
до розподільчого пристрою 2-1	2.2	2,0	4,40	0.75	0.95	0.33	3,30	1.09								
Калорифер																
до розподільного пристрою 2-3	2.2	12	26.4	0,40	0,80	0.75	10.6	7.92								
Холодильна камера ВОП;	11.	2,0	22.0	0,70	0,80	0.75	15.4	11.6								
Насос для опалювання	0	2,0	4,40	0,70	0,80	0,75	3,30	1.09								
Калорифер	2.2															
Всього по розподільчому пристрою	-	23	335	0.68	0,80	0.75	227	167	282	23	1.2	1.0	272	167	320	-
Щит освітлення	-	-	9.67	0.85	0.95	0.33	8.22	2.71	8.66	-	-	-	8.2	2.7	8.66	13.
Чергове освітлення													2	1		2
Всього шини низької напруги							235	170	291	-	-	-	280	170	329	-

3.5 Електрична схема управління резервною електричною станцією.

В електронному блоці керування дизельної електричної станції, виконаному за другим класом автоматизації, для управління роботи та автоматичного запуску системи, у моменти втрати живлення електроспоживачами, використовується контролер СУЕМ-350Е-2 на базі *GC – 1B3*.

Виконавчим механізмом являється ПЗВ.

На електричних схемах ТП вказані розподільчі пристрої, до яких під'єднані електроспоживачі потрібні для продовження режиму роботи промислового підприємства без аварій та зменшення можливих збитків у разі відключення живлення.

При наявності напруги у стаціонарній мережі АВ *QF2* генератора є відключеним, АВ *QF1* мережі та контактор *КМ* включені, та установка електричної станції отримує електроживлення для забезпечення власних потреб. Допоміжні контакти АВ *QF1* мережі є розімкнутими, а реле *КСТ* включили між корпусом станції та заземленням $R_{зп}$.

Під час пропажі напруги у мережі, або під час виникнення КЗ, реле *КСТ* відповідно спрацьовує, при цьому видає сигнал на автоматичне запускання станції.

3.6 Розрахунок освітлення та вентиляції приміщення резервної електричної станції.

3.6.1 Розрахунок освітлення приміщення станції.

Розрахунок освітлення приміщення станції проведемо за методом питомої потужності.

Розміри приміщення станції: довжина x ширина x висота становлять відповідно $7,2 \times 3,3 \times 4,5$, м. Стеля та стіни є побіленими, панель є коричневою. Напруга електромережі становить 220 В, норма освітленості складає $E_n = 150$ лк

У якості джерела світла вибрано світильники типу ЛПО 01–2×40 із ЛЛ ЛБ 2×40, зі світловим потоком для однієї лампи становить 3000 лм.

Знаходимо розрахункову висоту:

$$H_p = H_o - h_{cv} - h_{pab} \text{ (м)};$$

де $H_o = 4,5 \text{ м}$;

$$h_{cv} = 0 \text{ м};$$

$$h_{pab} = 0,6 \text{ м}.$$

Отже:

$$H_p = 4,5 - 0 - 0,6 = 3,9 \text{ м}.$$

Згідно [10], знаходимо по мірі відбиття світлового потоку від стелі, стін та підлоги значення питомої потужності, яке рівне $p = 11,6 \text{ Вт/м}^2$.

Звідси потужність освітлення становить:

$$P = p \cdot S \text{ (Вт)};$$

де $S = 23,76 \text{ м}^2$.

$$P = 11,6 \cdot 23,76 = 275,6 \text{ Вт}.$$

Знайдемо загальну кількість світильників у приміщенні станції:

$$n = \frac{275,6}{2 \cdot 40} = 3,44 \text{ шт.}$$

Прийmemo: $n = 3 \text{ шт.}$

Світильники будемо розміщати симетрично, у один ряд по ширині. Відповідно план приміщення станції зображено у графічній частині кваліфікаційної роботи.

Приймаємо кабель марки ВВГ_{нг}, спосіб прокладання кабелю - по перекриттю – у трубі.

