

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)
Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(назва факультету)
Кафедра електричної інженерії
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(освітній ступінь (освітньо-кваліфікаційний рівень))

на тему: **Забезпечення надійності роботи системи електропостачання підприємства виготовлення будівельних матеріалів**

Виконав(ла): студент(ка) 6 курсу, групи ЕЕмз-61
спеціальності 141
електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва спеціальності)

_____ **Ковальчук В. І.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник _____ **Мовчан Л. Т.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль _____ **Вакуленко О. О.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри _____ **Тарасенко М. Г.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент _____ (прізвище та ініціали)
(підпис)

Тернопіль
2020

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 Ковальчуку Володимирі Івановичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Забезпечення надійності роботи системи електропостачання підприємства виготовлення будівельних матеріалів

Керівник роботи Мовчан Леонід Тимофійович, 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 Принципова схема головних електричних з'єднань заводу, схема електропостачання та план цеху по виробництву блоків з газобетону, параметри обладнання заводу, технічна документація на когенераційну установку, паспортні дані захисного та комутаційного обладнання

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. Схема електропостачання підприємства та цеху з виготовлення газоблоків 1л. ф – А1

2. План цеху з виробництву блоків з газобетону 1л. ф – А1

3. План електрогенераторної та трансформаторної підстанції 1л. ф – А1

4. Релейний захист та автоматика 1л. ф – А2

5. Схема освітлення електрогенераторної та трансформаторної підстанції 1л. ф – А1

6. Схема заземлення електрогенераторної та трансформаторної підстанції 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)

Ковальчук В. І.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Мовчан Л. Т.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Ковальчук В. І. Забезпечення надійності роботи системи електропостачання підприємства виготовлення будівельних матеріалів. 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії. Кафедра електричної інженерії, група ЕЕМз-61. – Тернопіль.: ТНТУ, 2020.

Стор.– 77; рис. - 16; табл. - 30; креслень - 6; джерел - 22; додатків - .

У кваліфікаційній роботі магістра здійснено розробку заходів для забезпечення надійності роботи системи електропостачання підприємства виготовлення будівельних матеріалів.

Виконано модернізацію електропостачання цього підприємства із застосуванням автономних джерел живлення, розрахунок цехових електричних навантажень, розрахунок і вибір внутрішньоцехових мереж, а також живлячих ліній, вибір комутаційно-захисної апаратури, вибір релейного захисту живлячих елементів, розрахунок контуру захисного заземлення та освітлення.

Перелік ключових слів: ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, КОГЕНЕРАЦІЙНА ГЕНЕРАТОРНА УСТАНОВКА, РОЗРАХУНКОВІ НАВАНТАЖЕННЯ, РОЗПОДІЛЬЧИЙ ПРИСТРІЙ, СПОЖИВАЧІ, ТРАНСФОРМАТОР, РЕЛЕЙНИЙ ЗАХИСТ, ЕЛЕКТРОУСТАТКУВАННЯ, ЗАЗЕМЛЕННЯ, ГРОМОЗАХИСТ.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ	9
1.1 Аналіз когенераційних установок	9
1.1.1 Когенераційні газові електростанції	9
1.1.2 Когенерація енергії	9
1.1.3 Когенераційні міні ТЕЦ	10
1.1.4 Газові і дизельні електростанції	11
1.3 Переваги застосування газопоршневої установки Caterpillar	11
1.4 Досвід адаптації цифрових терміналів РЗА до українських умов	13
1.5 Коротка характеристика об'єкту проектування	13
1.6 Висновки до розділу 1	16
2 РОЗРАХУНКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ	17
2.1 Розрахунок електричних навантажень підприємства	17
2.1.1 Розрахунок цеху, що детально розраховується	17
2.1.2 Розрахунок електричних навантажень по цехах	20
2.1.3 Розрахунок освітлювального навантаження	21
2.1.4 Розрахунок картограми електричних навантажень	22
2.2 Розподіл електроенергії	25
2.2.1 Побудова схеми електропостачання	25
2.2.2 Вибір генераторних установок	26
2.2.3 Вибір трансформатора	27
2.2.4 Вибір перерізу кабелів і шинопроводів	28
2.2.5 Перевірка електричної мережі на втрати напруги	30
2.2.6 Вибір комутаційно-захисних апаратів	32
2.3 Висновки до розділу 2	34
3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	35
3.1 Вибір основного електрообладнання РП 0,4 кВ	35
3.1.1 Вибір вимикачів	35
3.1.2 Вибір жорстких шин	36
3.1.3 Вибір ізоляторів	37
3.1.4 Вибір трансформаторів струму	37
3.2 Розрахунок струмів короткого замикання	39

