

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

Тарасенко М. Г.
(підпис) (прізвище та ініціали)

« 02 » вересня 2020 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)

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

студенту Горщар Юлії Миколаївні
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка заходів щодо безперебійної роботи електричного обладнання промислового підприємства

Керівник роботи Куземко Наталія Анатоліївна, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «01» вересня 2020 року № 4/7-619

2. Термін подання студентом завершеної роботи 10 грудня 2020 року

3. Вихідні дані до роботи Генеральний план та однолінійна схема електропостачання підприємства, існуючі схеми живлення електроприймачів, схема розміщення обладнання і силової мережі відділення, характеристика споживачів.

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

1. Аналітичний розділ
2. Розрахунково-дослідницький розділ
3. Проектно-конструкторський розділ
4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

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

- | | |
|---|------------|
| 1. План силової розподільчої мережі відділення | 1л. ф – А1 |
| 2. Принципова однолінійна схема електропостачання 0,4 кВ | 1л. ф – А1 |
| 3. Принципова схема живлячої та розподільчої електричних мереж відділення | 1л. ф – А1 |
| 4. Електрично-принципові схеми розподільчих комірок | 1л. ф – А1 |
| 5. План-розріз ТП - 6/0,4 кВ | 1л. ф – А1 |

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Гурик О. Я., к.т.н., доцент		
	Клепчик В.М., старший викладач		
Нормоконтроль	Вакуленко О.О., старший викладач		

7. Дата видачі
завдання

02 вересня 2020 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	10.09.2020	
2	Аналітичний розділ	20.10.2020	
3	Розрахунково-дослідницький розділ	15.11.2020	
4	Проектно-конструкторський розділ	01.12.2020	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	10.12.2020	
6	Висновки	10.12.2020	
7	Оформлення пояснювальної записки	20.12.2020	
8	Оформлення графічної частини	20.12.2020	

Студент

_____ (підпис)

Горцар Ю. М.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Куземко Н. А.

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Горщар Ю. М. Розробка заходів щодо безперебійної роботи електричного обладнання промислового підприємства.

Стор.– 73; рис. - 3; табл. - 21; креслень - 5; джерел - 18; додатків - _.

У кваліфікаційній роботі магістра здійснено розробку заходів щодо безперебійної роботи електричного обладнання промислового підприємства.

Подано характеристику електроприймачів підприємства, здійснено: розрахунок електричних навантажень; вибір потужності силових трансформаторів; вибір перерізу живлячих лінії напругою вище 1000 В і до 1000 В; розрахунок струмів короткого замикання, з урахуванням величин струмів короткого замикання проведено вибір обладнання; розрахунок заземляючих пристроїв; розрахунок освітлення будівлі; вибір релейних захистів для електрообладнання.

В цілях забезпечення безперебійності живлення електроенергією відповідальних споживачів і підвищення стійкості обладнання по відношенню до струмів короткого замикання передбачається автоматизація в системах електропостачання АВР, АПВ, що дозволяє обходитися без чергового персоналу на підстанціях.

Перелік ключових слів: ЦЕНТР ЖИВЛЕННЯ, РОЗПОДІЛЬНИЙ ПУНКТ, ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, ЗАВОД, ВАКУУМНИЙ ВИМИКАЧ, КОРОТКЕ ЗАМИКАННЯ, РЕЛЕЙНИЙ ЗАХИСТ.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	9
1.1 Підвищення надійності схеми електропостачання промислового підприємства	9
1.2 Провали напруги в системах електропостачання підприємств хімічної промисловості	12
1.3 Основні шляхи економії електроенергії на промислових підприємствах	13
1.4 Загальна характеристика технологічного процесу і споживачів електроенергії	15
1.5 Висновки до розділу 1	16
2 РОЗРАХУНКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ	18
2.1 Розрахунок електричних навантажень	18
2.1.1 Метод коефіцієнта використання	18
2.1.2 Розрахунок освітлення	21
2.2 Розрахунок втрат в трансформаторах	21
2.3 Розрахунок і вибір схем живлення і напруги	23
2.3.1 Вартість електроенергії	23
2.3.2 Техніко-економічні розрахунки схем зовнішнього електропостачання	24
2.4 Вибір трансформаторів 6 кВ	38
2.5 Картограма електричних навантажень	40
2.6 Розрахунок струмів короткого замикання	41
2.7 Висновки до розділу 2	44
3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	45
3.1 Вибір обладнання на стороні 6 кВ	45
3.1.1 Вибір ввідних і секційних вимикачів	45
3.1.2 Вибір трансформаторів напруги	46
3.1.3 Вибір трансформаторів струму	47

	5
3.1.4 Вибір шин	50
3.1.5 Вибір ізоляторів	52
3.2 Розрахунок мережі низької напруги	53
3.2.1 Вибір автоматичного вимикача на вводі	53
3.2.2 Вибір секційного вимикача	54
3.2.3 Вибір провідникової продукції і захисного обладнання	55
3.3 Освітлення	56
3.3.1 Загальні відомості	56
3.3.2 Розрахунок освітлення відділення класифікації	57
3.4 Релейний захист силового трансформатора	59
3.5 Автоматика електропостачання	60
3.5.1 Автоматичне включення резерву (АВР)	60
3.5.2 Автоматичне повторне включення (АПВ)	61
3.6 Висновки до розділу 3	62
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	63
4.1 Електробезпека	63
4.2 Протипожежна безпека на підприємстві	65
4.3 Вимоги до хімічної і промислової безпеки	68
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	70
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	72

ВСТУП

Актуальність проблеми.

Прискорення науково-технічного прогресу диктує необхідність вдосконалення промислової електроенергетики: створення економічних, надійних систем електропостачання промислових підприємств, освітлення, автоматизованих систем керування електроприводами і технологічними процесами, впровадження мікропроцесорної техніки, елегазового і вакуумного електрообладнання, нових комплектних перетворюючих пристроїв. На проектування електропостачання промислових підприємств зайнята величезна кількість інженерно-технічних працівників, що накопичили значний досвід. Проте бурхливий прогрес в техніці і, зокрема, в енергетиці висувають усі нові проблеми і питання, які повинні враховуватися при проектуванні і спорудженні сучасних мережевих об'єктів.

Надійність вже вибраної головної схеми електричних з'єднань визначається надійністю її складових елементів, до числа яких входять генератори, вимикачі, роз'єднувачі, збірні шини, а також лінії електропередачі.

Проблема забезпечення безперервного режиму електропостачання підприємств хімічної галузі обумовлена територіальним розосередженням виробничих об'єктів і безперервністю ключових технологічних процесів.

Передача електроенергії від централізованої енергосистеми пов'язана з можливістю виникнення короточасних порушень електропостачання споживачів у вигляді провалів і зникнення напруга, першопричина якої різна. Забезпечення промислових об'єктів електроенергією від електростанцій енергосистеми по лініях електропередач пов'язане з короточасними порушеннями електропостачання споживачів (у більшості випадків у вигляді зникнень і провалів напруги), які виникають через короткі замикання і грозових uszkodжень. У разі відсутності власних електростанцій короточасні порушення електропостачання трансформуються безпосередньо в системи електропостачання підприємств, що може призводити до аварійних зупинок

електрообладнання різних класів напруги, впливаючи на хід технологічного процесу хімічного виробництва.

Мета і завдання дослідження.

Основною метою роботи є розробка заходів щодо безперебійної роботи електричного обладнання промислового підприємства, шляхом модернізації системи електропостачання.

Поставлена в роботі мета вимагає вирішення наступних задач:

- аналіз шляхів підвищення надійності системи електропостачання промислового підприємства;
- характеристика технологічного процесу і споживачів електричної енергії;
- забезпечення безперебійності, тобто безперервність електропостачання, живучість системи і якості електроенергії для забезпечення надійності електропостачання основних електроприймачів;
- розрахунок електричних навантажень, із дотриманням вимог надійності системи електропостачання;
- техніко-економічні розрахунки схем зовнішнього електропостачання, для вибору оптимального значення напруги, що відповідає технічним вимогам і має найменші приведені витрати;
- вибір оптимального числа і потужності трансформаторів;
- розрахунок електричних навантажень, та побудова картограми навантажень;
- розрахунок струмів короткого замикання, відповідно до якого здійснити високовольтного та низьковольтного електрообладнання, раціональні перетини кабелів і проводів;
- розрахунок та вибір системи освітлення підприємства.
- побудова схеми та вибір обладнання пристроїв релейого захисту та автоматики.

Об'єкт дослідження – розподільна електрична мережа.

Предмет дослідження – заходи забезпечення безперебійної роботи електричного обладнання промислового підприємства.

Наукова новизна отриманих результатів.

– Дістало подальший розвиток розробка та впровадження заходів для забезпечення безперебійної роботи електричного обладнання промислового підприємства, що дозволить підвищити надійність електропостачання та знизити витрати на споживання електричної енергії.

Практичне значення отриманих результатів.

Впровадження заходів для забезпечення надійності електропостачання основних електроприймачів забезпечить безперервність електропостачання, живучість системи і якість електроенергії.

Апробація. Основні положення та результати досліджень доповідались та обговорювались на ІХ Міжнародній науково-технічній конференції молодих вчених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“ (2020), на базі Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

Структура роботи. Робота складається зі вступу, 4 розділів, висновків, переліку посилань (19 найменувань).

Загальний обсяг текстової частини – 73 сторінки.

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Підвищення надійності схеми електропостачання промислового підприємства

Одне з основних завдань підвищення надійності роботи схеми електропостачання підприємства хімічного виробництва полягає у визначенні технічної можливості застосування пристрою швидкодіючого автоматичного включення резервного джерела живлення (ШАВР) в мережі 6 кВ підприємства. Друге завдання полягає у виявленні допустимості можливих режимів перемикачів, визначуваної статусом живлячої мережі.

У вживаних нині електромеханічних пристроях автоматичного включення резервного живлення (АВР) час циклу перемикачів досягає $3\div 5$ с, перехідні процеси затягуються на 10 і більше секунд [4]. При цьому дія АВР не може забезпечити умови для самозапуску усіх електродвигунів, доводиться вибирати тільки частину найбільш відповідальних, що може привести до порушення технологічного процесу.

Останніми роками промисловість пропонує ряд облаштувань АВР другого покоління зі швидкодіючими мікропроцесорними пусковими органами, що забезпечують перемикачів за час менше 0,1 с (БАВР). Їх впровадження вимагає установки швидкодіючих вимикачів і захистів, що здорожує їх застосування. Але навіть одне успішне перемикачів, що забезпечує безперервність роботи установки, запобігає простий і виключає необхідність дорогого процесу повторного запуску. А це забезпечує практично повну окупність вкладень, необхідних для установки комплексу обладнання ШАВР [5].

Перевага застосування ШАВР полягає в тому, що знімаються обмеження на сумарну потужність електродвигунів, що зберігаються в роботі, живляться від секції, що втратила живлення. Як відомо, сумарна потужність електродвигунів, що самозапускаються, не може перевищувати 30% номінальної потужності живлячого трансформатора. Крім того при цьому не потрібно гасіння поля і

ресинхронізації синхронних двигунів, а струми включення двигунів складають усього $2 \div 2.5 I_{\text{ном}}$, що збільшує ресурс електродвигунів.

Більшість промислових виробництв отримують живлення через двотрансформаторні понижаючі підстанції напругою (110-35)/(6-10) кВ, з незалежними секціями на напрузі 6-10 кВ. Кожна секція («робоча»/«резервна») отримує живлення від свого трансформатора через вимикач введення. Секційний вимикач нормально відключений. При ушкодженні в мережі, що живить одну з секцій, пристрій АВР повинен відключити свій ввід живлення і включити секційний вимикач.

Комплекс опристроїв швидкодіючого АВР повинен включати пусковий пристрій (ПП) зі швидкодіючим терміналом релейного захисту і автоматики (РЗА), що ініціалізував роботу ПУ, і швидкодіючі вимикачі. Необхідну швидкодію (менше 0.1 с) забезпечують модернізовані вакуумні або елегазові вимикачі із спеціальним електродинамічним пристроєм управління приводом, відключення, що мають час, близько 0.015 с, а включення - 0.02 с. Застосування ШАВР дозволяє понизити час циклу АВР з величини $0.7 \div 5$ з до $0.04 \div 1$ с.

Логіка дії ПУ забезпечує адаптоване АВР, яке діє по-різному, залежно від виду і наслідків аварії. Існують наступні режими перемикачів :

- власне «швидке перемикачання» - за наявності критеріїв синхронності секцій;
- швидке перемикачання - при першому збігу фази напруги аварійної і резервної секцій шин;
- перемикачання по залишковій напрузі - коли напруга аварійної секції знизилася до встановленого граничного значення $U \leq U_{\text{ном}}$;
- перемикачання за часом - після закінчення встановленого часу ($T \sim 2$ с), якщо жодне інше перемикачання не було виконане раніше (як звичайний АВР).

Найбільш оптимальним режимом є швидке перемикачання. При цьому забезпечується мінімальний час зниження напруги. Секції залишаються синхронізованими, що істотно полегшує перехідний режим при перемикачанні на

резервне джерело. До критеріїв синхронності відносять наступні параметри миттєвих значень напруги секцій :

- кут зсуву фаз між напругою секцій $\Delta\varphi < \pm \Delta\varphi_{\max}$ ($\approx 20^\circ$);
- різниця частот напруги секцій $\Delta f < \pm \Delta f_{\max}$ (≈ 1 Гц),

при цьому рівень напруги неушкодженої («резервною») секції $U_{\min} \geq 0.8U_{\text{ном}}$, а рівень напруги секції з пошкодженням в мережі живлення $U_{\min} \geq 0.7U_{\text{ном}}$.

За відсутності умов синхронності напруги секцій облаштування ШАВР без затримки відключає вимикач пошкодженого введення. Після цього споживачі втрачають живлення, і відбувається обертання електродвигунів за інерцією. Включення секційного вимикача може відбуватися в різні моменти часу, залежно від режиму мережі.

- Пусковий пристрій визначає момент 1-го збігу напруги секції з ушкодженням і «резервною» і створює команду на включення секційного вимикача. Для забезпечення швидкодії команда на включення формується раніше, ніж виникає перший мінімум різниці напруги.

- Перемикання по залишковій напрузі відбувається без забезпечення синхронності, коли напруга на секції з ушкодженням знизилася до встановленого значення, а включення при 1-му збігу фаз було неможливе.

- Перемикання за часом відбувається, якщо впродовж встановленого часу ($T \sim 2$ с) не було виконано жодного з вказаних раніше перемикань.

На рис.1.1 показана структурна схема підключення ШАВР до секцій шин 6 кВ двотрансформаторної підстанції.

З метою оцінки технічної можливості і ефективності впровадження БАВР в мережі 6 кВ зроблений аналіз схеми електропостачання заводу і умов роботи електрообладнання в нормальних і аварійних режимах. Джерелом електропостачання підприємства є мережі сторонніх організацій. Живлення підприємства здійснюється по мережах напругою 110 і 35 кВ від двох джерел ТЕЦ-1 і ТЕЦ-2, пов'язаних між собою ЛЕП 110 кВ завдовжки 13 км. Від шин ТЕЦ-1 і ТЕЦ-2 відходять 17 тупикових ліній загальною довжиною близько 150 км.