Переріз кабелю вибрано за струмом навантаження ОУ.

Знаходимо потрібний стандартний переріз жили, при цьому виходимо із допустимого нагріву жили кабелю за розрахунковим струмом ділянки електричної мережі:

$$I_p = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_n} (A);$$

де $P = 275,6 \text{ Вт}$;

Отже, розрахунковий струм у лінії становить:

$$I_p = \frac{275,6}{\sqrt{3} \cdot 380} = 0,42 \text{ А.}$$

Відповідно до ПУЕ [1] переріз жил мідних дротів та кабелів за механічною міцністю повинен бути не менше 1 мм^2 .

Знаходимо $S = 1,0 \text{ мм}^2$ при $I_{дон} = 14 \text{ А}$. За струмовим навантаженням даний переріз можна використовувати.

Для прокладання лінії живлення, вибрано кабель $ВВГнг \text{ } 3 \times 1,0$.

3.6.2 Розрахунок вентиляції приміщення станції.

Годинний повітрообмін для видалення зайвої вологи:

$$L_{вл} = 1,1 \cdot \frac{W_1}{d_1 - d_2} \left(\text{м}^3 / \text{год.} \right);$$

Волога, яка виділяється людьми:

$$W_1 = n_n \cdot w \left(\text{г} / \text{люд} \right);$$

де $w = 52,1$

$$n_n = 2$$

$$W_1 = 2 \cdot 52,1 = 104,2 \left(\text{г} / \text{люд} \right).$$

Допустимий вміст вологи у середині приміщення:

$$d_1 = d_{1.нас} \cdot \varphi_1 \left(\text{г} / \text{м}^3 \right);$$

де $d_{1.нас} = 9,4 \cdot \text{г} / \text{м}^3$;

$$\varphi_1 = 0,7 [13].$$

$$d_1 = 9,4 \cdot 0,7 = 6,58 \text{ г} / \text{м}^3.$$

Вміст вологи зовнішнього повітря становить:

$$d_2 = d_{2.нас} \cdot \varphi_2 \left(\text{г} / \text{м}^3 \right);$$

де $d_{2,нас} = 2,7 \cdot \text{г} / \text{м}^3$;

$$\varphi_2 = 0,92 \cdot [13].$$

$$d_2 = 2,7 \cdot 0,92 = 2,48 \text{ г} / \text{м}^3.$$

Звідси годинний повітрообмін для видалення зайвої вологи становить:

$$L_{вл} = 1,1 \cdot \frac{104,2}{6,58 - 2,48} = 27,96 \text{ м}^3 / \text{год}.$$

Знаходимо потрібну кількість повітря для видалення із приміщення вуглекислого газу:

$$L_{co_2} = \frac{M_{co_2}}{Y_{ГДК} - Y_{п}} \left(\text{м}^3 / \text{год} \right);$$

де $Y_{ГДК} = 3,45 \cdot [13], \text{г} / \text{м}^3$;

$$Y_{п} = 0,7 \cdot [13], \text{г} / \text{м}^3.$$

Виділення вуглекислого газу від людей, знаходиться за формулою:

$$M_{co_2} = n_{л} \cdot m_{co_2} \left(\text{г} / \text{люд} \right);$$

де $m_{co_2} = 25 \cdot [13], \text{г} / \text{люд}.$

$$M_{co_2} = 2 \cdot 25 = 50 \text{ г} / \text{люд}.$$

Звідси потрібна кількість повітря щоб видалити із приміщення вуглекислий газ, становить:

$$L_{co_2} = \frac{50}{3,45 - 0,7} = 18,2 \text{ м}^3 / \text{год}.$$

Для кінцевого вибору вентилятору системи повітрообміну потрібно врахувати втрати тиску, які виникають в повітропроводі та розрахувати діючі на вентилятор динамічні та статичні складові.