	5
3.2.1 Розрахунок струму короткого замикання кола генератора	39
3.2.2 Розрахунок струму короткого замикання кола трансформатора	44
3.2.3 Перевірка вибраного обладнання по умові КЗ	47
3.3 Розрахунок зовнішнього електропостачання	48
3.3.1 Вибір КЛ	48
3.3.2 Вибір електроустаткування РП 10 кВ.	48
3.4 Розрахунок власних потреб	51
3.5 Вибір релейного захисту і автоматики	52
3.5.1 Розрахунок захисту генераторів	52
3.5.2 Розрахунок захисту трансформатора	54
3.5.3 Розрахунок захисту живлячої кабельної лінії	57
3.5.4 Розрахунок уставок АВР	61
3.6 Розрахунок штучного освітлення	62
3.6.1 Розрахунок внутрішнього освітлення	62
3.6.2 Розрахунок зовнішнього освітлення	64
3.7 Висновки до розділу 3	66
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	67
4.1 Забезпечення електробезпеки обслуговуючого персоналу	67
4.2 Розрахунок захисного заземлення	68
4.3 Порядок дії працівників підприємства під час виникнення пожежі	71
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	74
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	76

ВСТУП

Актуальність проблеми. Сучасне підприємство будь-якої галузі промисловості – це сукупність новітнього обладнання і технологій, правильно організовані інженерні мережі і безперебійна робота усіх ланок цього кола. Забезпечити функціонування такого складного об'єкту необхідно ще на стадії підготовки до запуску обладнання в роботу, передбачивши заздалегідь наявність джерел електропостачання і цілісної системи подачі електричної енергії за допомогою проектування електропостачання підприємств.

Витрати на енергоресурси і системи енергопостачання промислових підприємств складають від 5 до 60 % собівартості продукції залежно від її виду. Доля витрат на енергоресурси має стійку тенденцію до збільшення у всьому світі. Ефективне використання енергоресурсів найбезпосереднішим чином впливає на конкурентоспроможність продукції підприємства.

Раціональне використання енергії дозволить уникнути втрат в лініях, а значить, відіб'ється і на собівартості виготовленої продукції, і на рівні заробітної плати працівників. Проектування електропостачання будівель і цехів промислових підприємств допоможе вирішити проблеми економії енергоресурсів і мінімізації втрат.

Будь-який фахівець, що має досвід роботи з електромережами і електрообладнанням добре володіє практичними навичками, але не завжди здатний врахувати усі нюанси створення проекту електропостачання промислового підприємства. Тому найбільш якісні результати дає спільна робота над проектом компетентних співробітників підприємства і фахівців-проектувальників.

При проектуванні керуватися директивними та іншими нормативними документами, зокрема Правилами улаштування електроустановок [1], Інструкцією по проектуванню електропостачання промислових підприємств. СН 174-75 [2] і Інструкцією по проектуванню силового і освітлювального електроустаткування промислових підприємств СН 357-77 [3].

Мета і завдання дослідження.

Основною метою роботи є розробка заходів для забезпечення надійного і якісного електроживлення технологічного і допоміжного обладнання підприємства з виготовлення будівельних матеріалів.

Поставлена в роботі мета вимагає вирішення наступних задач:

- дослідження побудови та принципу роботи когенераційних установок;
- аналіз та характеристика технологічного і допоміжного обладнання підприємства, для розробки системи електропостачання;
- розрахунок силового навантаження цехів підприємства, та розрахунок робочого освітлення;
- визначення центру електричних навантажень, з урахуванням якого провести вибрати місцерозташування електрогенераторної;
- вибрати лінії живлення для цехових електроприймачів, та для самих цехів, а також провести вибір комутаційно-захисної апаратури;
- розрахунок струмів короткого замикання, на основі яких здійснити вибір і перевірку електрообладнання проектованої електрогенераторної і трансформаторної підстанції;
- вибір лічильників технологічного і комерційного обліку електроенергії.

Об'єкт дослідження – розподільна електрична мережа.

Предмет дослідження – заходи для забезпечення надійного і якісного електроживлення технологічного і допоміжного обладнання підприємства.

Наукова новизна отриманих результатів.

– Дістало подальший розвиток впровадження заходів забезпечення надійності надійного і безперебійного електроживлення технологічного і допоміжного обладнання підприємства із застосуванням автономних джерел живлення – когенераційних генераторних установок на базі газопоршневих двигунів.

Практичне значення отриманих результатів.

Запропонована когенераційна установка є новітньою розробкою, що дозволяє підвищити надійність електропостачання споживачів підприємства та зекономити витрати на енергоносії.

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 (22 найменування).

Загальний обсяг текстової частини – 77 сторінок.

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Аналіз когенераційних установок

1.1.1 Когенераційні газові електростанції

Газопоршнева електростанція є системою виробництва електричної енергії з внутрішньої енергії палива. Працюють вони на зрідженому або магістральному природному газі, біогазі, попутному газі.

Перевагами газопоршневих електростанцій є простота у використанні і невисока вартість палива. У районах з магістральним газопроводом газопоршнева електростанція виступає найекономічнішим постійним або резервним джерелом енергії.

Принцип дії газопоршневої установки досить простий. Основою конструкції є газопоршневий двигун - це двигун внутрішнього згорання. При згоранні палива енергія, що виділилася, використовується генератором електричного струму. Двигуни можуть застосовуватися в установках, призначених як для постійної, так і для змінної роботи, а також для одночасного виробництва електричної і теплової енергії (цей процес називається "Когенерація енергії"). У останньому випадку така установка отримує назву " Когенераційна газова електростанція ".