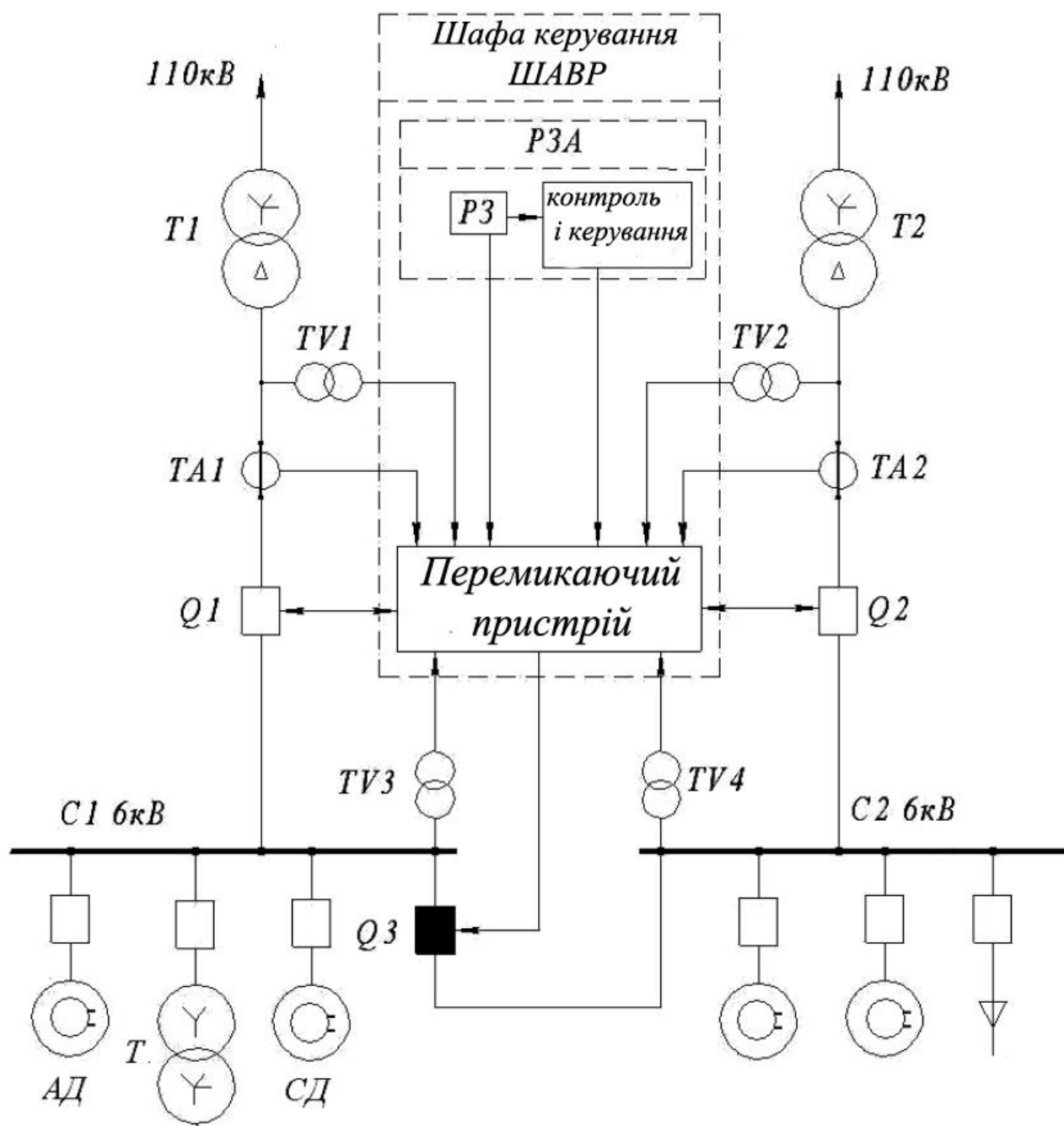


Рисунок 1.1 – Структурна схема підключення ШАВР.

1.2 Провали напруги в системах електропостачання підприємств хімічної промисловості

Безперервність технологічних процесів підприємств хімічної промисловості пред'являє високі вимоги до якості електропостачання. Для

забезпечення надійності електропостачання основні електроприймачі цих підприємств першої категорії у своєму складі мають електроприймачі особливої групи. Відповідно повинна забезпечуватися безперебійність, тобто безперервність електропостачання, живучість системи і якість електроенергії у електроприймачів. При цьому під безперебійністю електропостачання розуміється забезпечення електроенергією споживачів у будь-який момент часу відповідно до режиму його навантаження, а під живучістю - здатність системи електропостачання не допускати розвитку аварій, катастрофічних наслідків і розладу складних технологічних процесів у споживача при порушенні електропостачання. До проблеми живучості систем відноситься питання електропостачання електроприймачів особливої групи в аварійних умовах і питання забезпечення самозапуску електродвигунів відповідальних механізмів.

При проектуванні систем електропостачання підприємств хімічної промисловості передбачається забезпечення вказаних показників якості електропостачання. Проте при їх рішенні передбачається, що напруга незалежних джерел живлення є постійною і ушкодження в енергосистемі не впливають на якість електропостачання. Таке рішення зрозуміле, оскільки аварійні ситуації в енергосистемі носять імовірнісний характер, і важко оцінити при проектуванні їх вплив на якість електропостачання і яким буде збиток при його погіршенні. Тому останнє виявляється тільки при експлуатації.

1.3 Основні шляхи економії електроенергії на промислових підприємствах

В процесі проектування і експлуатації СЕП повинні прийматися технічні і організаційні рішення, що забезпечують раціональне електроспоживання, як окремих технологічних установок, так і промислового об'єкту в цілому. Найбільшу ефективність в енергозбереженні на промислових підприємствах мають наступні основні напрями:

- 1) застосування для виробничих процесів раціональних видів і параметрів енергоносіїв;
- 2) використання вторинних енергоресурсів;
- 3) застосування енергоефективних технологій і устаткування;
- 4) інтенсифікація виробничих процесів;
- 5) скорочення втрат електроенергії в електроустаткуванні і електричних мережах;
- 6) поліпшення енергетичних режимів виробничого і електричного устаткування.

Ефективність застосування оптимальних енергоносіїв і їх параметрів обумовлюється тим, що для здійснення технологічних процесів можуть використовуватися різні види енергоносіїв. Оптимізація видів і параметрів енергоносіїв на основі техніко-економічних розрахунків є важливим елементом енергозбереження.

Вторинні енергоресурси у багатьох випадках доцільно використати на нагрів виробів, силові потреби, а також на вироблення електричної енергії.

Застосування в промисловості енергоефективних технологій і устаткування дозволяє робити випуск продукції з меншими значеннями питомих витрат електроенергії.

Велике значення для енергозбереження має також інтенсифікація виробничих процесів, наприклад, підвищення швидкості різання оброблювальних верстатів, прискорення нагріву шляхом збільшення питомої потужності без зміни виду нагріву і тому подібне

Слід прагнути до раціонального використання енергії в освітлювальних установках, обґрунтовано застосовуючи ефективні джерела світла і світлові прилади.

Дуже важливо також правильно організувати експлуатацію освітлювальних установок і управління ними.

Важливу роль для економії електроенергії грає автоматизація виробничих процесів і окремих технологічних установок.

Поліпшення енергетичних режимів устаткування досягається раціональним завантаженням технологічних агрегатів, вибором енергетично доцільних режимів роботи і графіків навантаження електроустаткування, ліній електропередачі і виробничих установок і тому подібне

Зниження втрат електроенергії в елементах СЕП може дати відчутну економію електроенергії на промисловому підприємстві.

1.4 Загальна характеристика технологічного процесу і споживачів електроенергії

Розрахунок проведемо на прикладі відділення класифікації ніобієвих порошків.

Електропостачання здійснюється від КТП 6/0,4 кВ.

Основними електроприймачами є 2 печі агломерації і технологічне обладнання відділення класифікації.

Як головні розподільні пристрої використовуються панелі Prisma Plus. Для розподілу використовуються пункти розподілу Prisma Plus. Розподільча мережа виконана кабелем ВВГ. Монтаж проводки вести залежно від способу прокладення мережі.

До споживачів першої категорії відносяться печі агломерації.

Електроприймачі особливої групи I категорії відсутні.

Інші споживачі, в основному, належать до другої категорії.

Виробництво.

Ніобієвий порошок, також як і танталовий, робиться методом відновлення. Загалом схожі і з'єднання, які є сировиною при виготовленні даної продукції, - оксиди і галогеніди ніобію. Серед конкретних представників можна виділити оксид ніобію (Nb_2O_5), комплексні фтористі солі (K_2NbF_7), пентахлориди ніобію ($NbCl_5$). Суть процесу полягає в тому, що відновник вступає в реакцію з неметалічною складовою, і метал виділяється в чистому вигляді. Як і у разі виробництва танталового порошку для оксидів як відновників

використовуються вуглець (C) або алюміній (Al); для фтористих солей - натрій (Na); для хлоридів - магній (Mg) або водень (H).

Іншим важливим промисловим способом отримання порошку ніобію є електроліз. У цьому процесі метал виділяється з солі під дією електричного струму, що проходить через рідкий електроліт. По складу електроліти можна розділити на 2 групи:

- безкисневі фторидно-хлоридні або чисто хлоридні з додаванням комплексних фторидів (K_2NbF_7) або пентахлоридів ($NbCl_5$);
- оксифторидно-хлоридні, основою яких служить сольова суміш з K_2NbF_7 і фторидів і хлоридів калію або натрію, в яку вводять оксиди Nb_2O_5 .

Розміри часток, насипна щільність, стан постачання і інші технологічні параметри продукції регламентуються нормативними документами ТУ 48-4-552-92.

Дуже часто цей вид виробу, що має малий розмір зерна, також називається ніобієва пудра.

Застосування.

До основних напрямів застосування ніобієвого порошку можна віднести:

- виробництво компактного ніобію;
- легування сталей і сплавів;
- виготовлення конденсаторів.

У першому випадку Nb виготовляється у вигляді кубічних форм обмеженого розміру, які спікаються з порошку. У другому – ніобієвий порошок додається в сплави і сталі для поліпшення їх властивостей. У третьому - продукція йде на виробництво частин об'ємно-пористих конденсаторів, які за характеристиками поступаються танталовим, але коштують значно дешевше.

1.5 Висновки до розділу 1

В даному розділі детально розглянуто шляхи підвищення надійності схеми електропостачання промислового підприємства шляхом застосування пристрою швидкодіючого автоматичного включення резервного джерела живлення (ШАВР). Перевага застосування ШАВР полягає в тому, що знімаються обмеження на сумарну потужність електродвигунів, що зберігаються в роботі, живляться від секції, що втратила живлення.

Розглянуто питання «провалів напруги» в системах електропостачання підприємств хімічної промисловості. Так як безперервність технологічних процесів підприємств хімічної промисловості пред'являє високі вимоги до якості електропостачання. Для забезпечення надійності електропостачання основних електроприймачів першої категорії цих підприємств повинна забезпечуватися безперебійність, тобто безперервність електропостачання, живучість системи і якість електроенергії у електроприймачів.

Розглянуто основні шляхи економії електроенергії на промислових підприємствах, доведено, що зниження втрат електроенергії в елементах СЕП може дати відчутну економію електроенергії на промисловому підприємстві.

Розглянуто загальну характеристику технологічного процесу і споживачів електроенергії.

2 РОЗРАХУНКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1 Розрахунок електричних навантажень

2.1.1 Метод коефіцієнта використання

Розрахунок електричних навантажень по цьому методу виконується відповідно до [5].

Усі електроприймачі групуються по характерних категоріях з однаковими коефіцієнтом використання k_v і коефіцієнтом потужності $\text{tg}\varphi$ незалежно від потужності електроприймачів.

Номінальна потужність одного електроприймача – потужність, яку позначено на табличці або в його паспорті. Для агрегату з багаторуховим приводом під номінальною потужністю мають на увазі найбільшу суму номінальних потужностей одночасно працюючих двигунів.

Формула для визначення групової номінальної (встановленої) активної потужності:

$$P_{\text{ном}} = \sum_1^n P_{\text{ном}}, \quad (2.1)$$

де n – число електроприймачів.

Формула для визначення групової номінальної (встановленої) реактивної потужності:

$$Q_{\text{ном}} = \sum_1^n q_{\text{ном}} = \sum_1^n P_{\text{ном}} \cdot \text{tg}\varphi, \quad (2.2)$$

де $\text{tg}\varphi$ – паспортне або довідкове значення реактивної потужності.

Для електродвигунів, режим роботи яких є з повторно-короткочасний – номінальну потужність не потрібно приводити до тривалого режиму (ПВ=100%).

При під'єднанні однофазного струмоприймача на фазну напругу він рахується як еквівалентний трифазний струмоприймач, номінальна потужність якого рівна:

$$P_{\text{ном}} = 3P_{\text{ном.о}}; \quad (2.3)$$

$$q_{ном} = 3q_{ном.о}, \quad (2.4)$$

де $p_{ном.о}, q_{ном.о}$ – значення активної і реактивної потужності однофазного електроприймача.

При під'єднанні однофазного струмоприймача до лінійної напруги він раховується як еквівалентний трифазний струмоприймач з номінальною потужністю:

$$p_{ном} = \sqrt{3} \cdot p_{ном.о}; \quad (2.5)$$

$$q_{ном} = \sqrt{3} \cdot q_{ном.о}. \quad (2.6)$$

Коли присутня група однофазних струмоприймачів, які розподілені із значенням нерівномірності не вище 15% по відношенню до загальної потужності трифазних і однофазних електроприймачів в групі, вони можуть бути представлені в розрахунку як еквівалентна група трифазних електроприймачів тієї ж сумарної номінальної потужності.

У разі перевищення вказаної нерівномірності номінальна потужність еквівалентної групи трифазних електроприймачів приймається рівною потрібному значенню потужності найбільш завантаженої фази.

Коефіцієнт використання окремого електроприймача $k_в$ або групи електроприймачів $K_в$ – відношення середньої активної потужності окремого електроприймача p_c або групи електроприймачів P_c за найбільш завантажену зміну до її номінального значення.

Значення середньої активної і реактивної потужності кожної характерної групи електроприймачів :

$$P_c = P_{ном} \cdot k_в; \quad (2.7)$$

$$Q_c = P_c \cdot \operatorname{tg} \varphi. \quad (2.8)$$

Значення середньої активної і реактивної потужності групи:

$$\sum P_c = \sum_1^m P_{ном} \cdot k_в; \quad (2.9)$$

$$\sum Q_c = \sum_1^m P_c \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (2.10)$$

де m – число відповідних категорій струмоприймачів.

Значення середньозваженого коефіцієнту використання:

$$K_g = \frac{\sum P_c}{\sum P_{ном}}. \quad (2.11)$$

Ефективне число електроприймачів визначається за виразом:

$$n_e = 2 \sum P_{ном} / P_{ном\max}. \quad (2.12)$$

Значення розрахункової активної потужності груп електроприймачів на напругу до 1 кВ визначається в залежності від значення середньої потужності P_c і відповідного їй значення K_p :

$$P_p = K_p \cdot P_c. \quad (2.13)$$

Розрахункова реактивна потужність для живлячих мереж напругою до 1000 В визначається залежно від n_{ef} :

$$\text{при } n_{ef} \leq 10 \text{ і } K_p \geq 1 \quad Q_p = 1,1Q_c$$

$$\text{при } n_{ef} > 10 \text{ і } K_p \geq 1 \quad Q_p = Q_c.$$

$$Q_p = K_p \cdot Q_c \text{ при } K_p < 1.$$

До розрахункових силових навантажень додаються освітлювальні навантаження:

$$P_p = P_{p.c} + P_{p.o}; \quad (2.14)$$

$$Q_p = Q_{p.c} + Q_{p.o}. \quad (2.15)$$

Струмове розрахункове навантаження, згідно якого проводиться вибір перерізу лінії за допустимим нагрівом:

$$I_p = S_p / \sqrt{3} \cdot U_{ном}, \quad (2.16)$$

де S_p – значення повної розрахункової потужності.