Тиск на вентилятор:

$$P = P_{дин} + P_{ст} \left(\text{Па} \right);$$

Динамічна складова тиску знаходиться за формулою:

$$P_{дин} = \rho \cdot \frac{V^2}{2} \left(\text{Па} \right);$$

V – приймається у діапазоні від 11 до 13 м/с [13], м/с.

Густина повітря:

$$\rho = \frac{\rho_0}{1 + \alpha \cdot t_{\text{вн}}} \quad (\text{кг} / \text{м}^3);$$

де $\rho_0 = 1,29$ [12], $\text{кг} / \text{м}^3$;

$$\alpha = 0,003 [12];$$

$$t_{\text{вн}} = 29,5 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

$$\rho = \frac{1,29}{1 + 0,003 \cdot 29,5} = 1,19 \text{ кг} / \text{м}^3.$$

Звідси динамічна складова тиску буде становити:

$$P_{\text{дин}} = 1,19 \cdot \frac{12^2}{2} = 60,5 \text{ (Па)};$$

Статична складова тиску:

$$P_{\text{ст}} = L \cdot h + Z \text{ (Па)};$$

де $L = 10 \cdot \text{м}$;

$$h = 1,9 [13], \text{ Па} / \text{м};$$

Втрати тиску знаходимо за формулою:

$$Z = \sum \xi \cdot \rho \cdot \frac{V^2}{2} \text{ (Па} / \text{м)};$$

де $\sum \xi = 4,12$ [12].

Отже:

$$Z = 4,12 \cdot 1,19 \cdot \frac{12^2}{2} = 356,0 \text{ Па} / \text{м}.$$

$$P_{\text{ст}} = 10 \cdot 1,9 + 356,0 = 372,0 \text{ Па}.$$

$$P = 60,5 + 372,0 = 432,5 \text{ Па}.$$

Вибрано вентилятор типу ВЦ 4–75, продуктивність $L = 800 \text{ м}^3 / \text{год}$, із двигуном 4A80A6, із числом обертів двигуна $n = 915 \text{ об} / \text{хв}$ та потужністю $N = 0,06 \text{ кВт}$.

Так як живлення вентилятору здійснюється від мережі освітлення приміщення станції, відповідно перевіряємо вибраний переріз кабелю для ОУ із урахуванням потужності вентиляційної системи.

Знаходимо розрахунковий струм ділянки електричної мережі:

$$I_p = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{л}}} \text{ (A)};$$

де $P = 335,6 \text{ Вт}$;

Звідси:

$$I_p = \frac{335,6}{\sqrt{3} \cdot 380} = 0,51 \text{ А.}$$

Для прокладання лінії живлення, вибрано кабель $ВВГнг \text{ } 3 \times 1,0$.

3.7 Висновки до Розділу 3

1. Проведено розрахунки мереж напругою 10 та 0,4 кВ, а саме: розрахунок перерізу ліній 10 та 0,4 кВ; розрахунок втрат напруги; розрахунки струму к.з. в лініях 0,4 кВ.
2. Проведено вибір комутаційної та захисної апаратури в мережах 10 та 0,4 кВ, а саме: вибір високовольтих вимикачів навантаження; вибір струмових реле; вибір запобіжників на лінії ВН; вибір трансформаторів напруги; вибір трансформатора струму; вибір захистів лінії 0,4 кВ.
3. Проведена розробка схеми АВР напругою 0,4 кВ.
4. Проведено розрахунки потужності резервної електричної станції з вибором електрообладнання.
5. Розглянута електрична схема управління резервною електричною станцією.
6. Проведено розрахунок освітлення та вентиляції приміщення резервної електричної станції, а саме: розрахунок освітлення приміщення станції; розрахунок вентиляції приміщення станції.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Техніка безпеки та заходи з охорони праці на підприємстві

Метою управління охороною праці на підприємстві є забезпечення та збереження здоров'я та працездатності працівників даної організації в процесі виконання своїх обов'язків.

Охорона праці на підприємстві організована на основі таких нормативних документів: статуту, колективного договору, розпоряджень та наказів директора підприємства по закріпленню відповідальних осіб, інструкцій з охорони праці на робочих місцях.