1.1.2 Когенерація енергії

Термін «когенерація» означає комбіновану генерацію різних видів енергії. У технічному відношенні, когенерація є процесом, при якому тепло і електрика виробляються одночасно в особливому пристрої. Такий пристрій називається «когенератор» і типовим його прикладом прикладного застосування когенерації являється газова електростанція. Когенератор включає генератор, газовий двигун, систему відбору тепла і систему управління. Когенерація є оптимальним способом забезпечення і теплом і

електричною енергією. Принцип когенерації лежить в основі різних сучасних технічних рішень.

Сама конструкція двигуна внутрішнього згорання, працюючого на газовому паливі, менш схильна до ушкоджень і зносу за рахунок відсутності в газі часток, здатних пошкодити механізм. Особливо це проявляється на низьких навантаженнях (нижче 20%). Крім того, газопоршневі когенераційні установки працюють і на біогазі з малодимним вихлопом (Евро4), в якому концентрується мінімальна кількість шкідливих речовин.

Когенераційна газопоршнева станція (теплова установка когенераатора) здатна забезпечити виробництво тепла і електроенергії для житлового будинку або промислового підприємства - залежно від її технічних характеристик. За наявності магістралі когенераатор цілком може здійснювати безперебійне подання електроенергії. Витрата палива при цьому спостерігається значно економічніший, ніж у випадку з бензиновими або дизельними станціями. Собівартість електроенергії нижче тарифу в мережі, навіть на міні ТЕЦ (когенераційних установках малої потужності, міні ТЭС).

1.1.3 Когенераційні міні ТЕЦ

Когенераційні міні ТЕЦ завдяки своїм розмірам легше розміщуються на невеликих площах. Когенераатор працює на природному газі, а когенераційна установка міні ТЕЦ – одна з систем, працюючих на синтезі двох джерел, когенерації. Когенераційні теплові установки відмінно вписуються в схему електрики на промислових підприємствах. Для задоволення потреб, таких як опалювання невеликих об'єктів, використовуються когенераційні установки малої потужності. Установка когенерації дозволяє значно економити витрати на отримання теплової енергії.

Блокові електростанції підходять для потужного виробництва електроенергії, а також можуть обігрівати великі виробничі приміщення, до того ж вони відрізняються хорошою екологічністю. Блокові електростанції застосовуються в приміщеннях, де йдуть активні виробничі процеси.

Газопоршневі генератори застосовуються і в якості резервних станцій. Вони дуже зручні для ситуацій, коли спостерігаються часті перебої в електропостачанні. Газові електростанції - гарант енергетичної незалежності.

1.1.4 Газові і дизельні електростанції

Блоково-модульна теплоелектростанція на основі газопоршневої установки є повністю готовим транспортабельним блоком модуль, оснащений усім необхідним для роботи устаткуванням. Також, газопоршневі електростанції можуть поставлятися в комплекті з модульною швидкокомонтажною будівлею або в контейнерах. Контейнерні ГПУ, розташовані поблизу підприємства-споживача, мають транзитні електромережі малої протяжності, менш схильні до зовнішніх дій, що підвищує надійність енергопостачання.

1.3 Переваги застосування газопоршневої установки Caterpillar

Газодизельні електростанції Caterpillar здатні повністю задовольнити поточні потреби підприємств різних галузей в електриці і тепловій енергії. Електростанції Caterpillar можуть бути адаптовані для синхронної роботи із зовнішньою електромережею. Електростанції Caterpillar можуть служити джерелом резервного або аварійного електропостачання. Газопоршневі генераторні установки Caterpillar мають електричну потужність від 5 до 5700 кВт. Для отримання більшої сукупної потужності електростанції об'єднуються в енергосистему. Електростанції Caterpillar відрізняє іноваційність і висока технологічність виконання вузлів. У силових агрегатах електростанцій використовуються високоякісні матеріали. Як наслідок цього електростанції Caterpillar мають високий ККД і компактні розміри. Електростанції Caterpillar відрізняє надійна робота керуючої комплектної електроніки. Вищеперелічені чинники і те, що електростанції Caterpillar робляться в промислових масштабах, визначає їх високу конкурентоспроможність і адекватну вартість.

Паливом для електростанцій Caterpillar може служити дизельне паливо або природний газ в умовах населених пунктів. Електростанції Caterpillar за бажанням споживача можуть бути адаптовані для роботи на двох видах палива: газового і дизельного. Режим роботи електростанцій Caterpillar на подвійному паливі значно підвищує надійність енергозабезпечення об'єктів.

У газо-поршневих електрогенераторах-електростанціях Caterpillar можуть застосовуватися затребувані сьогодні альтернативні види палива. Газо-поршневі електрогенератори Caterpillar, при відповідній підготовці, працюють на багатьох видах газоподібного палива, включаючи попутний нафтовий газ (ПНГ), газ сміттєвих звалищ, деревний і шахтний газ. Електростанції Caterpillar невибагливі відносно використовуваного палива. У електростанцій Caterpillar досить низька витрата палива.

У генераторів-електростанцій Caterpillar-Cat низькі емісії, тому вони не завдають значної шкоди довкіллю і можуть розміщуватися як в міській смузі, так і за її межами. Газопоршневі установки Caterpillar мають стабільні робочі параметри. При дотриманні правил експлуатації сервісні інтервали електростанцій Caterpillar між капітальними ремонтами досягають 7 - 8 років.