Значення розрахункової потужності на шинах 6-10 кВ РП і ГПП:

$$P_p = \sum P_c K_o; \quad (2.17)$$

$$Q_p = \sum Q_c K_o; \quad (2.18)$$

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}. \quad (2.19)$$

Встановлена потужність складає 1714,14 кВт.

2.1.2 Розрахунок освітлення

Освітлювальне навантаження майданчиків розраховується методом питомих потужностей :

$$P_{осв.май.i} = P_{пит} \cdot S_{май.i}, \quad (2.20)$$

де $P_{осв.май.i}$ – потужність освітлювального навантаження, кВт;

$P_{пит}$ – питома потужність освітлення, кВт/м² [2. табл. 5-21 - 5-49];

$S_{май.i}$ – площа і -го майданчика, м².

Результати розрахунків зведені в табл. 1.1

Таблиця 2.1 – Результати розрахунку освітлення

Найменування	Тип сві- тильника	H, м	E_{min} , Лк	$P_{пит}$, Вт/м	S_i , м ²	P_p , кВт	Прим
Відділення напівфабрикатів	ГСП-17		200	10	360	3,6	

2.2 Розрахунок втрат в трансформаторах

Таблиця 2.2 – Початкові дані для розрахунку електричних втрат в трансформаторі

Номер підстанції	Тип трансформатора	S_p , кВА	Коефіцієнт завантаження K_p	Коефіцієнт завантаження $K_{см}$
КТП	Trihal 2x1250	1678,6	0,67	0,68

Таблиця 2.3 – Технічні дані трансформаторів

Тип трансформатора	$S_{нт}$, кВА	$U_{вн}$, кВ	$U_{нн}$, кВ	$\Delta P_{хх}$, кВт	$\Delta P_{кз}$, Вт	$U_{кз}$ %	$I_{хх}$, %
Trihal	1250	6	0,4	2	10	6	1,2

Реактивні втрати трансформатора в режимі холостого ходу:

$$\Delta Q_{XX} = S_n \cdot \frac{I_{XX}}{100}; \quad (2.21)$$

$$\Delta Q_{XX} = 1250 \cdot \frac{1,2}{100} = 15 \text{ кВАр.}$$

Реактивні втрати трансформатора в режимі короткого замикання:

$$\Delta Q_{KЗ} = S_n \cdot \frac{U_{KЗ}}{100}; \quad (2.22)$$

$$\Delta Q_{KЗ} = 1250 \cdot \frac{6}{100} = 75 \text{ кВАр.}$$

Активні проміжні втрати трансформатора з урахуванням навантаження:

$$\Delta P_{cm} = N(\Delta P_{XX} + K_{cm}^2 \cdot \Delta P_{KЗ}); \quad (2.23)$$

$$\Delta P_{cm} = 2(2 + 0,76^2 \cdot 10) = 15,55 \text{ кВт.}$$

Реактивні проміжні втрати трансформатора з урахуванням навантаження:

$$\Delta Q_{cm} = N(\Delta Q_{XX} + K_{cm}^2 \cdot \Delta Q_{KЗ}); \quad (2.24)$$

$$\Delta Q_{cm} = 2(15 + 0,76^2 \cdot 75) = 116,64 \text{ кВАр.}$$

Активні розрахункові втрати трансформатора з урахуванням навантаження:

$$\Delta P_p = N(\Delta P_{XX} + K_p^2 \cdot \Delta P_{KЗ}); \quad (2.25)$$

$$\Delta P_p = 2(2 + 0,66^2 \cdot 10) = 12,71 \text{ кВт.}$$

Реактивні розрахункові втрати трансформатора з урахуванням навантаження:

$$\Delta Q_p = N(\Delta Q_{XX} + K_p^2 \cdot \Delta Q_{KЗ}); \quad (2.26)$$

$$\Delta Q_p = 2(15 + 0,66^2 \cdot 75) = 95,34 \text{ кВАр.}$$

Усі отримані результати зводимо в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Втрати потужності в трансформаторах

№ ТП	ΔP_{cm} , кВт	ΔQ_{cm} , кВАр	ΔP_p , кВт	ΔQ_p , кВАр
КТП	15,55	116,64	12,71	95,34

2.3 Розрахунок і вибір схем живлення і напруги

Джерелом живлення комплексу є визначені кабельні лінії 6 кВ.

Для живлення низьковольтних приймачів використовується напруга 0,4 кВ з глухозаземленою нейтраллю трансформаторів.

Техніко-економічне обґрунтування вибраної напруги електропостачання комплексу дане далі.

2.3.1 Вартість електроенергії

Для усіх підприємств, що є споживачами електроенергії, встановлений двоставковий тариф, який складається з основної плати за приєднану потужність у споживача і додаткової плати за кожен відпущений кВт·год. активної енергії врахованої лічильником. Двоставковий тариф є досконалішим, ніж одноставкова система тарифів, застосування якого робить споживачів економічно зацікавленими в кращому використанні встановленого електрообладнання.

Середній тариф за 1кВт·год. для комплексу визначається по формулі:

$$C_o = \left(\frac{\alpha}{T_m} + \beta \right) (\gamma - 1), \quad (2.27)$$

де α – основна плата за 1 кВт·год максимального навантаження за рік.

β – додаткова плата за 1кВт·год.

T_m – число годин використання максимальної активної потужності 7140 годин

γ – знижка з тарифу на електроенергію залежно від величини середньозваженого косинуса підприємства. При $\cos\varphi = 0,98$ знижка $\gamma = 5\%$ [5, табл. 18.1].

Звідси^

$$C_o = \frac{23633}{7140} + 0,11 = 3,42 \text{ грн/кВт·год.}$$

З урахуванням знижки:

$$C_o = 3,42 \cdot 0,95 = 3,25 \text{ грн/кВт·год.}$$

2.3.2 Техніко-економічні розрахунки схем зовнішнього електропостачання

Найбільш економічним рішенням електропостачання є варіант, що відповідає технічним вимогам і що має найменші приведені витрати. Якщо приведені витрати відрізняються на 5-10% (можлива точність розрахунків), перевага віддається варіанту з меншими капіталовкладеннями, з кращими якісними показниками. При розгляді варіантів критерієм економічності є мінімум приведених витрат. Приведені витрати визначаються для змінюваної частини варіантів, що зіставляються, за виразом:

$$Z = E_n \cdot K_e + C_e, \quad (2.28)$$

де E_n – коефіцієнт приведення, рівний 0,12 1/рік;

K_e – одноразові капіталовкладення, визначувані в діючих цінах, з урахуванням вартості монтажу і будівельної частини;

C_e – щорічні витрати виробництва при нормальній експлуатації.

Капіталовкладення на спорудження системи електропостачання визначаються за виразом:

$$K_e = K_l + K_o + K_m, \quad (2.29)$$

де K_l – капітальні витрати на спорудження ліній;

K_o – капітальні витрати на встановлення високовольтного обладнання;

K_m – капітальні витрати на встановлення трансформаторів і перетворювальних агрегатів.

Дані по K_l , K_o , K_m знаходимо за укрупненими техніко-економічними показниками.

Щорічні витрати виробництва при одноразовому введенні споруди в експлуатацію визначається по відповідних значеннях амортизаційних відррахувань C_a , витрат на електроенергію C_m і витрат по експлуатації $C_{ек}$:

$$C_e = C_a + C_m + C_{ек}. \quad (2.30)$$

Для вибору раціональної напруги намічаємо два варіанти напруги для живлячих ліній.

Варіант 1. Живлення робиться на напругу 6 кВ від кабельної лінії 6 кВ.

Варіант 2. Живлення робиться на напругу 10 кВ від кабельної лінії 10 кВ.

У систему електропостачання включаються живлячі лінії і вимикачі на кінці ліній.

Схеми порівнюваних варіантів показані на рис. 2.1.

Варіант 1

Вимикачі

Заздалегідь вибираємо вимикачі у кінці ліній (В1, В2) по номінальній напрузі, номінальній потужності відключення при заданій напрузі 6 кВ.

Максимальний робочий струм лінії визначається з умови, що в аварійному режимі одна лінія повністю забезпечить навантаження тобто:

$$I_{\max \text{ роб}} = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_m}; \quad (2.31)$$

$$I_{\max \text{ роб}} = \frac{1714}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 157,26 \text{ А.}$$

Для визначення потужності, що відключається вимикачами В1, В2 намічаються розрахункові точки короткого замикання К-1 і К-2. Згідно з початковою схемою живлення складаємо схему заміщення для режиму трифазного короткого замикання в точках К-1, К-2 і визначаємо параметри схеми заміщення у відносних базисних одиницях (див. рис. 2.2).

Усі опори приводяться до базисної потужності $S_{\sigma}=1000$ МВА.

Опір лінії у відносних одиницях визначається по формулі:

$$X_{*WL} = X_{\text{нум}} \cdot L \cdot \frac{S_{\sigma}}{U_{\text{ср.ном}}^2}; \quad (2.32)$$

$$X_{*WL} = 0,102 \cdot 2 \cdot \frac{1000}{6,3^2} = 5,14.$$

Опір трансформатора у відносних одиницях:

$$x_{*B} = \frac{u_{\kappa} \cdot S_{\sigma}}{100S_{\text{ном},\text{т}}}; \quad (2.33)$$

$$x_{*B} = \frac{6 \cdot 1000}{100 \cdot 1} = 60.$$

Результуючий опір до точки КЗ К-1:

$$X_{\Sigma K-1} = 5,14.$$

Результуючий опір до точки КЗ К-2:

$$X_{\Sigma K-2} = 5,14 + 60 = 65,14.$$

Потужність, що відключається вимикачем:

$$S_{роз.відкл.К-1} = \frac{S_c}{x_{\Sigma}}, \quad (2.34)$$

$$\text{у точці К-1 } S_{роз.відкл.К-1} = \frac{1000}{5,14} = 194,55 \text{ МВА};$$

$$\text{у точці К-2 } S_{роз.відкл.К-2} = \frac{1000}{65,14} = 15,35 \text{ МВА}.$$

Струм, що відключається вимикачем:

$$I_{роз.відкл.К-1} = \frac{S_{роз.відкл.К-1}}{\sqrt{3} \cdot U_n}; \quad (2.35)$$

$$I_{роз.відкл.К-1} = \frac{194,55}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 17,85 \text{ кА};$$

$$I_{роз.відкл.К-2} = \frac{15,35}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 22,18 \text{ кА}.$$

Таблиця 2.5 – Технічні дані вимикачів

Величини	Розрахункові дані	Тип	Каталожні дані
I_n, A	96,13	SIEMENS 3AH	2000
$U_n, кВ$	6		7,2
$I_{відкл}, кА$	17,85		20
$S_{відкл}, МВА$	194,55		250
I_n, A	1543,1	Masterpact NW25H1	2500
$U_n, кВ$	0,4		0,69
$I_{відкл}, кА$	22,18		65
$S_{відкл}, МВА$	15,35		-

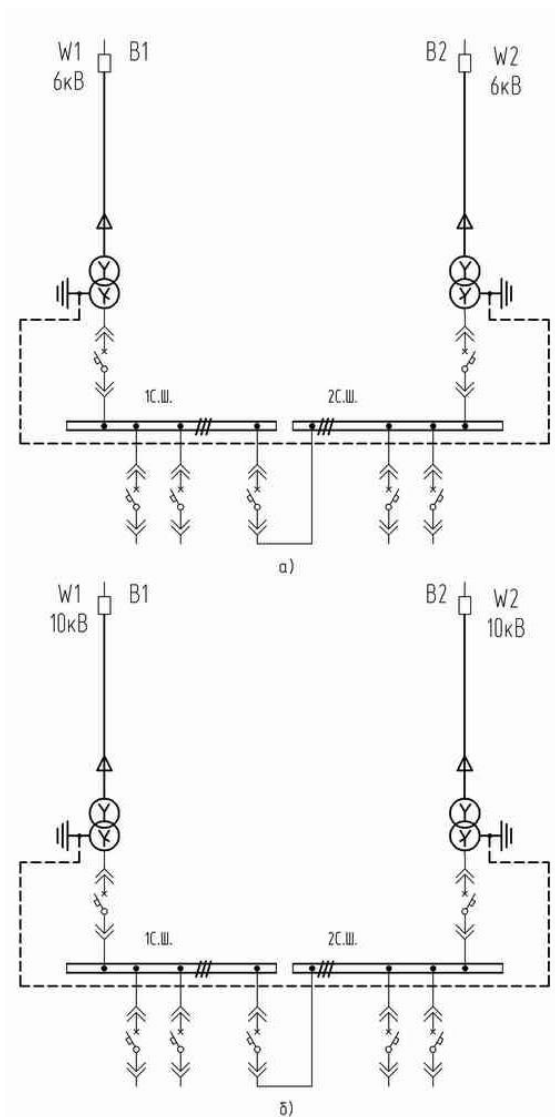


Рисунок 2.1 – Електрично-принципові схеми варіантів електропостачання відділення готової продукції напівфабрикатів

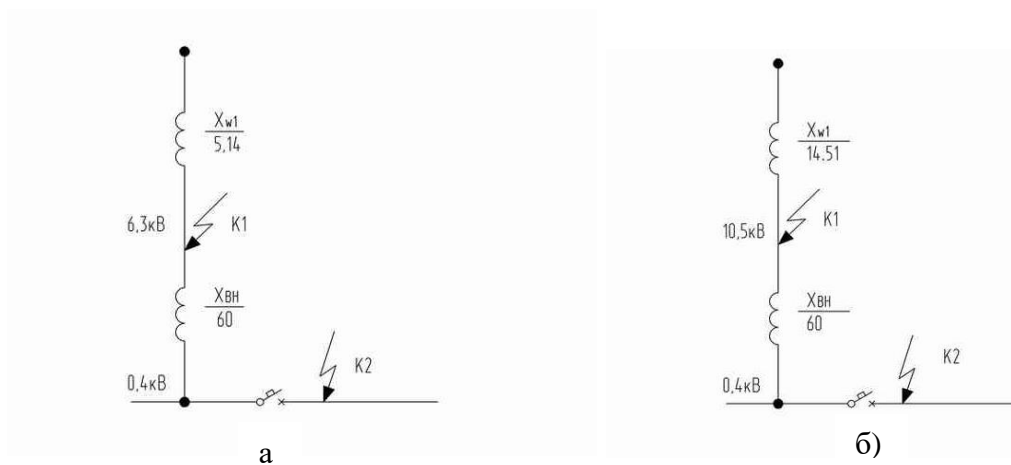


Рисунок 2.2 – Схеми заміщення варіантів електропостачання відділення готової продукції напівфабрикатів

Лінії

Живлячі лінії виконуємо алюмінієвим кабелем марки ЦСБУ. Переріз вибирається за технічними умовами, внаслідок чого визначається мінімально допустимий переріз. З економічних міркувань знаходиться економічно доцільний переріз.

Вибір перерізу за технічними умовами.

Вибір перерізу кабелю робиться по економічній щільності струму і нагріву в нормальному і післяаварійних режимах. При виборі перерізу по економічній щільності струму повинен приймається найближчий менший стандартний переріз по відношенню до розрахункового.

$$s_e = \frac{I_p}{J_e}. \quad (2.36)$$

Економічна щільність струму для вибраного проводу при $T_{max} = 8700$ год. складе $J_e = 1,2$ А/мм² [3. табл. 1.3.36]

Розрахунковий струм:

$$I_p = \frac{S_p}{2\sqrt{3}U_n}; \quad (2.37)$$

$$I_p = \frac{1714}{2\sqrt{3} \cdot 6,3} = 78,54 \text{ А.}$$

Визначасмо переріз кабелю з урахуванням економічної щільності струму:

$$s_e = \frac{78,54}{1,2} = 65,45 \text{ мм}^2.$$

Переріз округлюємо до найближчого стандартного, тобто $s_e = 70$ мм².