Ці нормативні документи поширюються на всіх осіб, що працюють на підприємстві. Вони розроблені в відповідності до Конституції України, Кодексу законів про працю, Закону України «Про охорону праці», а також розробленими на їх основі і відповідно до них нормативно-правовими актами.

Перш за все відповідальна особа по охороні праці повинна провести працівникам вступний інструктаж, і вже потім, провівши ще й первинний інструктаж, можна допускати особу до роботи.

В процесі роботи, через деякий час, проводяться й інші види інструктажу: повторний, позаплановий, цільовий.

Керівник підприємства повинен створити безпечні умови роботи.

Керівник підприємства зобов'язаний видати безкоштовно по встановленим нормам білі халати та косинки, спеціальне взуття та інші засоби індивідуального захисту.

Для кожної ділянки розроблені інструкції з техніки безпеки, експлуатації обладнання, посадові інструкції. Всі інструктажі, крім первинного, проводять безпосередньо керівники робіт: начальник виробництва, цеху, ділянки, майстер. Всі проведені інструктажі реєструються в журнал.

Згідно з типовим положенням про навчання з питань охорони праці ДНАОП 00.0-4.12-99, усі працівники, що приймаються на роботу та у процесі

роботи проходять на підприємстві навчання, інструктажі з питань охорони праці, вивчають правила надання першої медичної допомоги, а також правила поведінки при виникненні аварії.

Кожен працівник на підприємстві несе відповідальність за виконання правил особистої гігієни, за стан робочого місця за виконання технологічних і санітарних вимог на своїй ділянці.

Усі, хто оформляються на роботу і хто працює на підприємстві, повинні проходити медичний огляд згідно з вимогами, встановленими установами санітарно-епідеміологічної служби.

Обстеження працівників проводиться у відповідності до рішення територіальної санепідемстанції санітарну книжку, в яку регулярно заносяться результати усіх досліджень, у тому числі дані про перенесені інфекції на захворювання, проходження працівниками навчання за програмою гігієнічної підготовки.

Усі новоприйняті працівники повинні пройти обов'язкове навчання за програмою гігієнічної підготовки і здати іспит з відмінністю про це у відповідному журналі і в особистій санітарній книжці буде відмічено. У подальшому всі працівники включаючи адміністрацію та інженерно-технологічний персонал повинні один раз у два роки проходити навчання і перевірку знань. Для виявлення осіб з гнійничковими захворюваннями шкіри медпрацівник підприємства повинен щоденно перевіряти руки персоналу на наявність таких захворювань, де вказують дату перевірки, прізвище, ім'я, по батькові працівника, результати огляду і вжиті заходи.

Працівники виробничих цехів при появі ознак шлунково-кишкових захворювань при підвищенні температури та симптомах інших захворювань повинні повідомляти про це адміністрації та звертатись у медпункт підприємства або в інший медичний заклад для отримання відповідного лікування.

Працівник виробничих цехів повинен також повідомляти майстра цеху про всі випадки шлунково-кишкових захворювань або інше.

Перед початком роботи кожен працівник цеху повинен розписатися у спеціальному журналі про відсутність у його членів сім'ї кишкових захворювань.

Працівники виробничих цехів перед початком роботи повинні приймати душ, одягти чистий санітарний одяг, підібрати волосся під хустку або ковпак, зняти з себе прикраси, зняти лак з нігтів, ретельно вимити руки водою з милом і продезінфікувати їх дозволеним до застосування в харчовій промисловості розчином.

Кожен працівник виробничого цеху повинен бути забезпечений 4 комплектами санітарного одягу (працівники по виробництву дитячої продукції 6 комплектами), заміна одягу проводиться щоденно і по мірі забруднення. Забороняється заходити у виробничий цех без санодягу.

Слюсарі, електромонтери та інші працівники, зайняті ремонтними роботами у виробничих, складських приміщеннях підприємства, повинні виконувати правила особистої гігієни, працювати в цехах у санітарному одязі, інструменти переносити у спеціальних закритих ящиках з ручками.