При виробництві електрики утворюється значна кількість дешевої теплової енергії. Генераторні установки Caterpillar оснащуються системами теплоутилізації – когенерації для одночасного отримання електроенергії і тепла. Когенераційні установки Caterpillar – теплоелектростанції – економлять ~ 40-45% палива в зіставленні з роздільним виробленням теплової і електричної енергії. Це дозволяє споживачам розраховувати на швидше повернення первинних витрат. При використанні теплової енергії в електростанціях Caterpillar значно знижується вартість вироблюваної енергії. Використання теплової енергії в електростанціях Caterpillar безпосередньо позначається на поліпшенні екологічних параметрів установок.

1.4 Досвід адаптації цифрових терміналів РЗА до українських умов

Фахівці в області релейного захисту неодноразово відмічали, що термінали цифрового релейного захисту і автоматики, розроблені в зарубіжних країнах, вимагають адаптації до українських умов.

Необхідність адаптації зарубіжних терміналів цифрового релейного захисту і автоматики (ЦРЗА) викликана, на наш погляд, тим, що виробники терміналів – це фахівці вузького профілю. Вони відмінно знають свій апарат, але не завжди досить добре уявляють собі умови його експлуатації, режими роботи і принципи автоматизації електричних мереж, в яких він буде встановлений. При застосуванні імпортованих терміналів це особливо актуально, оскільки зарубіжна технічна ідеологія ЦРЗА відрізняється від російської та української, що вимагає внесення змін в їх конфігурацію.

Спеціалізоване управління активно займається адаптацією терміналів РЗА, зокрема, спільно з компаніями "АББ Автоматизація" (пристрої SPAC800, SPAC810) і Schneider Electric (термінали серії SEPAM). Згадані фірми охоче йдуть на співпрацю, розуміючи, що у виграші опиняться усі – і споживачі, і виробники. Нині фахівці працюють над адаптацією терміналів сімейства SIPROTEC фірми SIEMENS.

Особливий інтерес представляє досвід адаптації до українських умов експлуатації терміналів SEPAM і SIPROTEC.

1.5 Коротка характеристика об'єкту проектування

Номенклатура виробів, що випускаються:

- блоки стінні;
- стінні панелі;
- теплоізоляційні плити;
- сухі будівельні суміші.

Комірчастий бетон (газобетон) – це легкий, міцний та екологічний, штучний пористий камінь. Комірчастий бетони виготовляють з в'язкого, кремнеземного компонента, пороутворювача і води. В'язучими речовинами для виробництва комірчастих бетонів служать цемент, вапно, гіпс, а також як сировина використовуватимуться відходи ТЕЦ. За рахунок унікального поєднання своїх найвищих технологічних і експлуатаційних якостей газобетонні блоки вже давно лідирують на ринку стінних матеріалів. Вироби з комірчастого бетону дозволяють економити засоби будівельникам і власникам будинків: висока економічність – підвищена зручність і функціональність.

Для виробництва газобетонів на підприємстві використовується сучасна автоматизована лінія від провідного світового виробника компанії WERNHANN. Об'єм продукції, що випускається, 320 тис. м³ в рік. Робота підприємства розрахована на тримісну роботу, $T_{max} = 7200$ годин.

У виробництві газобетону високі вимоги висуваються до попередньої підготовки і дозування сировинних матеріалів, контролю процесу ферментації, точності профілізації і різання блоків, а також до автоматичного керування усіма виробничими процесами. Автоматизована лінія WERNHANN є високопродуктивним, автоматизованим і комп'ютеризованим обладнанням для виробництва широкого асортименту газобетонних виробів найвищої якості. Вказані особливості виробництва вимагають забезпечення надійності і незалежності електропостачання на цьому підприємстві, для чого пропонуємо застосувати автономне електропостачання. Таке рішення прийняте у зв'язку з можливими перебоями електропостачання, які можуть привести до порушення технологій і недовідпуску продукції, що у свою чергу приведе до невиконання зобов'язань перед постачальниками і можливого невиконання будівництва в задані терміни. Ще одним аргументом за використання автономних джерел – це можливість виробляти разом з електрикою теплову енергію без витрати зайвого палива. Така технологія отримання теплової енергії називається когенерацією.

Виробництво розміщене в чотирьох цехах: цех приймання і підготовки сировинних матеріалів, цех помелу золи, цех по виробництву блоків з

газобетону, цех по виробництву сухих будівельних сумішей. Загальна площа виробничих цехів складає 12000 м². Встановлена потужність виробничого обладнання 2531 кВт, робоча напруга 380/220 В. Характеристики електроприймачів приведені в табл. 1.1. Навантаження представлене споживачами I і III категорії надійності електропостачання. До навантаження I категорії відносяться споживачі основного виробництва – цех №: 1, 2, 3, 4. До навантаження III категорії – інші споживачі виробництва – цех №: 5, 6.