По довідкових матеріалах [3] вибирається кабелі марки ЦСБУ.

По табл. 1.3.18 [3] приймаються перерізи кабелю ЦСБУ-6 рівним – 3×70 мм², $I_{don} = 245$ А

Перевірка по струмовому навантаженню, що допускається, по нагріву робиться формулі:

$$I_{роз} \leq I_{дон}; \quad (2.38)$$

$$78,54 \text{ А} < 245 \text{ А.}$$

Перевірка по допустимій втраті напруги робиться по умові:

$$\Delta U < 5\%$$

$$\text{де } \Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot I_p \cdot l}{10U_H} \cdot (r_0 \cdot \cos \varphi + X_0 \cdot \sin \varphi); \quad (2.39)$$

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot 78,54 \cdot 2}{10 \cdot 6,3} \cdot (0,37 \cdot 0,95 + 0,083 \cdot 0,3) = 1,63 \text{ В}$$

Умови виконуються, отже кабель по допустимій втраті напруги проходить.

Перевірка перерізу термічної стійкості до струмів короткого замикання виконується по формулі:

$$F_{к.з.} = \frac{I_k \cdot \sqrt{t_n}}{C} \cdot 10^3, \quad (1.40)$$

де C – теплова функція за номінальних умов, [4, табл. 2.72] $C=100 \text{ Ас}^2/\text{мм}^2$;
 t_n - приведений час тривалості КЗ, $t_n = 0,06 \text{ с}$.

$$F_{к.з.} = \frac{39,27 \cdot \sqrt{0,06}}{100} \cdot 10^3 = 93,19.$$

Найближчий стандартний переріз по таблиці 95 мм^2 з $I_{дон} = 295 \text{ А}$, приймається цей переріз.

Трансформатори

Для живлення встановлюються два трансформатори потужністю по 1250 кВА кожен типу Trihal - 1250/6,3.

Таблиця 2.6 – Технічні дані трансформаторів

$S_{нт}, \text{кВА}$	$I_{xx}, \%$	$U_{кз}, \%$	$\Delta P_{xx}, \text{кВт}$	$\Delta P_{кз}, \text{кВт}$
1250	1,2	6	2	10

Техніко-економічні показники ліній

1. Капітальні витрати

Вартість двох комірок з вакуумними вимикачами SIEMENS 3АН з секціонованою системою шин, відповідно до прейскуранта заводу-виготівника :

$$K_B = 2 \cdot 9,34 = 18,68 \text{ тис. у. о.}$$

Вартість спорудження двох кабельних ліній 6 кВ, виконаних кабелем $3 \times 95 \text{ мм}^2$, визначається по формулі:

$$K_l = K_{num} \cdot L; \quad (2.41)$$

$$K_l = 1,3 \cdot 2 \cdot 2 = 5,2 \text{ тис.у.о.},$$

де $K_{num} = 1,3$ [6. табл. П4.4].

Сумарні капітальні витрати складають:

$$\sum K_1 = K_l + K_B; \quad (2.42)$$

$$\sum K_1 = 5,2 + 18,68 = 23,88 \text{ тис.у.о.}$$

2. Експлуатаційні витрати

Щорічні експлуатаційні витрати C_e складаються з вартості електроенергії, що витрачається на втрати в лініях C_m , амортизаційних відрахувань на лінії $C_{ал}$ і комірки з вимикачами $C_{ав}$, витрат по експлуатації ліній $C_{ек.л}$ і комірок з вимикачами $C_{ек.в}$:

$$C_e = C_m + C_{ал} + C_{ав} + C_{ек.л} + C_{ек.в}. \quad (2.43)$$

Дійсні втрати в лініях:

$$\Delta P_l = 3 \frac{S_{ном}^2}{U_{ном}^2} \cdot r_o \cdot L \cdot 10^{-3}, \quad (2.44)$$

$$\Delta P_l = 3 \cdot \frac{1049^2}{6,3^2} \cdot 0,26 \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 43,25 \text{ кВт},$$

де $r_o = 0,26 \text{ Ом/км}$ – питомий опір при перерізі кабелю $3 \times 70 \text{ мм}^2$.

Дійсні щорічні втрати електроенергії

$$\Delta E_l = \Delta P_l \cdot T_z; \quad (2.45)$$

$$\Delta E_l = 43,25 \cdot 7140 = 308805 \text{ кВт} \cdot \text{год. в рік}$$

Вартість втрат електроенергії в лінії складе

$$C_m = C_o \cdot \Delta E_l; \quad (2.46)$$

$$C_m = 0,025 \cdot 308,81 = 7,72 \text{ тис.у.о.}$$

де C_o – вартість 1кВт.години електроенергії рівна 0,025 у.о.

Вартість амортизаційних відрахувань визначається по формулі

$$C_{ал} = K_a \cdot K_l; \quad (2.47)$$

$$C_{ал} = 0,035 \times 5,2 = 0,182 \text{ тис.у.о.}$$

Вартість витрат на ремонт визначається по формулі:

$$C_{ек,л} = K_{mp} \cdot K_l; \quad (2.48)$$

$$C_{ек,л} = 0,01 \times 5,2 = 0,052 \text{ тис.у.о.},$$

де K_a і K_{mp} – норми відрахувань на амортизацію і поточний ремонт, приймаємо рівними відповідно 0,035 і 0,01 [5. табл. 4.1].

Вартість амортизаційних відрахувань і витрат на експлуатацію комірок з вимикачами визначається по формулі:

$$(C_{ав} + C_{ек,в}) = (K_n + K_{ав}) K_v, \quad (2.49)$$

де K_n – нормативний коефіцієнт ефективності, рівний 3% [5. табл. 4.1];

$K_{ав}$ – норма відрахувань на амортизацію, приймаємо 6,3% [5. табл. 4.1];

$$(C_{ав} + C_{ек,в}) = (0,03 + 0,063) \cdot 18,68 = 1,21 \text{ тис.у.о.}$$

Сумарні щорічні експлуатаційні витрати:

$$C_e = 7,72 + 0,182 + 0,052 + 1,21 = 9,164 \text{ тис.у.о.}$$

Приведені витрати на лінію і комірки з вимикачами рівні:

$$З = 0,12 \times 23,88 + 9,164 = 12,03 \text{ тис.у.о.}$$

Техніко-економічні показники трансформаторів зв'язку з енергосистемою.

Вартість двох трансформаторів Trihal - 1250/6,3 при внутрішньому встановленні виробництва заводу АВВ Чехія:

$$K_{mp,з} = 2 \cdot 100 = 200 \text{ тис.у.о.}$$

Приведені втрати потужності в трансформаторах зв'язку з енергосистемою складають:

$$\Delta P'_{m,c} = 2(\Delta P'_{xx} + K_3^2 \cdot \Delta P'_{кз}), \quad (2.50)$$

де

$$\Delta Q_{xx} = S_n \cdot \frac{I_{xx}}{100}; \quad (2.51)$$

$$\Delta Q_{кз} = S_n \cdot \frac{U_{кз}}{100}; \quad (2.52)$$

$$\Delta P'_{xx} = \Delta P_{xx} + K_{з.в.} \cdot \Delta Q_{xx}; \quad (2.53)$$

$$\Delta P'_{кз} = \Delta P_{кз} + K_{з.в.} \cdot \Delta Q_{кз}; \quad (2.54)$$

$$\Delta Q_{xx} = 1250 \cdot \frac{1,2}{100} = 15 \text{ кВАр};$$

$$\Delta Q_{кз} = 1250 \cdot \frac{6}{100} = 75 \text{ кВАр};$$

$$\Delta P'_{xx} = 2 + 0,02 \times 15 = 2,3 \text{ кВт};$$

$$\Delta P'_{кз} = 10 + 0,02 \times 75 = 11,5 \text{ кВт},$$

$K_{з.в.} = 0,02 \text{ кВт/кВАр}$ – коефіцієнт зміни втрат;

$$\Delta P'_{m,c} = 2(2,3 + 0,53^2 \cdot 11,5) = 11,06 \text{ кВт}.$$

Вартість втрат електроенергії в трансформаторах:

$$C_{nm} = 2 \cdot \Delta E \cdot C_o, \quad (2.55)$$

де

$$\Delta E = \Delta P'_{xx} \cdot T_{\Gamma} + \Delta P'_{кз} \cdot K_3^2 \cdot T_n; \quad (2.56)$$

$$\Delta E_{cm} = 2(2,3 \cdot 7140 + 11,5 \cdot 0,53^2 \cdot 6800) = 33,28 \text{ тис.кВт} \cdot \text{год. в рік};$$

$$C_{nm} = 33,28 \cdot 0,025 = 0,83 \text{ тис.у.о.}$$

Вартість амортизаційних відрахувань

$$C_a = K_{am} \cdot K_m; \quad (2.57)$$

$$C_a = 0,063 \cdot 200 = 12,6 \text{ тис.у.о.}$$

Сумарні експлуатаційні витрати

$$C_e = 0,83 + 12,6 = 13,43 \text{ тис.у.о.}$$

Приведені витрати на трансформатори і комірки з вимикачами рівні:

$$З = 0,12 \cdot 200 + 13,43 = 37,43 \text{ тис.у.о.}$$

Варіант 2

Вимикачі

Заздалегідь вибираємо вимикачі у кінці ліній (В1, В2) по номінальній напрузі, номінальної потужності відключення при заданій напрузі 10 кВ.

Максимальний робочий струм лінії визначається з умови, що в аварійному режимі одна лінія повністю забезпечить навантаження тобто:

$$I_{\max \text{ роб}} = \frac{1714}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 94,26 \text{ А.}$$

Усі опори приводяться до базисної потужності $S_6=1000$ МВА.

Опір лінії у відносних одиницях:

$$X_{*WL} = 0,4 \cdot 4 \cdot \frac{1000}{10,5^2} = 14,51$$

Опір трансформатора у відносних одиницях:

$$x_{*B} = \frac{6 \cdot 1000}{100 \cdot 1} = 60.$$

Результуючий опір до точки КЗ К-1:

$$X_{\Sigma K-1} = 14,51.$$

Результуючий опір до точки КЗ К-2:

$$X_{\Sigma K-2} = 14,51 + 60 = 74,51.$$

Потужність, що відключається вимикачем:

$$S_{\text{роз.відкл.К-1}} = \frac{1000}{14,51} = 68,92 \text{ МВА} \quad S_{\text{роз.відкл.К-2}} = \frac{1000}{74,51} = 13,42 \text{ МВА}$$

Струм, що відключається вимикачем:

$$I_{\text{роз.відкл.К-1}} = \frac{68,92}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 3,79 \text{ кА} \quad I_{\text{роз.відкл.К-2}} = \frac{13,42}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 19,37 \text{ кА}$$

Таблиця 2.7 – Технічні дані вимикачів

Величини	Розрахункові дані	Тип	Каталожні дані
$I_n, \text{А}$	47,3	SIEMENS 3AH	2000
$U_n, \text{кВ}$	10		12
$I_{\text{відкл}}, \text{кА}$	3,79		20
$S_{\text{відкл}}, \text{МВА}$	68,92		250
$I_n, \text{А}$	1543,1	Masterpact NW25H1	2500
$U_n, \text{кВ}$	0,4		0,69
$I_{\text{відкл}}, \text{кА}$	19,37		65
$S_{\text{відкл}}, \text{МВА}$	13,42		-

Лінії

Живлячі лінії виконуємо алюмінієвим кабелем марки ЦСБУ.

Визначаємо переріз кабелю з урахуванням економічної щільності струму:

$$s_e = \frac{94,26}{1,2} = 78,55 \text{ мм}^2.$$

Переріз округлюємо до найближчого стандартного перерізу, $s_e = 95 \text{ мм}^2$.

По довідкових матеріалах [3] вибирається кабелі марки ЦСБУ.

Приймаємо перерізи кабелю ЦСБУ-6 рівним – $3 \times 95 \text{ мм}^2$, $I_{\text{дон}} = 295 \text{ А}$

Перевірка по допустимому струмовому навантаженню, по нагріву проводиться по формулі:

$$I_{\text{роз}} \leq I_{\text{дон}}; \quad (2.58)$$

$$94,26 < 295.$$

Перевірка по допустимій втраті напруги робиться по умові:

$$\Delta U < 5\%$$

$$\text{де } \Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot I_p \cdot l}{10U_H} \cdot (r_0 \cdot \cos \varphi + X_0 \cdot \sin \varphi); \quad (2.59)$$

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot 94,26 \cdot 2}{10 \cdot 10,5} \cdot (0,37 \cdot 0,95 + 0,083 \cdot 0,3) = 1,17 \text{ В.}$$

Умови виконуються, отже кабель по допустимій втраті напруги проходить.

Перевірка перерізу по термічній стійкості до струмів короткого замикання:

$$F_{\text{к.з.}} = \frac{24,03 \cdot \sqrt{0,06}}{100} \cdot 10^3 = 115$$

Найближчий стандартний переріз по таблиці 120 мм^2 с $I_{\text{дон}} = 240 \text{ А}$, приймається цей переріз.

Трансформатори

Для живлення встановлюються два трансформатори потужністю по 1250кВА кожен типу Trihal - 1250/10.

Таблиця 2.8 – Технічні дані трансформаторів

$S_{\text{нт}}, \text{кВА}$	$I_{\text{xx}}, \%$	$U_{\text{кз}}, \%$	$\Delta P_{\text{xx}}, \text{кВт}$	$\Delta P_{\text{кз}}, \text{кВт}$
1000	1,2	6	2	8,8

Техніко-економічні показники ліній

1. Капітальні витрати

Вартість двох комірок з вакуумними вимикачами SIEMENS 3АН з секціонованою системою шин, відповідно до прейскуранта заводу-виготівника :

$$K_B = 2 \cdot 9,34 = 18,68 \text{ тис.у.о.}$$

Вартість спорудження двох кабельних ліній 10 кВ, виконаних кабелем $3 \times 120 \text{ мм}^2$, визначається по формулі:

$$K_L = 1,4 \cdot 4 \cdot 2 = 11,2 \text{ тис.у.о.},$$

де $K_{\text{нм}} = 1,4$ [6. табл. П4.4]

Сумарні капітальні витрати складають:

$$\sum K_1 = 11,2 + 18,68 = 29,88 \text{ тис.у.о.}$$

2. Експлуатаційні витрати

Щорічні експлуатаційні витрати C_e складаються з вартості електроенергії, що витрачається на втрати в лініях C_M , амортизаційних відрахувань на лінії $C_{ал}$ і комірки з вимикачами $C_{ав}$, витрат по експлуатації ліній $C_{ек.л}$ і комірок з вимикачами $C_{ек.в}$:

Дійсні втрати в лініях:

$$\Delta P_L = 3 \cdot \frac{1714^2}{10,5^2} \cdot 0,447 \cdot 4 \cdot 10^{-3} = 71,46 \text{ кВт},$$

де $r_o = 0,447 \text{ Ом/км}$ – питомий опір лінії.