При виході із приміщення на територію і відвідуванні невикробничих приміщень (туалетів, їдальні, медпункту), санітарний одяг необхідно змінити; забороняється одягати на санітарний одяг будь-який інший одяг.

Категорично забороняється приносити у цех сторонні предмети (сірники, годинники, цигарки, валізи тощо) та носити ювелірні прикраси, зберігати харчові продукти в індивідуальних шафах.

Особливо ретельно працівники повинні слідкувати за чистотою рук. Нігті на руках потрібно коротко стригти і не покривати лаком. Мити і дезинфікувати руки потрібно перед початком роботи і після кожної перерви в роботі, при переході від однієї операції до іншої, після дотику до забруднених предметів. Інструкції з санітарної обробки рук потрібно вивісити біля всіх умивальних раковин. Після відвідування туалету мити і дезинфікувати руки необхідно двічі, у шлюзі після відвідування туалету до одягання халату та на робочому місці безпосередньо перед тим, як приступити до роботи. При виході із туалету потрібно продезінфікувати взуття. Чистота рук кожного працівника

перевіряється не рідше двох разів на місяць мікробіологом-лаборантом (без попередження) перед початком роботи, після відвідування туалету особливо у тих працівників, які безпосередньо контактують з продукцією або чистим обладнанням.

Приймати їжу допускається тільки в їдальнях, буфетах, кімнатах для приймання їжі або інших пунктах харчування розміщених на території підприємства або поблизу від нього. З метою недопущення заражених працівників збудниками інфекційних захворювань категорично забороняється вживати на молочних виробництвах сире молоко, воду з тех. водопроводів.

4.2 Перша допомога при електротравмах

Необхідні заходи першої допомоги — підтримання основних життєвих функцій потерпілого до прибуття медперсоналу. Після того, як потерпілого звільнили від дії електричного струму його кладуть на спину та з'ясовують чи є дихання і пульс. У разі необхідності проведення штучного дихання та масажу серця:

- Якщо допомогу надає одна особа, то темп реанімаційних заходів за хвилину має складати 4 цикли по два вдихання та 15 натискань на грудну клітину. За хвилину потрібно зробити не менше 60 натискань та 8 вдихань.

- Якщо допомогу надають дві особи, то співвідношення дихання-масаж становить 1:5, тобто після одного глибокого вдихання роблять п'ять натискань на грудну клітку. За хвилину потрібно зробити не менше 60 натискань та 15 вдихань.

- Дітям від 1 до 12 років масаж серця роблять однією рукою, у хвилину від 70 до 100 натискань, а дітям до 1 року — від 100 до 120 натискань у хвилину двома пальцями (вказівним та середнім) на середину грудини або великими пальцями обох рук.

- Штучне дихання та зовнішній масаж серця необхідно робити до відновлення самостійного дихання та діяльності серця в потерпілого або до його передачі медичному персоналу.

Якщо немає можливості викликати медичний персонал, необхідно забезпечити транспортування потерпілого до найближчої лікарні. Перевозити людину можна лише за умови стабільного пульсу та дихання.

Пам'ятайте! При звільненні від дії електричного струму і наданні першої допомоги потерпілому дорога кожна хвилина.

Охоронні зони ліній електропередачі. Порядок проведення робіт в охоронних зонах електричних мереж. Відповідальність за порушення правил охорони електромереж.

Уздовж всіх повітряних та кабельних ліній електропередач встановлена охоронна зона у вигляді земельної ділянки та повітряного простору, обмежених вертикальними площинами, що віддалені по обидві сторони лінії від крайніх проводів за умови невідхиленого їх положення на відстань:

- 2 метрів - для повітряних ліній напругою до 1 кВ;
- 10 метрів - для повітряних ліній напругою до 20 кВ;
- 15 метрів - для повітряних ліній напругою 35 кВ;
- 20 метрів - для повітряних ліній напругою 110 кВ;
- 3 метрів - від огорожі або споруди за периметром трансформаторних підстанцій;

- 1 метра - від підземних кабельних ліній електропередачі.