Таблиця 1.1 – Відомості про електроприймачі

Найменування електроприймача	Встановлена потужність РП, кВт	$\cos\varphi$	k_g
1	2	3	4
Цех по виробництву блоків з газобетону			
Дозування і змішування. Удароміцна пластина	205	0.8	0,8
Транспортний візок	30	0.75	0,5
Штовхальник форм. Машина обробки форми. Машина для змащування форм. Рейковий візок	55	0.75	0,6
Машина для кантування	40	0.75	0,9
Візок. Бічний тример. Машина різання по товщині	120	0.75	0,7
Подаючий пристрій автоклавних піддонів	10	0.75	0,6
Машина поперечного різання	35	0.75	0,9
Навантажувальна машина	57	0.75	0,8
Механізм подачі автоклавних візків. Передавальна вагонетка. Двері автоклава	140	0.75	0,4
Механізм для видалення нижнього шару	42	0.75	0,9
Роздільна машина. Подача автоклавних піддонів	60	0.75	0,8
Укладально-сортувальна машина	57	0.75	0,8
Система транспортування пакетів. Пресування пакетів	50	0.75	0,8
Машина витягуюча	25	0.75	1
Майстерні	35	0.75	0,3
Паровий котел	80	0.8	0,9
Охолоджувач	50	0.8	0,8
Насосна технічного водопроводу	16	0.75	0,8
Вентиляція	72	0.85	0.8
Разом по цеху	1185	-	-

продовження таблиці 1.1

1	2	3	4
Інші цехи			
Цех приймання і підготовки сировинних матеріалів	410	0.7	0.65
Цех помелу золи	390	0.75	0,6
Цех по виробництву сухих будівельних сумішей	235	0.8	0.7
Склад	22	0.8	0.3
Адміністративно-технічний корпус	80	0.85	0.7
Разом по підприємству	2531		

1.6 Висновки до розділу 1

У цій роботі необхідно здійснити розробку заходів для забезпечення надійного і якісного електроживлення технологічного і допоміжного обладнання підприємства з підприємства виготовлення будівельних матеріалів. Наявність на цьому підприємстві дорогого обладнання, а також складного технологічного процесу змушує до забезпечення високих вимог до якості і надійності електропостачання, тому необхідно прийняти рішення про встановлення автономних джерел живлення.

У роботі необхідно розрахувати навантаження цехів підприємства, виконати розрахунок робочого освітлення і визначити центр електричних навантажень, з урахуванням якого вибрати місцерозташування електрогенераторної. Вибрати живлячі лінії для цехових електроприймачів, живлячі лінії для цехів і комутаційно-захисну апаратури. При побудові головної схеми електропостачання керуватися усіма можливими режимами роботи, які можуть виникнути при експлуатації, а також наслідками при перебоях електропостачання. У проекті також необхідно розрахувати струми короткого замикання, на основі яких здійснити вибір і перевірку електроустаткування проектової електрогенераторної і трансформаторної підстанції. Також провести вибір лічильників технологічного і комерційного обліку електроенергії.

2 РОЗРАХУНКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1 Розрахунок електричних навантажень підприємства

2.1.1 Розрахунок цеху, що детально розраховується

В якості детально розраховуваного цеху приймемо цех по виробництву блоків з газобетону №1.

Для визначення розрахункового навантаження групи трифазних електроприймачів (ЕП) на різних ступенях системи електропостачання промислових підприємств застосуємо метод впорядкованих діаграм або коефіцієнта максимуму[4], по якому:

$$P_P = K_M \cdot P_{CM} = K_M \cdot K_B \cdot P_{НОМ},$$

де K_M – коефіцієнт максимуму активного навантаження при тривалості інтервалу усереднення 30 хв.;

P_{CM} – середнє активне навантаження за найбільш завантажену зміну, Вт;

K_B – коефіцієнт використання;

$P_{НОМ}$ – номінальна активна потужність цієї групи, Вт.

Розрахункове реактивне навантаження групи електроприймачів:

$$n_e \leq 10 - Q_P = 1,1 \cdot Q_{PM} = 1,1 \cdot P_{НОМ} \cdot K_B \cdot \operatorname{tg}\varphi,$$

$$n_e > 10 - Q_P = Q_{CM},$$

де n_e – ефективне число електроприймачів групи, шт;

Q_{CM} – середнє значення реактивного навантаження за найбільш завантажену зміну, ВАр;

$\operatorname{tg}\varphi$ – коефіцієнт реактивної потужності.

Повне розрахункове навантаження групи трифазних електроприймачів:

$$S_P = \sqrt{P_P^2 + Q_P^2}.$$

1. При $n = 4$ і більше фактичних електроприймачів в групі допускається приведенє число n_e вважати рівним фактичному, якщо відношення (кратність) рівне:

$$m = \frac{P_{\text{ном.мах}}}{P_{\text{ном.мін}}} \leq 3,$$

де $P_{\text{ном.мах}}$, $P_{\text{ном.мін}}$ – відповідно номінальні значення активної потужності найбільшого і найменшого електроприймача в групі, Вт .

2. При $m > 3$ і $K_{\epsilon} \geq 0,2$ приведене число електроприймачів:

$$n_e = \frac{2 \cdot \sum_1^n P_{\text{ном}}}{P_{\text{ном.мах}}}$$

Якщо знайдене по цій формулі n_e виявляється більше фактичного числа електроприймачів n , то слід прийняти $n_e = n$.