Дійсні щорічні втрати електроенергії:

$$\Delta E_L = 7146 \cdot 7140 = 510224,4 \text{ кВт} \cdot \text{год. в рік}$$

Вартість втрат електроенергії в лінії складе:

$$C_M = 0,025 \cdot 510,22 = 12,76 \text{ тис.у.о.}$$

Вартість амортизаційних відрахувань визначається по формулі:

$$C_{ал} = 0,035 \times 11,2 = 0,39 \text{ тис.у.о.}$$

Вартість витрат на ремонт визначається по формулі:

$$C_{ек.л} = 0,01 \times 11,2 = 0,11 \text{ тис.у.о.}$$

Вартість амортизаційних відрахувань і витрат на експлуатацію комірок з вимикачами визначається по формулі:

$$(C_{ав} + C_{ек,в}) = (0,03 + 0,063) \cdot 18,68 = 1,21 \text{ тис.у.о.}$$

Сумарні щорічні експлуатаційні витрати

$$C_e = 12,76 + 0,252 + 0,11 + 1,21 = 14,33 \text{ тис.у.о.}$$

Приведені витрати на лінію і комірки з вимикачами рівні:

$$З = 0,12 \times 29,88 + 14,33 = 17,92 \text{ тис.у.о.}$$

Техніко-економічні показники трансформаторів зв'язку з енергосистемою.

Вартість двох трансформаторів Tria1 - 1250/10 при зовнішньому встановленні виробництва заводу АВВ Чехія:

$$K_{mp,з} = 2 \cdot 105 = 210 \text{ тис.у.о.}$$

Приведені втрати потужності в трансформаторах зв'язку з енергосистемою:

$$\Delta Q_{xx} = 1250 \cdot \frac{1,2}{100} = 15 \text{ кВАр;}$$

$$\Delta Q_{кз} = 1250 \cdot \frac{6}{100} = 75 \text{ кВАр;}$$

$$\Delta P'_{xx} = 2 + 0,02 \times 15 = 2,3 \text{ кВт;}$$

$$\Delta P'_{кз} = 8,8 + 0,02 \times 75 = 10,3 \text{ кВт;}$$

$$\Delta P'_{m,c} = 2(2,3 + 0,53^2 \cdot 10,3) = 10,39 \text{ кВт.}$$

Вартість втрат електроенергії в трансформаторах

$$\Delta E_{cm} = 2(2,3 \cdot 7140 + 10,39 \cdot 0,53^2 \cdot 6800) = 72,54 \text{ тис.кВт.год в рік;}$$

$$C_{nm} = 72,54 \cdot 0,025 = 1,81 \text{ тис.у.о.}$$

Вартість амортизаційних відрахувань:

$$C_a = 0,063 \cdot 210 = 13,23 \text{ тис.у.о.}$$

Сумарні експлуатаційні витрати:

$$C_e = 1,81 + 13,23 = 15,04 \text{ тис.у.о.}$$

Приведені витрати на трансформатори і комірки з вимикачами рівні:

$$З = 0,12 \cdot 210 + 15,04 = 40,24 \text{ тис.у.о.}$$

Підсумки порівняння варіантів системи електропостачання приведені в табл. 2.9.

Таблиця 2.9 – Порівняння варіантів

Найменування обладнання і споруди	Вартість одиниці тис.у.о.	Варіант 1		Варіант 2	
		К-ть	Сума тис.у.о.	К-ть	Сума тис.у.о.
Кабельна лінія 6 кВ	1,3	2x2	5,2	X	X
Кабельна лінія 10 кВ	1,4	X	X	4x2	11,2
Комірка 6кВ з секціонованою системою шин з вакуумними вимикачами типу SIEMENS 3АН	9,34	2	18,68		
Комірка 10кВ з секціонованою системою шин з вакуумними вимикачами типу SIEMENS 3АН	9,34	X	X	2	18,68
Трансформатор типу TRIAL - 1250/6/0.4 при внутрішньому встановленні	100	2	200	X	X
Трансформатор типу TRIAL - 1250/10/0.4 при внутрішньому встановленні	105	X	X	2	210
1.Сумарні капітальні витрати	X	X	218,68	X	228,68
2.Вартість втрат електроенергії	X	X	8,55	X	23,1
3.Амортизаційні відрахування і поточний ремонт ліній	X	X	0,234	X	0,5
4. Амортизаційні відрахування і поточний ремонт обладнання	X	X	13,81	X	14,44
Сумарні експлуатаційні витрати	X	X	22,92	X	29,37
Розрахункові витрати	X	X	49,46	X	58,16

$$Z_I = 12,03 + 37,43 = 49,46 \text{ тис.у.о.};$$

$$Z_{II} = 17,92 + 40,24 = 58,16 \text{ тис.у.о.}$$

Згідно з найменшими приведеними вибираємо варіант з найменшими приведеними витратами, варіант №1.

2.4 Вибір трансформаторів 6 кВ

Для забезпечення безперебійного живлення електричних навантажень до встановлення прийнято два двообмоточних, трансформатора типу TRINAL - 1250/6/0,4 потужністю по 1,25 МВА.

Завантаження трансформаторів в нормальному режимі, при роботі двох трансформаторів, складе 53%, в аварійному режимі, при відключенні одного з трансформаторів, 106%, що відповідає нормам експлуатації.

Робота трансформаторів в РП-6 кВ передбачається роздільна, що спрощує релейний захист і зменшує струм короткого замикання в мережі вторинної напруги. Трансформатори, тривало працюючі на підстанціях з рівним графіком навантаження, допускають малі перевантаження. Перевантаження допускається тільки за рахунок температури довкілля і вибору потужності трансформаторів по аварійному режиму, що обумовлює їх недовантаження при нормальному режимі роботи. Згідно ПУЕ допускається післяаварійне перевантаження трансформаторів на 40% на час максимуму загального добового навантаження тривалістю не більше 6 годин на протязі не більше 5 діб.

$$S_{ном\tau} = \frac{S_p}{2 \cdot 0,7}, \quad (2.60)$$

де S_p – розрахункова повна потужність, кВА;

$S_{ном\tau}$ – номінальна потужність трансформатора, кВА.

Вибраний трансформатор перевіряється по завантаженню в номінальному режимі:

$$k_3 = \frac{S_p}{2 \cdot S_{ном\tau}} \leq 0,7. \quad (2.61)$$

Також перевіряється по коефіцієнту економічного завантаження :

$$k_{з.е.} = \sqrt{\frac{\Delta P_{XX} + K_{III} \cdot \Delta Q_{XX}}{\Delta P_{K3} + K_{III} \cdot \Delta Q_{K3}}}, \quad (2.62)$$

де ΔP_{XX} – втрати потужності на холостий хід, кВт;

ΔP_{K3} – втрати потужності короткого замикання, кВт;

K_{III} – коефіцієнт підвищення втрат при передачі реактивної потужності, який залежить від відстані до РП; ($K_{III}=0,02\div 0,13$).

$$\Delta Q_{XX} = \frac{I_{XX} \cdot S_{номТ}}{100}; \quad (2.63)$$

$$\Delta Q_{K3} = \frac{U_K \cdot S_{номТ}}{100}, \quad (2.64)$$

де ΔQ_{XX} – втрати реактивної потужності на холостий хід, кВАр;

$\Delta Q_{к.з.}$ – втрати активної потужності при короткому замиканні, кВАр;

I_{XX} – струм холостого ходу, у відсотках;

U_K – напруга короткого замикання, у відсотках.

Умовою правильного завантаження трансформаторів буде: $K_3 \approx K_{з.е.}$

Виконаємо перевірку по перевантажувальній здатності трансформатора при аварійному відключенні одного з них :

$$K_{II} = \frac{S_P}{S_{номТ}} \leq 1,4. \quad (2.65)$$

Оскільки серед споживачів власних потреб є споживачі першої категорії, то живлення на РП-6 кВ здійснюватиметься від двох трансформаторів.

$$S_{номТ} = \frac{1714}{2 \cdot 0,7} = 1224,3 \text{ кВА.}$$

Вибираються найближчі за стандартом трансформатори типу TRIHAL - 1250/6

Таблиця 2.10 – Технічні дані трансформатора :

Тип трансформатора	$S_{ном}$, кВА	Втрати, кВт		U_K , %	I_{XX} , %
		P_{XX}	P_{K3}		
TRIAL - 11250/6	1250	2	10	6	1,2

Вибраний трансформатор перевіряється по умові:

$$K_3 = \frac{1714}{2 \cdot 1250} = 0,68 < 0,7.$$

Умова виконується, отже, вибраний трансформатор по завантаженню в номінальному режимі проходить.

$$\Delta Q_{\text{ХХ}} = \frac{1 \cdot 1000}{100} = 10 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q_{\text{КЗ}} = \frac{5,5 \cdot 1000}{100} = 55 \text{ кВт};$$

$$K_{\text{з.е.}} = \sqrt{\frac{2 + 0,02 \cdot 15}{10 + 0,02 \cdot 75}} = 0,45;$$

$$K_{\text{з}} \approx K_{\text{з.е.}} \quad 0,45 > 0,43.$$

Виконаємо перевірку по перевантажувальній здатності :

$$K_{\text{II}} = \frac{1714}{1250} = 1,37 < 1,4.$$

2.5 Картограма електричних навантажень

Картограма є розміщенням на генеральному плані підприємства кола, площа якого відповідає у вибраному масштабі розрахунковим навантаженням :

$$P_i = \pi \cdot r_i^2 \cdot m; \quad (2.66)$$

де r_i – радіус кола;

m – масштаб.

При побудові картограми навантажень підрозділів центри кіл поєднують з центрами тяжіння геометричних фігур, що зображують ці підрозділи.

Освітлювальне навантаження показується як заштрихована площа від усього навантаження, на $U < 1\text{кВ}$.

Результати розрахунку зводяться в табл. 2.11

Координати умовного центру активних навантажень :

$$X_0 = \frac{\sum_{i=1}^n P_i X_i}{\sum_{i=1}^n P_i}; \quad (2.67)$$

$$Y_0 = \frac{\sum_{i=1}^n P_i Y_i}{\sum_{i=1}^n P_i}. \quad (2.68)$$

Таблиця 2.11 – Результати розрахунку

№ на плані	Найменування	Центри навантажень		P_i кВт	$P_i X_i$ кВт·мм	$P_i Y_i$ кВт·мм
		X_i , мм	Y_i , мм			
1	ТП			411		

$$X_0 = \frac{3866062,4}{16677,46} = 375;$$

$$Y_0 = \frac{3001506,4}{16677,46} = 345.$$

2.6 Розрахунок струмів короткого замикання

Для обчислення струмів короткого замикання складають розрахункову схему, що відповідає нормальному режиму роботи системи електропостачання. За розрахунковою схемою складає схему заміщення, в якій вказується опір джерел і споживачів і намічають точки для розрахунку струмів короткого замикання.

Береться за базисні одиниці номінальна потужність трансформатора:

$$S_{\sigma} = S_{номт} = 1 \text{ МВА.}$$

Середня напруга ступеня з точками:

$$K1 - U_B = U_{cp} = 6,3 \text{ кВ;}$$

$$K2 - U_B = U_{cp} = 0,4 \text{ кВ.}$$

Визначаємо базисний струм по формулі:

$$I_{\sigma} = \frac{S_{\sigma}}{\sqrt{3} \cdot U_{\sigma}}; \quad (2.69)$$

$$I_{\sigma K-1} = \frac{1}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 0,092 \text{ кВ;}$$

$$I_{\delta K-2} = \frac{6,3}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 1,45 \text{ кА.}$$

Визначаються опори елементів схеми заміщення у базисних одиницях.

Для двообмоточного трансформатора TRIAL - 1250/6 напруга короткого замикання між обмотками у відсотках при номінальних ступенях складає 6%.

Опір обмоток трансформатора у відносних одиницях:

$$x_{*m} = \frac{u_{\kappa} \cdot S_{\delta}}{100 S_{\text{ном},m}}; \quad (2.70)$$

$$r_{*m} = \frac{\Delta P_{\kappa} \cdot U_{\text{ср.ном}}^2}{S_{\text{ном},m}^2}; \quad (2.71)$$

$$x_{m-1} = \frac{6 \cdot 1}{100 \cdot 1} = 0,06;$$

$$r_{m-1} = \frac{10 \cdot 10^{-3} \cdot 10,5^2}{1^2} = 1,1.$$

Опір кабельної лінії до точки К1:

$$x_1 = x_0 \cdot l \cdot \frac{S_{\delta}}{U_{\delta}^2}; \quad (2.72)$$

$$x_1 = 0,083 \cdot 2 \cdot \frac{1}{10,5^2} = 0,002;$$

$$r_1 = r_0 \cdot l \cdot \frac{S_{\delta}}{U_{\delta}^2}; \quad (2.73)$$

$$r_1 = 0,37 \cdot 2 \cdot \frac{1}{10,5^2} = 0,007.$$

Сумарний опір до точки К2:

$$x_{\sum K-2} = x_1 + x_{m-1} = 0,002 + 0,055 = 0,057;$$

$$r_{\sum K-2} = r_1 + r_{m-1} = 0,007 + 1,1 = 1,107.$$

Виконаємо перевірку по умові:

$$\frac{X_{\sum \kappa 1}}{3} > r_{\sum \kappa 1}; \quad (2.74)$$

$$\frac{X_{\Sigma^{k1}}}{3} > r_{\Sigma^{k1}} = \frac{0,002}{3} = 0,0007 < 0,007;$$

$$\frac{X_{\Sigma^{k2}}}{3} > r_{\Sigma^{k2}} = \frac{0,057}{3} = 0,019 < 1,107.$$

Умова не виконується, отже активний опір враховується.

Струм КЗ в розглянутих точках складає:

$$I_k = \frac{I_{\bar{o}}}{Z_{\Sigma}}; \quad (2.75)$$

$$I_{k1} = \frac{0,092}{\sqrt{0,002^2 + 0,007^2}} = 12,6 \text{ кА};$$

$$I_{k2} = \frac{1,45}{\sqrt{0,057^2 + 1,107^2}} = 1,31 \text{ кА}.$$

Визначаємо ударний струм в точках короткого замикання Знаходиться ударний коефіцієнт по кривій, представлений на рис. 6.2 [6] залежно від співвідношення;

$$\frac{X_{\Sigma}}{r_{\Sigma}}.$$

Для точки К1 :

$$\frac{X_{\Sigma 1}}{r_{\Sigma 1}} = 0,54;$$

$$K_{y\partial 1} = 1,65.$$

Ударний струм в розглянутих точках складе:

$$i_{y\partial} = K_{y\partial} \sqrt{2} \cdot I_k; \quad (2.76)$$

$$i_{y\partial 1} = 1,65 \cdot \sqrt{2} \cdot 12,6 = 29,4 \text{ кА};$$

$$i_{y\partial 2} = 1,56 \cdot \sqrt{2} \cdot 1,31 = 2,89 \text{ кА}.$$

Потужність короткого замикання в даних точках

$$S_k = \sqrt{3} \cdot U_{\bar{o}} \cdot I_k; \quad (2.77)$$

$$S_{k-1} = \sqrt{3} \cdot 6,3 \cdot 12,6 = 137,49 \text{ МВА};$$

$$S_{k-1} = \sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 1,31 = 0,91 \text{ МВА}.$$

Результати розрахунку зводяться в табл. 2.12

Таблиця 2.12 – Результати розрахунку струмів короткого замикання

Точка КЗ	U , кВ	X_{Σ}	R_{Σ}	I_k , кА	$K_{y\partial}$	$i_{y\partial}$, кА	S_k , МВА
К-1	6,3	0,002	0,007	12,6	1,65	29,4	137,49
К-2	0,4	0,057	1,107	1,31	1,56	2,89	0,91

2.7 Висновки до розділу 2

В даному розділі використовуючи метод коефіцієнта використання здійснено розрахунок електричних навантажень підприємства.

Згідно техніко-економічних розрахунків схем зовнішнього електропостачання здійснено вибір оптимального значення напруги, що відповідає технічним вимогам і має найменші приведені витрати.