В охоронних зонах електроустановок **ЗАБОРОНЯЄТЬСЯ**:

- стороннім особам перебувати на території і в приміщеннях трансформаторних підстанцій, розподільних пунктів і пристроїв, відчиняти двері і люки цих споруд, здійснювати самовільне переключення електричних апаратів та підключення до електричних мереж;

- будувати житлові, громадські та дачні будинки;
- влаштовувати будь-які звалища;
- складати добрива, корми, торф, соломку, дрова, інші матеріали;

- розпалювати вогнища;
- розташовувати автозаправні станції або інші сховища паливномастильних матеріалів;
- накидати на струмопровідні частини об'єктів електричних мереж і наближати до них сторонні предмети, підніматися на опори повітряних ліній електропередачі, електрообладнання трансформаторних підстанцій, розподільних пунктів і пристроїв, демонтувати їх елементи;
- саджати дерева та інші багаторічні насадження, крім випадків створення плантацій новорічних ялинок;
- влаштовувати спортивні майданчики для ігор, стадіони, ринки, зупинки громадського транспорту, проводити будь-які заходи, пов'язані з великим скупченням людей, не зайнятих виконанням дозволених у встановленому порядку робіт;
- запускати спортивні моделі літальних апаратів, повітряних зміїв;
- виконувати роботи із застосуванням ударних механізмів, скидати вантажі масою понад 5 тон, скидати і зливати їдкі і ті, що спричиняють корозію, речовини, пально-мастильні матеріали (в охоронних зонах підземних кабельних ліній електропередачі).

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

- 1 Проведено обґрунтування теми та аналіз системи електропостачання.
- 2 Проведена розробка електричної схеми електропостачання.
- 3 Проведено розрахунки потужності трансформаторних підстанцій та вибір обладнання трансформаторних підстанцій.
- 4 Проведено розрахунок коефіцієнту завантаження силових трансформаторів ТП-1, ТП-2 та визначення придатності цих трансформаторів для подальшої експлуатації.
- 5 Проведено розрахунки мереж напругою 10 та 0,4 кВ, а саме: розрахунок перерізу ліній 10 та 0,4 кВ; розрахунок втрат напруги; розрахунки струму к.з. в лініях 0,4 кВ.
- 6 Проведено вибір комутаційної та захисної апаратури в мережах 10 та 0,4 кВ, а саме: вибір високовольтних вимикачів навантаження; вибір струмових реле; вибір запобіжників на лінії ВН; вибір трансформаторів напруги; вибір трансформатора струму; вибір захистів лінії 0,4 кВ.
- 7 Проведена розробка схеми АВР напругою 0,4 кВ.
- 8 Проведено розрахунки потужності резервної електричної станції з вибором електрообладнання.
- 9 Розглянута електрична схема управління резервною електричною станцією.
- 10 Проведено розрахунок освітлення та вентиляції приміщення резервної електричної станції, а саме: розрахунок освітлення приміщення станції; розрахунок вентиляції приміщення станції.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Забезпечення надійності системи електропостачання промислових об'єктів / Є. В. Бацюра, Р. І. Шинькар, А. Р. Ухін, П. Б. Костецький, С. В. Осадчук, Іван Михайлович Сисак // Збірник тез доповідей X Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 24-25 листопада 2021 року. — Т. : ФОП Паляниця В. А., 2021. — Том II. — С. 9–10. — (Електротехніка та енергозбереження).
2. Бабюк, С. М., Красножоний, О. В., Барило, В. П., & Брич, Б. В. (2020). Фактори, що впливають на надійність електропостачання. Збірник тез 72 доповідей IX Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 2, 84-85.
3. Правила улаштування електроустановок. - Видання офіційне. Міненерговугілля України. - Х. : Видавництво "Форт", 2017. - 760 с.
4. ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СПОЖИВАЧІВ ЕЛЕКТРИЧНОЮ ЕНЕРГІЄЮ [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітніх програм «Системи забезпечення споживачів електричною енергією» та «Енергетичний менеджмент та енергоефективні технології» / В. А. Попов, В. В. Ткаченко, О. С. Ярмолук ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 14,5 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 222 с.
5. Orobchuk B., Buniak O., Sysak I., Babiuk S., Bodnarchuk I., Koval V. Development of Software for the Implementation of Automated Reserve Input Modes Operation // CITI'2024: 2nd International Workshop on Computer Information Technologies in Industry 4.0, June 12–14, 2024, Ternopil, Ukraine. CEUR Workshop Proceedings, 316–336
6. ДСТУ-Н Б В.2.5-80:2015 Настанова з проектування систем електропостачання промислових підприємств