Зробимо детальний розрахунок цеху по виробництву бетону.

Відомість електричних навантажень представлена в табл. 2.1. Електроприймачі підключені до силових РП СП-1, СП-2, СП-3, СП-4.

Для кожної групи електроприймачів робимо наступні розрахунки: $P_{\text{см}}$ і $Q_{\text{см}}$.

Для ЕП машини кантування: $P_{\text{ном}} = 40$ кВт, $K_{\epsilon} = 0,7$, $\cos\phi = 0,75$ ($\text{tg}\phi = 0,88$); отримуємо змінну потужність за найбільш завантажену зміну:

$$P_{\text{см}} = 40 \cdot 0,70 = 28,0 \text{ кВт};$$

$$Q_{\text{см}} = 28 \cdot 0,88 = 24,6 \text{ кВАр}.$$

При розрахунку максимального навантаження вибираємо умови розрахунку ефективного числа електроприймачів n_e .

Так, для СП-1 маємо: $n = 20$, $K_{\epsilon} > 0,2$, $m > 3$, тоді отримуємо:

$$n_e = \frac{2 \cdot 465,5}{70} = 13,3 \text{ шт.}$$

Приймаємо $n_e = 14$ шт.

Отже, в період максимального (30 хв.) споживання електроенергії працюють 14 ЕП з середнім коефіцієнтом використання :

$$K_{\epsilon, \text{ср.}} = \frac{\sum P_{\text{см}}}{\sum P_{\text{ном}}};$$

$$K_{\epsilon, \text{ср.}} = \frac{329}{466} = 0,71.$$

Таблиця 2.1 – Відомість навантажень

№ з/п	Найменування електроприймачів	К-ть ЕП	Потужність одного ЕП, кВт					Загальна встановлена потужність, кВт
СП – 1								
1	Дозування і змішування. Вібраційна пластина	5	20	22	31	62	70	205
2	Транспортний візок	1	30					30
3	Штовхальник форм. Машина обробки форми. Машина для змащування форм. Рейковий візок	5	8	8	9	12	18	55
4	Машина для кантування	2	12	28				40
5	Візок. Бічний тример. Машина різання по товщині	3	30	42	48			120
6	Подаючий пристрій автоклавних піддонів.	1	10					10
7	Вентиляція і димовидалення	4	1.0	1.5	1.5	1.5		5,5
СП – 2								
8	Машина поперечного різання	2	10	25				35
9	Навантажувальна машина	2	17	40				57
10	Подача автоклавних візків. Передавальна вагонетка. Двері автоклава	3	30	50	60			140
11	Механізм для видалення нижнього шару	2	12	30				42
12	Вентиляція	4	6	20				66
13	Керування автоклавом	1	2					2
СП – 3								
14	Роздільна машина. Подача автоклавних піддонів	3	8	17	35			60
15	Укладально-сортувальна машина.	2	12	45				57
16	Система транспортування пакетів. Пресування пакетів	3	8	12	30			50
17	Машина витягу	2	4	21				25
18	Вентиляція	1	4.4					4.4
19	Майстерні	8	4	0,4	1.6		3.2	35
СП – 4								
20	Паровий котел	2	15	65				80
21	Охолоджувач	2	5	45				50
22	Насосна технічного водопроводу	2	8	8				16
Всього		52	1,75 кВт					1185 кВт

Коефіцієнт максимуму : $K_m = f(n_e; K_e) = 1,13$.

Активна максимальна розрахункова потужність для СП-1:

$$P_{p.СП-1} = 1,13 \cdot 329 = 372 \text{ кВт.}$$

Реактивна максимальна розрахункова потужність для СП-1 при $n_e > 10$:

$$Q_{p.СП-1} = 267 \text{ кВАр.}$$

Повна максимальна розрахункова потужність для СП-1:

$$S_p = \sqrt{372^2 + 267^2} = 458 \text{ кВА.}$$

Максимальний струм навантаження силового пункту СП-1:

$$I_{p.СП-1} = \frac{S_{p.СП-1}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}};$$

$$I_{p.СП-1} = \frac{458}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 696 \text{ А.}$$

Аналогічні розрахунки виконуємо і для інших електроприймачів і силових пунктів. Отримані результати зведемо в табл. 2.2.

2.1.2 Розрахунок електричних навантажень по цехах

Розрахунок навантажень по інших цехах робиться за укрупненими показниками, оскільки задані сумарні встановлені потужності електроприймачів по цехах, але невідомий їх склад. Коефіцієнт використання K_e і потужності $\cos\varphi$ вибирається відповідно до групи цеху і характеру навантаження, згідно [5]. Ефективне число електроприймачів визначимо по формулі

$$n_e = \frac{P_{уст.}}{P_{ср.е.}}$$

де $P_{ср.е.}$ – середня потужність одного електроприймача, кВт.