Для забезпечення безперебійного живлення електричних навантажень до встановлення прийнято два двообвиткових, трансформатора типу TRINAL - 1250/6/0,4 потужністю по 1,25 МВА.

Для вибору електричних апаратів здійснено проведено розрахунки струмів короткого замикання.

3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Вибір обладнання на стороні 6 кВ

На стороні первинної напруги вибираємо до встановлення наступне обладнання: ввідні і секційні вимикачі, трансформатори напруги, трансформатори струму, розрядники.

3.1.1 Вибір ввідних і секційних вимикачів

Вимикачі призначені для включення і відключення електричних кіл під навантаженням і при короткому замиканні. Вимикач один з найскладніших і відповідальних апаратів, в сильному ступені що впливає на надійність роботи електричної системи.

Розрахункові дані:

$I_k = 12,6$ кА – значення струму короткого замикання, що встановилося.

$i_y = 29,4$ кА – ударний струм короткого замикання.

$S_k = 137,49$ МВА – потужність короткого замикання.

$I_{роз.} = 157,3$ А – розрахунковий струм.

$$t_{\Pi} = t_{з.мин} + t_{с.в.}, \quad (3.1)$$

де $t_{з.мин}$ – мінімальний час спрацьовування захисту, ПУЕ рекомендує приймати його в розрахунках рівним 0,02с;

$t_{с.в.}$ – власний час відключення вимикача (для високовольтних вимикачів дорівнює 0,05 - 0,08 с).

$$t_{\Pi} = 0,02 + 0,08 = 0,1 \text{ с.}$$

По розрахунковому максимальному струму вибираємо вакуумний вимикач SIEMENS 3AH-10.

Таблиця 3.1 – Каталогні дані вимикача.

Тип вимикача	Номинальна напруга, кВ	Номинальний струм, А	Струм електродинамічної стійкості, кА	Струм термічної стійкості/ допустимий час, кА/с	Струм відключення при напрузі 10кВ, кА	Тип приводу
SIEMENS 3AH	7	2000	80	31,5/3	31,5	ПЭ11

Перевірка по тривалому струму:

$$I_{роз.} = 157,3 < I_n = 2000 \text{ А.}$$

Перевірка на динамічну стійкість:

$$i_y = 29,4 < I_{дин} = 80 \text{ кА.}$$

Перевірка на термічну стійкість:

$$B_k < I_{терм.}^2 \cdot t_{терм.}; \quad (3.2)$$

$$B_k = I_k^2 \cdot (t_{II} + T_a); \quad (3.3)$$

$$I_{терм.}^2 \cdot t_{терм.} = 31,5^2 \cdot 3 = 2976,75 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$$

$$B_k = 12,6^2 \cdot (0,1 + 0,01) = 17,46 \text{ кА}^2 \cdot \text{с.}$$

де T_a - постійна затухаюча аперіодичній складовій струму рис. 8.15 [5].

Вакуумний вимикач SIEMENS 3AH термічно стійкий і за усіма умовами вибору обладнання підходить.

3.1.2 Вибір трансформаторів напруги

Вимірювальний трансформатор напруги призначені для вимірювання напруги в установках змінного струму.

Умови вибору трансформаторів напруги :

$$U_{уст.н} \leq U_{1н};$$

$$S_2 \leq S_n,$$

де $U_{уст.н}$ – номінальна напруга установки;

$U_{1н}$ – первинна напруга трансформаторів напруги;

S_2 – розрахункове навантаження;

S_n – номінальне навантаження трансформатора напруги в прийнятому класі точності.

По напрузі установки вибираємо трансформатор напруги НТМИ-6.

Таблиця 3.2 – Каталогні дані трансформатора напруги

Тип трансформатора напруги	Номінальний коефіцієнт трансформації	Номінальна потужність в класах точності, ВА			Максимальна потужність, ВА
		0,5	1	3	
НТМИ-6	$3000 / 100 / \frac{100}{3}$	50	80	200	400

Таблиця 3.3 – Дані приладів

Прилад	Тип	Потужність однієї обмотки	Число обмоток	$\cos\phi$	$\sin\phi$	Число приладів	P , Вт	Q , ВАр
Лічильник активної потужності	СЭТ 3а-0,1-0,1	1,5	2	0,38	0,95	7	21	51
Лічильник реактивної потужності	СЭТ 3р - 0,1-0,8	3	2	0,38	0,95	1	6	14,6
Вольтметр	Э377	2,6	1	0,38	0,95	1	2,6	6,33

Трансформатор напруги НТМИ-6 задовольняє умовам вибору.

3.1.3 Вибір трансформаторів струму

Умова вибору трансформаторів струму :

- по напрузі установки;
- по тривалому струму;
- по умові електродинамічної стійкості;
- по умові термічної стійкості;
- по вторинному навантаженню.

По напрузі і розрахунковому струму вибираємо трансформатори струму ТЛМ - 6-2.

Таблиця 3.4 – Каталожні дані трансформаторів струму.

Тип трансформатора	Номинальна напруга, кВ	Номинальний первинний струм, А	Клас точності осердя	Електродинамічна стійкість, кА	Термічна стійкість/ допустимий час кА/с	Характеристики осердів	
						Клас точності	Вторинне навантаження, Ом
ТЛМ-6-2	6	500	P	81	35,1/1	1	30

Таблиця 3.5 – Дані приладів

Найменування приладу	Тип	Клас точності	Споживана потужність	
			струм	напруга
Амперметр	Э-351	1,5	0,5	-
Лічильник активної енергії для трьо-провідних кіл	СЭТ 3а - 0,1 - 0,1	2	2,5	1,5
Лічильник реактивної енергії для трьо-провідних кіл	СЭТ 3р - 0,1 - 0,8	2	2,5	3

Перевірка трансформаторів струму

На термічну стійкість:

$$I_{терм.}^2 \cdot t_{терм} = 31,5^2 \cdot 1 = 992,25 \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$$

$$B_k = 17,46 < I_{терм.}^{(2)} \cdot t_{терм} = 992,25 \text{ кА}^2.$$

На електродинамічну стійкість:

$$i_y = 29,4 < I_{дин} = 81 \text{ кА}.$$

По вторинному навантаженню: $Z_2 < Z_{2ном}$

Індуктивний опір струмових кіл не великий тому:

$$Z_2 \approx R_2 = R_{прил} + R_{пров} + R_k, \quad (3.4)$$

де $R_{прил}$ – опір приладів;

$R_{пров}$ – опір провідників;

R_k – опір контактів (у розрахунках приймають рівним 0,1 Ом).

$$R_{прил} = \frac{S_{прил}}{I_2^2}, \quad (3.5)$$

де $S_{прил}$ – сумарна потужність приладів:

$I_{2ном}$ – вторинний струм трансформаторів струму.

$$R_{прил} = \frac{5,5}{5^2} = 0,22 \text{ Ом.}$$

Для приєднання вимірювальних приладів до трансформатора струму використовуємо мідні проводи.

Розрахункова довжина проводу $l_{роз}$ при включенні трансформаторів струму в неповну зірку:

$$l_{роз} = 1,73 \cdot l; \quad (3.6)$$

$$l_{роз} = 1,73 \cdot 25 = 43,3 \text{ м.}$$

де l – фактична довжина проводу.

Необхідний переріз сполучних проводів:

$$S = \frac{\rho \cdot L_{роз}}{R_{пров}}, \quad (3.7)$$

де $\rho = 0,012 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$ – питомий опір мідних проводів.

$$R_{пров} = \frac{S_{2ном} - I_{2н}^2 \cdot (R_{приб} + R_k)}{I_{2н}^2}, \quad (3.8)$$

де $S_{2ном}$ – номінальна вторинна потужність трансформаторів струму.

$$R_{пров} = \frac{750 - 5^2 (0,22 + 0,1)}{5^2} = 29,68 \text{ Ом;}$$

$$S = \frac{0,012 \cdot 43,3}{29,68} = 0,018 \text{ мм}^2.$$

Вибираємо мідні проводи перерізом $S=2,5 \text{ мм}^2$ (S_{min} – для сполучних мідних проводів дорівнює $2,5 \text{ мм}^2$ [ПУЭ 3.4]).

$$Z_2 \approx R_2 = 0,22 + 0,1 + 29,68 = 30 \text{ Ом}$$

Номінальне допустиме навантаження трансформатора струму у вибраному класі точності :

$$Z_{2ном} = \frac{S_{2ном}}{I_{2н}^2};$$

$$Z_{2ном} = \frac{750}{5^2} = 30 \text{ Ом};$$

$$Z_2 = 30 = Z_{2ном} = 30 \text{ Ом}.$$

3.1.4 Вибір шин

Для розподільчих пристроїв 6 кВ вибираємо алюмінієві шини.

Визначення розрахункового струму при максимальному навантаженні в післяаварійному режимі (дії АВР при відключенні одного з трьох трансформаторів):

На стороні 6кВ

$$I_{роз.} = \frac{S_{max}}{\sqrt{3} \cdot U_n}; \quad (3.9)$$

$$I_{роз.} = \frac{1714}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 157 \text{ А}.$$

Вибираємо алюмінієві шини прямокутного перерізу забарвлені.

Переріз шини $15 \times 3 \text{ мм}$, $I_{дон} = 165 \text{ А}$.

Перевірка шин на термічну стійкість.

Умови перевірки :

$$q_{min} \leq q, \quad (3.10)$$

де q_{min} – мінімальний переріз по термічній стійкості;

q – вибраний переріз.

$$q_{min} = \sqrt{\frac{B_k}{C_T}}, \quad (3.11)$$

$$B_k = 12,6^2 \cdot (0,1 + 0,05) = 23,81, \text{кА}^2 \cdot \text{с},$$

де $T_a = 0,05$ [4 табл. 2.45].

$$q_{min} = \sqrt{\frac{23810}{95}} = 15,83, \text{мм}^2;$$

$$q_{min} \leq q \equiv 15,83 < 45 \text{ мм}^2.$$

Перевірка шин на електродинамічну стійкість.

Зусилля, діючі між фазами при трифазному к.з. на 1м довжини :

$$F = 1,76 \cdot i_y^2 \cdot \frac{l}{a} \cdot 10^{-1}, \quad (3.12)$$

де a – відстань між осями шин суміжних фаз, м.

$K_\phi = 0,96$ [4. рис. 2.42б].

$$F = 1,76 \cdot 29,4^2 \cdot \frac{1}{0,6} \cdot 10^{-1} = 253,5 \text{ Н/м.}$$

Змінюючи довжину прольоту можна добитися щоб механічний резонанс був виключений, тобто щоб $f_0 > 200$ Гц.

Довжину прольоту між ізоляторами визначимо по формулі:

$$l_0 = \sqrt{\frac{\xi \cdot \sigma_{дон} \cdot W}{F}}, \quad (3.13)$$

де $\sigma_{дон} = 48$ МПа для шин АДО [4 табл. 2-73];

$W = 0,17hb^2 = 0,17 \times 1,5 \times 0,3^2 = 0,077 \text{ см}^3$ [5 табл. 9.10];

$\xi = 11$ [4. табл. 2.69].

$$l_0 = \sqrt{\frac{11 \cdot 48 \cdot 10^6 \cdot 0,077 \cdot 10^{-6}}{253,5}} = 0,4 \text{ м.}$$

З умови $l < 10$, довжину прольоту між ізоляторами вибираємо рівною 0,5 м.

Визначаємо механічну напруженість в шинах.

$$\sigma_{роз.} = 1,76 \frac{l^2 \cdot i_y^2}{\xi \cdot a \cdot W} \cdot 10^{-7}, \quad (3.14)$$

$$\sigma_{роз.} = 1,76 \frac{0,5^2 \cdot 29,4^2}{11 \cdot 0,6 \cdot 0,077 \cdot 10^{-6}} \cdot 10^{-7} = 74,84 \text{ Па} < \sigma_{дон}$$

Шини перерізом $q = 45 \text{ мм}^2$ задовольняють умові:

$$\sigma_{роз.} = 0,07484 < \sigma_{дон} = 48 \text{ Мпа.}$$

Таблиця 2.6 – Каталогні дані алюмінієвих шин прямокутного перерізу.

Розміри шин, мм	А	15
	В	3
Переріз однієї шини, мм^2		45
Допустимий струм шини, А		165

Алюмінієві шини прямокутного перерізу ($q=45\text{мм}^2$), забарвлені, за усіма умовами вибору шин підходять.

3.1.5 Вибір ізоляторів

Для кріплення шин виберемо ізолятори для зовнішнього встановлення ОНШ-6-5, а для внутрішнього ІО-6-3,75УЗ.

Умова електричної міцності :

$$U_{уст.ном} \leq U_{ізол.ном}, \quad (3.15)$$

де $U_{уст.ном}$ – номінальна напруга установки, кВ;

$U_{ізол.ном}$ – номінальна напруга ізолятора, кВ.

$$U_{уст.ном} = 6 = U_{ізол.ном} = 6 \text{ кВ.}$$

Умова механічної міцності:

$$F \leq F_{доп.} = 0,6 \cdot F_{руй.}, \quad (3.16)$$

де F – зусилля діюче між фазами при трифазному короткому замиканні;

$F_{руй}$ – руйнівне зусилля на ізолятор задається в припущенні, що сила прикладена до ковпачка ізолятора. Тобто руйнівне зусилля на зовнішній ізолятор менше, ніж на внутрішній, то для розрахунку використовуємо його дані.

$$F = 1,76 \cdot 29,4^2 \cdot \frac{1}{0,6} \cdot 10^{-1} = 253,5 \text{ Н/м;}$$

$$F = 253,5 < F_{доп.} = 3000 \text{ Н.}$$

Таблиця 3.7 – Католожные дані опорних ізоляторів

Вид встановлення ізолятора	Тип ізолятора	Руйнівне зусилля, Н	Номінальна напруга ізолятора, кВ	Зусилля діюче між фазами при трифазному КЗ, Н	Номінальна напруга установки, кВ
Зовнішнє	ОНШ-5	5000	6	539	6
Внутрішньо	ІО-6	3750	6	539	6

Вибрані опорні ізолятори шинних конструкцій за усіма умовами вибору ізоляторів підходять.

Для прохідного ізолятора зусилля електродинамічної сили, діюче на ізолятор знаходимо по формулі :

$$F = 0,88 \cdot \frac{i_y^2 \cdot l}{a} \cdot 10^{-1}; \quad (3.17)$$

$$F = 0,88 \cdot \frac{29,4^2 \cdot 0,5}{0,6} \cdot 10^{-1} = 63,39 \text{ Н.}$$

При проході шин через стіну застосовуємо прохідні ізолятори для зовнішнього і для внутрішнього встановлення типу ИП-6/2000-1250.

$$F = 63,39 < F_{руй.} = 1250 \text{ Н;}$$

$$I_{роз.} = 157 < I_{ізол.н} = 2000 \text{ А;}$$

$$U_{уст.н.} = 6 = U_{ізол.н} = 6 \text{ кВ.}$$

Таблиця 3.8 – Каталожні дані прохідних ізоляторів.

Вид встановлення ізолятора	Тип ізолятора	Номінальна напруга, кВ	Номінальний струм, А	Руйнівне зусилля, Н	Номінальна напруга установки кВ	Зусилля, що діє при трифазному КЗ, Н
Внутрішній	ИП-6	6	2000	1250	6	269
Зовнішній						

Вибрані прохідні ізолятори динамічно стійки, за умовами тривалого струму і номінальної напруги підходять.