7. ДСТУ HD 60364-1:2022 Низьковольтні електричні установки. Частина 1. Основні принципи, оцінювання загальних характеристик, визначення (HD 60364-1:2008/A11:2017, IDT). Зміна № 1:2022
8. Природне і штучне освітлення : ДБН В.2.5-28-2018. [Чинні з 2019-03-01] / Мін-регіон України. К. : Укрархбудінформ, 2018. 137 с. (Державні будівельні норми України).
9. Бурбело, М. Й. Розрахунок внутрішнього електропостачання : навчальний посібник / Бурбело М. Й. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 123 с.
10. Правила улаштування електроустановок. - Видання офіційне. Міненерговугілля України. - Х. : Видавництво "Форт", 2017. - 760 с.
11. Основи ефективного використання електричної енергії в системах електроспоживання промислових підприємств : навч. посіб. / [Соловей О. І., Розен В. П., Плешков П.Г. та ін.] ; М-во освіти і науки України, Кіров. нац. техн. ун-т. – Кіровоград : КНТУ, 2015. – 287 с.
12. Н.В. Букович, Г.М. Лисяк Розрахунок струмів коротких замикань: навчальний посібник – Львів: Ви-во Львівської політехніки, 2018. – 236 с.
13. Orobchuk B. Design of an intelligent system to control educational laboratory equipment based on a hybrid mini-power plant / Bogdan Orobchuk, Ivan Sysak, Serhii Babiuk, Oleh Buniak // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2023, 2(9-122), pp. 59–72. ISSN 1729-3774
14. Бурбело М.Й. Проектування систем електропостачання. Приклади розрахунків. Навчальний посібник. – 2-е вид., перероб. і доп. – Вінниця: УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2005. – 148 с.
15. B. Orobchuk, I. Sysak, S. Babiuk, T. Rajba, M. Karpinski, A. Klos-Witkowska, R. Szkarczyk, J. Gancarczy Development of simulator automated dispatch control system for implementation in learning process. 2017 9th IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications (IDAACS). IEEE, Buharest, vol. 1, September 2017, pp. 210–214.

16. Зорін В.В., Штогрін Є.А., Буйний Р.О. Електричні мережі та системи: навчальний посібник для студентів вищ. техн. навч. закл.— Ніжин ТОВ “Видавництво”Аспект-поліграф”, 2011. – 248 с.

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

18. Orobchuk B, Sysak I, Buniak O, Babiuk S, Koval V. Development of the reactive power compensation laboratory bench and its integration into the training simulator of dispatch control system. The 3rd International Workshop on Information Technologies: Theoretical and Applied Problems 2023 (ITTAP 2023).

19. Гандзюк М.П., Желібо Є.П., Халімовський М.О. Основи охорони праці: Підручник. 5-е вид. / За ред. М.П. Гандзюка. - К.: Каравела, 2011. - 384 с.

20. Тарасенко М.Г., Коваль В.П., Буняк О.А., Мовчан Л.Т. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра для здобувачів першого рівня вищої освіти за ОПП Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка/ В.П. Коваль, М.Г. Тарасенко, О.А. Буняк, Л.Т. Мовчан – Тернопіль: ТНТУ, 2024. – 50 с.