Усі розрахунки електричних навантажень по цехах зведемо в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Розрахунок навантажень по цехам

Номер цеху	$P_{уст},$ кВт	K_v	K_m	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$	$n_e,$ шт	$I_p,$ А	Максимальна розрахункова потужність		
								$P_p,$ кВт	$S_p,$ кВ·А	$Q_p,$ кВАр
1	1185	0.72	1.09	0.77	0.83	40	1772	932	1174	711
2	470	0.65	1.28	0.7	0.9	9	751	391	494	302
3	486	0.6	1.37	0.75	0.88	6	743	399	489	282
4	288	0.7	1.13	0.8	0.75	14	415	228	273	151
5	22	0.3	2.14	0.8	0.75	4	23.0	14.1	15.1	5.4
6	80	0.7	1.09	0.85	0.62	56	107	61.0	70.2	34.7
Разом	2531	-	-	0.77	-	129	3630	2025	2515	1486

2.1.3 Розрахунок освітлювального навантаження

Розрахунок освітлення виконується з використанням програмного комплексу "Dialux", приведемо тільки результуючу потужність. Після введення приміщення і обробки геометрії приміщення, для розрахунку необхідно вибрати тип освітлення, визначити нормовану освітленість, вибрати тип світильників.

Розрахунок вестимемо для системи загального освітлення.

До встановлення приймемо: внутрішнє освітлення – Lighting technologies – *HBT 400M* [6], зовнішнє освітлення – Lighting technologies – *NTV 123 E60* .

Нормована освітленість, згідно [7] – для загального постійного спостереження за ходом виробничого процесу : при постійному перебуванні людей в приміщенні – VIII розряд зорової роботи дорівнює 200 лк. Тоді необхідне значення освітленості визначимо по формулі:

$$E'_n = E_n \cdot k_3,$$

де E_n – значення освітленості, лк;

k_3 – коефіцієнт запасу[7].

Тоді для цеху №1 отримаємо:

$$E'_n = 200 \cdot 1,4 = 280 \text{ лк},$$

для інших цехів розрахунок зробимо аналогічно, результат зведемо в табл. 2.4.

Розрахункове навантаження освітлювальних установок:

$$P_{p.o.} = K_{n.o.} \cdot P_{n.o.}$$

де $K_{n.o.}$ – коефіцієнт попиту світлового навантаження [8];

$P_{n.o.}$ – номінальна потужність освітлювальної установки, отримана в програмному комплексі "Dialux", кВт.

Результати за розрахунком зведені в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Потужність освітлювального навантаження

№	Найменування цеху	$P_{n.o.}$ кВт	$\cos\varphi$	$K_{n.o.}$	E'_n , лк	$P_{p.o.}$ кВт	$S_{p.o.}$ кВ·А	$F_{ц}$ м ²
1	Цех по виробництву блоків з газобетону	26.8	0.95	0.85	120	21.6	22.8	7920
2	Цех приймання і підготовки сировинних матеріалів	4.80	0.95	0.85	120	3.67	3.86	900
3	Цех помелу золи	4.80	0.95	0.85	120	3.59	3.78	880
4	Цех виробництва сухих будівельних сумішей	4.80	0.95	0.85	120	1.14	1.24	280
5	Склад	4.10	0.95	0.6	120	3.69	3.89	1500
6	Адміністративно-технічний корпус	17.9	0.95	0.9	420	5.64	5.94	350
7	Освітлення території	6	0.95	0.6	4.5	3.60	4.97	-

2.1.4 Розрахунок картограми електричних навантажень

Радіус кола r і співвідношення секторів у відсотках – H_{Hi} , H_{Bi} , H_{Oi} , для кожного цеху відповідно визначаються:

$$r_i = \sqrt{\frac{P_{Pi}}{\pi \cdot m}} \text{ мм},$$

$$H_{Hi} = \frac{P_{p.Hi}}{P_{pi}} \cdot 100\%, \quad H_{Bi} = \frac{P_{p.Bi}}{P_{pi}} \cdot 100\%, \quad H_{Oi} = \frac{P_{p.Oi}}{P_{pi}} \cdot 100\%,$$

де P_{pi} , $P_{p.Hi}$, $P_{p.Bi}$, $P_{p.Oi}$ – розрахункові активні навантаження відповідно всього цеху, ЕП напругою до 1000 В, ЕП напругою вище 1000 В і електричного освітлення, кВт;

m – масштаб площ картограми навантажень, кВт/м².

У цьому проєкті ЕП з $U_{ном} > 1000$ В не використовуються.

Розрахункові навантаження і координати цехів для розрахунку картограми приведені в табл. 2.5.

Розрахуємо 1 цех:

$$r = \sqrt{\frac{954}{\pi \cdot 0,6}} = 22,5 \text{ мм}; \quad H_{H1} = \frac{932}{954} \cdot 100\% = 97,7\%; \quad H_{O1} = \frac{21,6}{968} \cdot 100\% = 2,31$$

Для інших цехів розраховуємо аналогічно, результати в табл. 2.5.

Нанесемо кола на рис. 2.1.