3.2 Розрахунок мережі низької напруги

3.2.1 Вибір автоматичного вимикача на введенні

Визначаємо повну розрахункову потужність

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}; \quad (3.18)$$

$$S = \sqrt{1575,5^2 + 579,2^2} = 1678,6 \text{ кВА.}$$

Визначимо струм післяаварійного режиму:

$$I_{p(a)} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U}; \quad (3.19)$$

$$I_{p(a)} = \frac{1678,6}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 2425 \text{ А.}$$

Визначимо пусковий струм двигуна валкової дробарки:

$$I_{\text{пуск}} = I_{\text{камсушки}} \cdot K; \quad (3.20)$$

$$I_{\text{пуск}} = 21 \cdot 6,5 = 136,5 \text{ А.}$$

Піковий струм ввідного автомата:

$$I_{\text{ПСК}} = I_{\text{пуск}} + (I_{p(a)} - K_v \cdot I_{\text{ндв}}); \quad (3.21)$$

$$I_{\text{ПСК}} = 136,5 + (2425 - 0,8 \cdot 21) = 2545 \text{ А.}$$

Умова вибору автомата

$$I_{\text{сртр}} = 1,2 \cdot I_{p(a)} = 1,2 \cdot 2425 = 2910 \text{ А;}$$

$$I_{\text{ер}} = 1,25 \cdot I_{\text{ПСК}} = 1,25 \cdot 2545 = 3181 \text{ А}$$

Вибираємо автоматичний вимикач Masterpact NW32 з номінальним струмом $I_{\text{ном}} = 3200 \text{ А}$, і струмом напівпровідникового розчеплювача $I_{\text{ер}} = 3200 \text{ А}$.

3.2.2 Вибір секційного вимикача

Визначимо струм нормального режиму

$$I_{\text{НР}} = \frac{I_{p(a)}}{2}; \quad (3.22)$$

$$I_{\text{НР}} = \frac{2425}{2} = 1212 \text{ А.}$$

Пусковий струм споживача $I_{\text{пуск}} = 21 \cdot 6,5 = 136,5 \text{ А}$.

Піковий струм секційного автомата:

$$I_{\text{ПСК}} = 136,5 + (1212 - 0,8 \cdot 21) = 1331 \text{ А.}$$

Умова вибору автомата;

$$I_{\text{сртр}} = 1,2 \cdot 1212 = 1384 \text{ А,} \quad I_{\text{ер}} = 1,25 \cdot 1331 = 1532 \text{ А.}$$

Вибираємо автоматичний вимикач Masterpact NW16 з номінальним струмом $I_{\text{ном}} = 1600$, і струмом напівпровідникового розчеплювача $I_{\text{ер}} = 1600 \text{ А}$.

3.2.3 Вибір провідникової продукції і захисного обладнання

Вибір провідникової продукції і захисного обладнання здійснимий для одного електроприймача, для інших електроприймачів розрахунки виконуються аналогічно. Усі отримані результату приведені в графічній частині проекту.

Вибір магнітного пускача і теплового реле

Визначимо номінальний струм двигуна:

$$I_{носв} = \frac{P_{носв}}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi \cdot \eta}; \quad (3.23)$$

$$I_{носв} = \frac{13,65}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,95 \cdot 0,9} = 24,28 \text{ А.}$$

Вибираємо автоматичний вимикач Multi9C60N $I_{нр}=32\text{А}$, виробник Schneider Electric.

Вибір кабелю

Розподільна мережа виконується кабелем марки ВВГ – в полівінілхлоридній оболонці, що не поширює горіння для прокладення всередині приміщень. Розрахунок виконаний для живлення електроспоживачів від низьковольтного щита ШР-1. Для усіх інших споживачів розрахунок аналогічний.

Перерізи жил кабелів для напруги до 1000 В вибираються по умові нагріву тривалим розрахунковим струмом.

$$I_{норм.доп} \geq \frac{I_p}{K_{нопр}}; \quad (3.24)$$

$$\frac{24,28}{0,9} = 26,97 \text{ А.}$$

І по умові відповідності вибраному апарату максимально струмового захисту

$$I_{норм.доп} \geq \frac{K_{зах.} \cdot I_{зах.}}{K_{нопр.}}; \quad (3.25)$$

$$\frac{1 \cdot 26,97}{1} = 26,97 \text{ А,}$$

де $K_{нопр}$ – поправочний коефіцієнт на умови прокладення кабелів; $K_{нопр} = 1$;

$K_{зах}$ – коефіцієнт захисту $K_{зах} = 1$;

$I_{зах}$ – номінальний струм або струм спрацьовування захисного апарату, А.

Результати вибору зведені в табл. 3.9

Таблиця 3.9 – Розрахунок мережі низької напруги

Найменування обладнання	$P_{ном}$, кВт	I_p , А	$I_{ном}$ розчеплювача А	$I_{доп}$, А	Переріз кабелю мм	Тип автоматичного вимикача
Вібраційний гуркіт	13,65	24,28	63	32	4x2, 5	Multi9C60N

3.3 Освітлення

3.3.1 Загальні відомості

Для освітлення основних виробничих приміщень прийняті світильники серії РСП 05 з лампами ДРЛ потужністю від 125 до 400Вт, виконання 012 і 032.

При встановленні світильників на висоті до 4 м від освітлюваної поверхні прийняті світильники типу НСП11-200-434(234), НСП17-200-103, НСП17-500-104(103) з лампами розжарювання, що встановлюються на кронштейнах на стінах і колонах; на підвісах, крюках і монтажному профілі – на перекриттях; на стійках (на обгороджуваннях майданчиків). При встановленні світильників на висоті 2,1 – 3 м від освітлюваної поверхні прийняті світильники типу НПП03-100 і НПП05-100 з лампами розжарювання, що встановлюються безпосередньо на стінах, колонах і перекриттях.

Для вуличного освітлення застосовані світильники типу ЖКУ03-250-001 з лампами ДНаТ, що встановлюються на кронштейнах на порталах.

Для освітлення електрощитових приміщень і приміщень розподільчих пристроїв прийняті світильники типу ЛСП02-2x36-001 і ЛСП02-2x58-001 з люмінесцентними лампами з електромагнітними ПРА. Світильники встановлюються на коробах, на кронштейнах, на монтажному профілі.

У проєкті передбачені системи робочого і аварійного освітлення.

Для аварійного освітлення в електрощитових, приміщеннях розподільчих пристроїв, приміщенні щитів керування і подібних приміщеннях прийняті світильники НСП17-500-104, НСП17-1000-104, НСП11-200-434(234), НПП03-100 з лампами розжарювання.

Для ремонтного освітлення в трансформаторних підстанціях, приміщеннях розподільчих пристроїв, щитових, венткамерах, на майданчиках обслуговування кранів встановлюються ящики зі знижувальними трансформаторами типу ЯТП-0,25 на знижену напругу 36 або 12 В, залежно від міри небезпеки ураження електричним струмом. Напруга мережі робочого і аварійного освітлення – 380/220 В. Щитки робочого і аварійного освітлення живляться від різних секцій.

Шляхи евакуації людей позначені світловими покажчиками.

Як групові і розподільчі щитки освітлення прийняті пункти розподільні серії ПР11 і ПР85В.

Групова і розподільна мережа виконується проводом ПВ1-2,5.

Керування освітленням всередині приміщень – місцеве: вимикачами, перемикачами і автоматичними вимикачами з групових щитків.

Обслуговування світильників, встановлених на висоті до 5 м від майданчика обслуговування, здійснюється зі сходів - драбини. Обслуговування світильників, встановлених на поворотних кронштейнах на світлотехнічних містках в головному корпусі, здійснюється з містків.

Усі струмопровідні частини електрообладнання, що не знаходяться під напругою в нормальному режимі роботи, зануляються. До розеток з третім заземлюючим контактом, нульовий захисний провідник прокладається від додаткової нульової клеми групового щитка освітлення.

3.3.2 Розрахунок освітлення відділення класифікації

Розрахунок освітлення робиться методом коефіцієнта використання.

Індекс приміщення і визначається по формулі:

$$i = \frac{L \cdot B}{h \cdot (L + B)}, \quad (3.26)$$

де L – довжина приміщення, м;

B – ширина приміщення, м;

h – розрахункова висота, м.

$$h = H - h_p - h_c, \quad (3.27)$$

де H – висота приміщення, м;

h_p – висота розрахункової поверхні під підлогою, м;

h_c – висота світильника від перекриття, м.

$$h = 4,5 - 0,5 - 0,1 = 3,9 \text{ м};$$

$$i = \frac{15 \cdot 12}{3,9 \cdot (15 + 12)} = 1,75.$$

Максимальна кількість штук освітлювального обладнання N_1 , шт. визначається по формулі:

$$N_1 = \frac{E_H \cdot B \cdot L}{K_{\text{вик}} \cdot K_{\text{експ}} \cdot F}, \quad (3.28)$$

де E_H – норма освітлення, лк;

$K_{\text{вик}}$ – коефіцієнт використання;

$K_{\text{експ}}$ – коефіцієнт експлуатації.

$$N_1 = \frac{200 \cdot 1476}{0,66 \cdot 0,7 \cdot 5600} = 24 \text{ шт.}$$

Отримувана освітленість E , лк:

$$E = \frac{E_H \cdot N_2}{N_1}, \quad (3.29)$$

де N_2 – необхідна кількість встановлюваного обладнання, виходячи з відношення кроку обладнання S до розрахункової висоти h .

$$E = \frac{200 \cdot 25}{24} = 208,3.$$

3.4 Релейний захист силового трансформатора

Струмова відсічка.

Первинний струм спрацьовування струмової відсічки визначається з умови надійного налаштування від КЗ на стороні нижчої напруги трансформатора.

$$I_{c.з} \geq K_{нал} \cdot I_{кВН \max}^{(3)}, \quad (3.30)$$

де $K_{нал}$ – коефіцієнт налаштування [4].

Чутливість перевіряється при двофазному КЗ на початку лінії до трансформатора:

$$K_{ч.р} = \frac{I_{\kappa}^{(2)}}{I_{c.з}}, \quad K_{ч.р} \geq 2. \quad (3.31)$$

Максимально-струмовий захист.

Максимально-струмовий захист виконаний на реле типу РТ40. Контакти реле струму МСЗ елемента, що захищається, в нормальному режимі роботи розімкнені. При збільшенні струму в обмотці реле до певного значення воно спрацьовує і замикає своїми контактами коло обмотки реле часу. Останнє приходить в дію і через встановлену на ньому витримку часу замикає контактами кола включаючої котушки приводу вимикача.

$$I_{c.р} = \frac{K_{нал} \cdot K_{сзн} \cdot I_{н \max}}{K_n \cdot K_m}, \quad (3.32)$$

де $K_{нал}$ – коефіцієнт налаштування;

$K_{сзн}$ – коефіцієнт самозапуску електродвигунів;

K_n – коефіцієнт повернення реле.

Чутливість перевіряється при двофазному КЗ на виводах нижчої напруги трансформатора:

$$K_{ч.р} = \frac{I_{\kappa}^{(2)}}{K_m \cdot I_{c.р}}, \quad K_{ч.р} \geq 1, 2. \quad (3.33)$$

Захист від перевантаження.

Захист трансформатора від перевантаження виконується максимально струмовим захистом з одним струмовим реле в одній фазі трансформатора, оскільки перевантаження як правило симетричні.

Захист від перевантаження діє через реле часу на сигнал.

$$I_{c.p} = \frac{K_n \cdot K_{cx} \cdot I_{н1}}{K_n \cdot K_m}. \quad (3.34)$$

3.5 Автоматика електропостачання

Застосування пристроїв автоматизації, дозволяє підвищувати надійність роботи систем електропостачання, застосовувати простіші схеми, покращувати якість електроенергії і оперативність керування усіма ланками системи електропостачання.

Безперебійність електропостачання споживачів, в електричних системах забезпечується не лише пристроями релейного захисту, але і деякими системами протиаварійної автоматики.

При проектуванні комплексу для безперебійного електропостачання, застосовуємо пристрої автоматичного включення резерву (АВР), автоматичне повторне включення (АПВ).

3.5.1 Автоматичне включення резерву (АВР)

Пристрої АВР повинні задовольняти наступним вимогам:

- діяти в усіх випадках зникнення напруги на шинах, у тому числі і при коротких замиканнях оскільки ці короткі замикання можуть самоликвидуватися після зняття напруги з шин;
- для запобігання включенню на пошкоджене джерело живлення, останнє має бути відключений до включення резервного джерела;
- для скорочення часу перерви живлення споживачів резервне джерело живлення, повинен включатися негайно після відключення робочого джерела;

- включення резервного джерела має бути одноразовим з тим, щоб при включенні на стійке коротке замикання на шинах, резервне джерело відключалося релейним захистом без подальшого включення;
- резервне джерело повинне включатися лише у випадку, якщо саме це джерело готове перейти на себе навантаження; звичайна умова готовності резервного джерела контролюється наявністю на ньому напруги.

3.5.2 Автоматичне повторне включення (АПВ)

Пристрої автоматичного повторного включення передбачаються на вимикачах усіх повітряних і кабельно-повітряних ліній електропередачі, збірних шинах підстанцій, якщо ці шини не є елементом КРП, знижувальних трансформаторів однострансформаторних підстанцій.

Ефективне поєднання АПВ ліній електропередачі з неселективними швидкодіючими захистами ліній для напрямку їх неселективної дії при ушкодженні поза лінією і з пристроями автоматичного частотного навантаження.

Автоматичне повторне відключення вимикача повинне здійснюватися після неоперативного відключення вимикача, за винятком випадку відключення від релейного захисту приєднання, на якому встановлено пристрій АПВ, безпосередньо після включення вимикача оперативним персоналом або засобами телекерування, після дії захисту від внутрішніх ушкоджень трансформаторів або пристроїв протиаварійної системи автоматики. Час дії АПВ має бути не менший необхідного для повної деіонізації середовища в місці короткого замикання і для підготовки приводу вимикача до повторного включення, повинно бути погоджено з часом роботи інших пристроїв автоматики, захисту, враховувати можливості джерел оперативного струму по живленню електромагнітів включення вимикачів, що одночасно включаються від УАПВ. Характеристики вихідного імпульсу УАПВ повинні забезпечувати надійне одне або двократне включення вимикача. УАПВ повинні допускати блокування їх дії в усіх необхідних випадках.

Пуск УАПВ здійснюється від невідповідності положення вимикача, що неоперативно відключився, і зафіксованого раніше його включеного положення. В якості фіксувального пристрою може бути використаний ключ керування з відповідним чином підібраними допоміжними контактами або двопозиційне реле. Для виконання найбільш поширеного в системах електропостачання одноразового АПВ використовуються комплектні реле повторного включення типу РПВ-58 або РПВ-01.

3.6 Висновки до розділу 3

В розділі 3, згідно проведених раніше розрахунків струмів короткого замикання, здійснено вибір обладнання на стороні 6 кВ, до встановлення наступне обладнання: ввідні і секційні вимикачі, трансформатори напруги, трансформатори струму, розрядники.

Здійснено розрахунок мережі низької напруги та вибір низьковольтного обладнання, а саме: вибір автоматичного вимикача на вводі; вибір секційного вимикача; вибір провідникової продукції і захисного обладнання.

Для освітлення основних виробничих приміщень прийняті світильники серії РСП 05 з лампами ДРЛ потужністю від 125 до 400Вт, виконання 012 і 032.

Для вуличного освітлення застосовані світильники типу ЖКУ03-250-001 з лампами ДНаТ, що встановлюються на кронштейнах на порталах. Для освітлення електрощитових приміщень і приміщень розподільчих пристроїв прийняті світильники типу ЛСП02-2х36-001 і ЛСП02-2х58-001 з люмінесцентними лампами з електромагнітними ПРА.

У проекті передбачені системи робочого і аварійного освітлення.

Здійснено вибір систем автоматизації, застосування пристроїв дозволяє підвищувати надійність роботи систем електропостачання, застосовувати простіші схеми, покращувати якість електроенергії і оперативність керування усіма ланками системи електропостачання.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Електробезпека

Питання безпечних умов праці в електротехнічних приміщеннях і при обслуговуванні і ремонті електрообладнання вирішені відповідно до «Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів і правил техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів» і «Правил облаштування електроустановок».

Компонування електрообладнання, його конструктивне виконання, монтаж струмоведучих частин, ошиновки і встановлення ізоляторів, несучі конструкції, ізоляційні та інші мінімальні відстані вибрані так, щоб забезпечувалося безпечне обслуговування обладнання в нормальному режимі роботи електроустановок, зручне спостереження за показниками положення вимикачів і роз'єднувачів, рівнем масла в трансформаторах, апаратах.

Вентиляційна система приміщень розподільчих пристроїв, ТП і камер трансформаторів забезпечує відведення тепла, що виділяється апаратами або трансформаторами і є самостійною та не пов'язаною з іншими вентиляційними системами.

Усі електротехнічні приміщення забезпечені підйомно-транспортними засобами, мають вентиляцію, опалювання і освітлення відповідно до норм.

Для захисту від попадання обслуговуючого персоналу під небезпечну для життя напругу передбачається заземлення усіх металевих неструмоведучих частин електрообладнання. Для заземлення використовуються металеві будівельні конструкції будівель, трубопроводи. У місцях розташування підстанцій виконується штучний контур заземлення.

Металеві частини обладнання приєднуються до внутрішнього контура заземлення, що становить з металевими елементами будівлі і зовнішнім контуром єдину систему заземлення.

У мережах 0,4 кВ передбачається захисне відключення від витоків струму на землю.

Норми освітленості прийняті відповідно до ДБН В.2.5-28-2006 Природне і штучне освітлення.

Показники засліпленої і коефіцієнти пульсацій не перевищують нормованих.

Передбачені системи робочого і аварійного освітлення. Передбачені покажчики виходу відповідно до схеми евакуації.

Світильники, встановлені на металевих формах на висоті більше 5 м, обслуговуються з моста крану (у приміщеннях з мостовими кранами), з містків (у приміщеннях головного корпусу зі стаціонарними світлотехнічними містками), за допомогою знімної люльки до підвісного крану (у приміщеннях з кран-балками), за допомогою підйомника «Темп» (у приміщеннях, що не мають кранів).

Світильники, встановлені на висоті до 5 м, обслуговуються зі сходів-драбини.

Усі металеві частини електрообладнання, що не знаходяться під напругою в нормальному режимі роботи, зануляються.

Ртутовмісні джерела світла слід зберігати в спеціальному приміщенні, не допускаючи їх механічних ушкоджень.

Для утилізації ртутних ламп (люмінесцентних, ДРЛ, ДНаТ), що відпрацювали свій термін, службі експлуатації необхідно укласти договір з підприємством, що має установку демеркурації.

При проектуванні робочих місць враховані наступні умови безпеки : щити контролю і керування розташовані у безпечних для роботи місцях; апаратура керування розташована на максимально зручній висоті; засоби зв'язку і сигналізації передбачаються у безпосередній близькості від робочих місць, в зоні максимальної видимості і чутності.

4.2 Протипожежна безпека на підприємстві

Пожежна безпека означає стан об'єкту при якому унеможлиблюється пожежі, а у випадках її виникнення запобігає дії на людей небезпечних чинників пожежі і забезпечується захист матеріальних цінностей.

Небезпечним чинником пожежі для людей є відкритий вогонь, іскри, підвищена температура повітря і предметів, токсичні продукти горіння, дим, знижена концентрація кисню, обвалення і ушкодження будівель, споруд, установок, а також вибух.

Пожежна охорона об'єктів забезпечується пожежною службою.

Протипожежні заходи в архітектурно-планувальних рішеннях передбачені застосуванням конструкцій будівель і споруд з регламентованими межами вогнестійкості і горючістю, пристроєм у будівлях протипожежних перешкод, заходами по забезпеченню евакуації людей.

Дотримуються протипожежні розриви між будівлями і спорудами, передбачені проїзди пожежних автомашин до будівель і споруд.

Основне технологічне обладнання розташовується у будівлях, максимально автоматизовані технологічні процеси, навколо резервуарів дизельного палива запроектовані залізобетонні підпірні стінки.

У вибухонебезпечних зонах приміщень електрообладнання і освітлювальна арматура передбачається у вибухозахищеному виконанні.

Передбачено пристрої аварійних систем вентиляції з необхідним повітрообміном, що забезпечують в приміщенні безпечну концентрацію вибухонебезпечних газів.

Призначення системи виявлення пожежі і газу полягає у виявленні виділень вогню або газу, запуску системи аварійної зупинки, включення пінного, водяного пожежогасінні, включення системи зрошування, відключенні опалення, вентиляції і кондиціонування повітря, включення звукових сигналів тривоги з метою досягнення максимального захисту персоналу, захисту довкілля і капіталовкладень.

Прилади виявлення пожежі встановлені там, де виникнення пожежі розглядається як потенційна загроза.

Мета системи виявлення пожежі :

- раннє виявлення пожежі;
- сповіщення персоналу про небезпеку;
- запуск системи аварійної зупинки;
- запуск системи пожежогасіння і пожежозахисту;
- пожежні детектори підібрані для певних місць індивідуально для реагування при перших ознаках пожежі.

При розміщенні пожежних детекторів взято до уваги :

- характеристики потоку вентиляційного повітря;
- передбачуваний потік гарячих горючих газів;
- екранування балками;
- доступ для технічного обслуговування і випробувань.

На підстанціях в повітрозабірних трубах використовуються індикатори диму іонізованого типу або типу фотоприймача. Вони встановлені на стелях приміщень і у вимірювальних пристроях трубопроводів для контролю проникнення диму.

Усі будівлі, споруди і технологічне обладнання забезпечується інженерно-технічними засобами пожежного захисту:

- системами водяної пожежогасінні з гідрантами;
- автоматичними установками водяного пожежогасіння кабельних приміщень;
- пересувними установками пінного пожежогасіння;
- автоматичними установками газового пожежогасіння;
- ручними вогнегасниками;
- автоматичними установками пожежної сигналізації.

В якості автоматичного пожежогасіння застосовується автоматичне пожежогасіння водою з власних резервуарів сирій води.

Є три пожежні насоси, що працюючих в автоматичному режимі.

Два насоси є робочими, один резервним. Пуск установки передбачається за наступною схемою: автоматичний – від датчиків сповіщувачів; дистанційний – від кнопкових пускачів.

Пожежні гідранти води встановлюються по усіх цехах і підрозділах на відстань максимум 50 м один від одного. Гідранти також передбачені на території інженерного забезпечення на відстані максимум 100 метрів один від одного. Гідранти підключаються до кільцевого трубопроводу пожежної води діаметром 150 мм з інтегральним відсікаючим клапаном і пристроєм, що самоосушується, для запобігання замерзанню. Усі гідранти встановлюються в колодязях з кришкою ущільнювача, кожен гідрант комплектується шафою з допоміжним обладнанням.

Шафи пожежного гідранта містять шланговий стояк, пожежні шланги, дві розпорошувальні насадки і ключ шлангового з'єднання.

Відгалуження від пальцевого трубопроводу пожежної води до пожежних моніторів передбачається діаметром 150 мм, відсікаючий клапан встановлюється в місці при'єднання відгалуження до кільцевого трубопроводу пожежної води і другий клапан у пожежного монітора. Пожежні монітори розташовуються на відстані мінімум 15 метрів від об'єкту, що захищається. Для захисту персоналу, що керує монітором пожежної води, від теплового випромінювання, на кожному моніторі передбачається захисний екран. Мінімальний робочий тиск на насадці пожежного монітора 0,4 МПа і радіус струменю, що розпиляло мінімум 30 метрів. Монітори мають здатність обертатися на 360° в горизонтальній площині і від плюс 75° до мінус 45° у вертикальній площині.

Первинні засоби пожежогасінні. Портативне і пересувне обладнання для пожежогасінні забезпечується відповідно до наступного:

- пересувні – сухі порошкові вогнегасники – в місцях, де не унеможливується виникнення пожежі при розриві вуглеводнів, а саме насоси відкачування конденсату;
- портативні – сухі порошкові вогнегасники – в місцях, де в технологічному обладнання звертаються вуглеводневі рідини і гази;

- портативні вуглекислотні вогнегасники – розташовуються на майданчиках з обладнанням, де неможливо використати пінних вогнегасників, а саме – будівля підстанції і центру керування;
- пожежні щити поза будівлями, розміщуються з розрахунком обслуговування одним щитом групи будівель і споруд в радіусі 300 метрів. На кожному щиті передбачаються два пінні вогнегасники, один вуглекислотний, дві сокири, три багри, дві лопати, два відра і ящик з піском.

4.3 Вимоги до хімічної і промислової безпеки

На небезпечних виробничих об'єктах повинен застосовуватися комплекс заходів не лише до експлуатації підприємства, але і до готовності ліквідації надзвичайних ситуацій.

Хімічна і промислова безпека – це безпосередньо рівень захищеності персоналу, а також організації і суспільства від аварій і їх наслідків.

Шкідливі речовини потрапляють в організм людини через:

- дихальні шляхи;
- шкірні покриви;
- разом з їжею.

На усіх хімічних підприємствах встановлюється допустима норма концентрації хімікатів і токсинів. Це рівень, який при щоденній дії не викликає ніяких захворювань або відхилень, а також не впливає на життєдіяльність працівників.

Також, на особливу увагу заслуговує хімічна і біологічна безпека. Це пов'язано з тим, що посилюється негативний вплив різних чинників на населення, виробничі процеси і живі організми. Разом з цим підвищується ризик виникнення аварійних ситуацій.

Безпека хімічної промисловості обумовлена рядом чинників. Це:

- ріст небезпечних виробничих об'єктів;

- накопичення токсичних відходів;
- низький рівень професійної підготовки;
- неправильне технічне обслуговування об'єктів;
- недотримання встановлених норм і правил;
- ріст вірогідності виникнення технологічних катастроф і так далі

Тому організації комплексу заходів слід приділяти підвищена увага. Безпека праці в хімічній промисловості визначається встановленими нормами і правилами. Вони підлягають обов'язковому виконанню. Інакше - це відгукнеться наслідками.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Метою даної роботи була розробка заходів щодо безперебійної роботи електричного обладнання промислового підприємства, шляхом модернізації системи електропостачання.

Отримані наступні результати:

1. Здійснено розробку заходів забезпечення безперебійності, тобто безперервність електропостачання, живучість системи і якості електроенергії для забезпечення надійності електропостачання основних електроприймачів

2. Визначені електричні навантаження з використанням методу коефіцієнта використання.

3. Підвищено надійність схеми електропостачання промислового підприємства шляхом застосування пристрою швидкодіючого автоматичного включення резервного джерела живлення (ШАВР). Перевага застосування ШАВР полягає в тому, що знімаються обмеження на сумарну потужність електродвигунів, що зберігаються в роботі, живляться від секції, що втратила живлення.

4. Використовуючи метод коефіцієнта використання здійснено розрахунок електричних навантажень підприємства.

5. Згідно техніко-економічних розрахунків схем зовнішнього електропостачання здійснено вибір оптимального значення напруги, що відповідає технічним вимогам і має найменші приведені витрати. В якості раціональної напруги живлення була вибрана напруга 6 кВ.

6. Для забезпечення безперебійного живлення електричних навантажень до встановлення прийнято два двообвиткових, трансформатора типу TRINAL - 1250/6/0,4 потужністю 1,25 МВА кожен.

7. Здійснено розрахунок струмів короткого замикання, відповідно до якого, здійснено вибір обладнання на стороні 6 кВ, до встановлення наступне обладнання: ввідні і секційні вимикачі, трансформатори напруги, трансформатори струму, розрядники.

8. Здійснено розрахунок мережі низької напруги та вибір низьковольтного обладнання, а саме: вибір автоматичного вимикача на вводі; вибір секційного вимикача; вибір провідникової продукції і захисного обладнання.

9. Здійснено розрахунок освітлювально навантаження, розроблено схему освітлення та вибрано пристрої для освітлення основних виробничих приміщень, для систем вуличного освітлення, також передбачені системи робочого і аварійного освітлення

10. Здійснено вибір систем автоматизації, на мікропроцесорних і мікроелектронних реле, застосування яких дозволяє підвищувати надійність роботи систем електропостачання, застосовувати простіші схеми, покращувати якість електроенергії і оперативність керування усіма ланками системи електропостачання.

Розроблена система електропостачання забезпечує надійне подання електроенергії у необхідній кількості і відповідної якості від енергосистеми до електрообладнання.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Правила улаштування електроустановок. - Видання офіційне. Міненерговугілля України. - Х. : Видавництво "Форт", 2017. - 760 с.
2. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів [Текст] : [затв. ... Наказ М-ва палива та енергетики України 25.07.2006 № 258] / М-во палива та енергетики України. - Х. : Індустрія : Енергетичні рішення, 2012. - 318 с.
3. ДНАОП 0.00-2.32-2001 Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок.
4. Кратковременные нарушения нормального электроснабжения потребителей и современные способы защиты от них / С.И.Гамазин, В.М.Пупин, С.А.Цырук // Электрика. 2008. № 7. С. 8-11.
5. Конюхова Е.А. Электроснабжение объектов: Учеб. пособие для сред. проф. образования – 2-е изд. стер. / Е.А. Конюхова – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 320 с.
6. Проектирование системы электроснабжения промышленного предприятия. Ч.1. Методические указания к курсовому проектированию для студентов специальности «Электроснабжение» / Сост. В.И. Мошкин, Н.С. Деркач, Т.А. Стрижова. – Курган: Изд-во КГУ, 2005.
7. Маліновський А.А., Хохулін Б.К. «Основи електропостачання», Національний університет «Львівська політехніка», 2005.
8. Г.Я. Вагин, Н.Н. Головкин. Повышение надежности систем энергоснабжения промышленных предприятий путем сооружения собственных мини-ТЭЦ. Промышленная электроэнергетика и электротехника, № 1, 2006.
9. Когенерационная генераторная установка с газовым двигателем G3516B: техническое описание, 2009.
10. РД 153-34.0-20.527-98. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования.

11. Комплектные распределительные устройства КРУ D – 12P: руководство по эксплуатации, Российская группа компаний «Таврида электрик», 2011.
12. Шабад М.А. Защита генераторов малой и средней мощности. – М.:НТФ Энергопресс, 2001. – 95 с.
13. Методика расчета защит Seram: техническая коллекция Schneider Electric, выпуск №3.
14. М.А. Беркович Автоматика энергосистем / М.А. Беркович, В.А. Гладышев, В.А. Семенов – М.:Энергоатомиздат, 1991. – 238 с.
15. Соболев Ю. И. Расчет зануления на соответствие правилам безопасности: [методическое пособие] / Соболев Ю. И., Бородин А. И. – НГТУ, 2004 г.
16. Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений. РД 34.21.122-87/Минэнерго СССР. - М.: Энергоатомиздат, 1989. - 56 с.
17. М.С. Сегеда «Електричні мережі та системи». Підручник - Львів. Видавництво Національного університету «Львівська політехніка»,2007.
18. Вказівки з розрахунку електричних навантажень Розрахунок електричних навантажень РТМ 36.18 32.4 92.
19. Підвищення надійності електропостачання підприємств: Матеріали ІХ Міжн. наук.-техн. конф. молодих учених та студентів ["Актуальні задачі сучасних технологій "], (Тернопіль, 25-26 лист. 2020 р.) / М-во освіти і науки України, Терн. нац. техн. універ.