Таблиця 2.5 - Розрахунок картограми навантажень

№ цеху	$P_{p.O}$ кВт	$P_{p.Hi}$ кВт	S_H кВ·А	$P_{p.\Sigma}$ кВт	r , мм	X , м	Y , м	H_O , %	H_H , %
1	21.6	932	1189	954	22.5	118	66	2,31	97,7
2	3.67	391	498	395	14.5	48	66	1,28	98,8
3	3.59	399	493	403	14.6	24	87	1,14	98,9
4	1.14	228	275	229	11.0	36	115	0,992	99,1
5	3.69	14.1	19	17.8	3.15	156	123	22,3	77,7
6	3.81	61.0	74	64.8	5.93	165	30	7,14	92,9
разом	37.5	2025	2548	2064					

Координати центру електричних навантажень підприємства знаходяться по виразах :

$$x_o = \frac{\sum_1^n P_{pi} \cdot x_i}{\sum_1^n P_{pi}}$$

$$y_o = \frac{\sum_1^n P_{pi} \cdot y_i}{\sum_1^n P_{pi}}$$

де x_i, y_i – координати центру i – го цеху на плані підприємства, м .

Координати центру навантажень розраховані в програмному комплексі "Mathcad", отримані результати – $x_0 = 79$ м, $y_0 = 75$ м .

Нанесемо ЦЕН на картограму навантажень (рис. 2.1).

Місце розташування електрогенераторної і підстанції вибране виходячи з таких умов:

- центру електричних навантажень;
- площі, необхідні для електрообладнання;
- рельєфу місцевості;
- наявність коридорів для прокладення кабельних ліній з врахуванням охоронної зони.

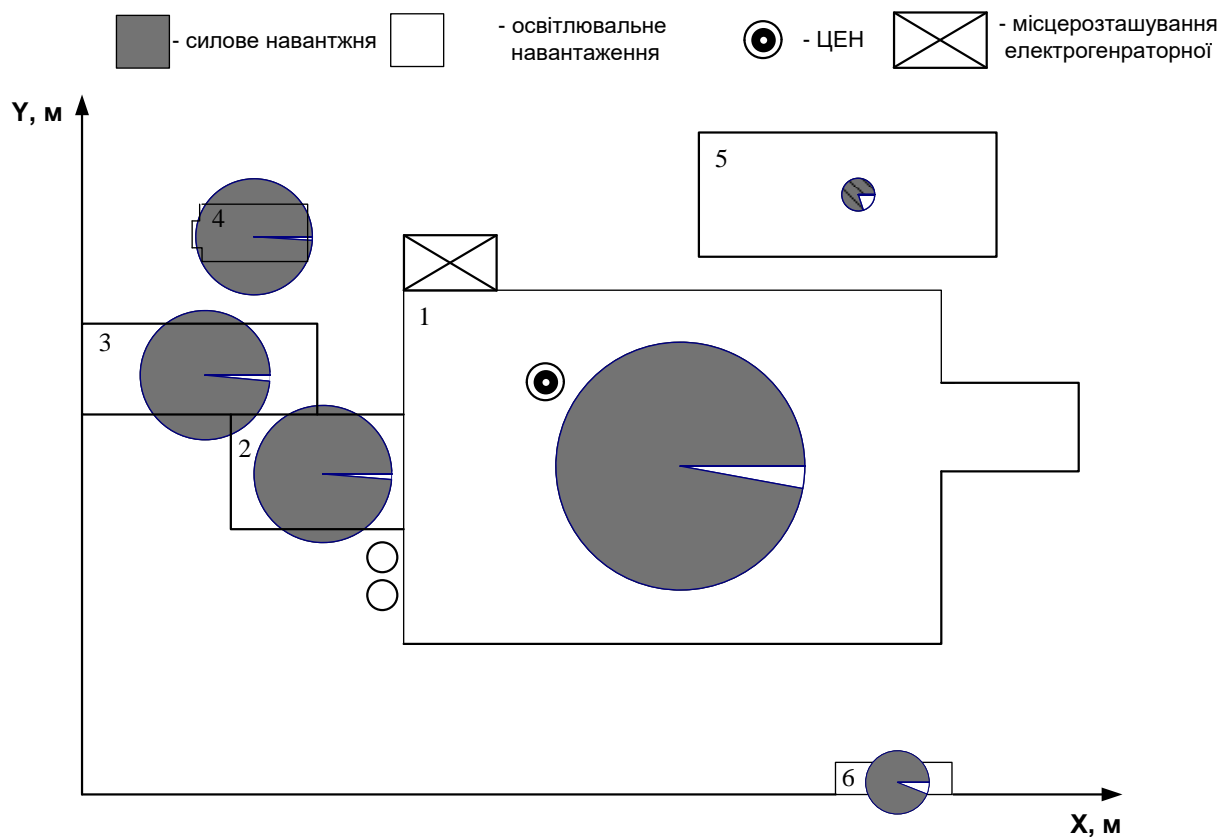


Рисунок 2.1 – Картограма електричних навантажень

На основі сказаного приймаємо місце розташування електрогенераторної прибудованою до цеху по виробництву блоків з газобетону №1, як показано на рис. 2.1.

2.2 Розподіл електроенергії

2.2.1 Побудова схеми електропостачання

Схема головних з'єднань. Згідно [1], електропостачання споживачів I і II категорії повинна здійснюватися від двох незалежних взаєморезервованих джерел живлення. Оскільки на підприємстві прийнято рішення про встановлення – КГУ на базі газопоршневого двигуна, приймаємо до встановлення два таких агрегати. Далі побудову схеми електропостачання зображатимемо у вигляді схеми на рис. 2.2.

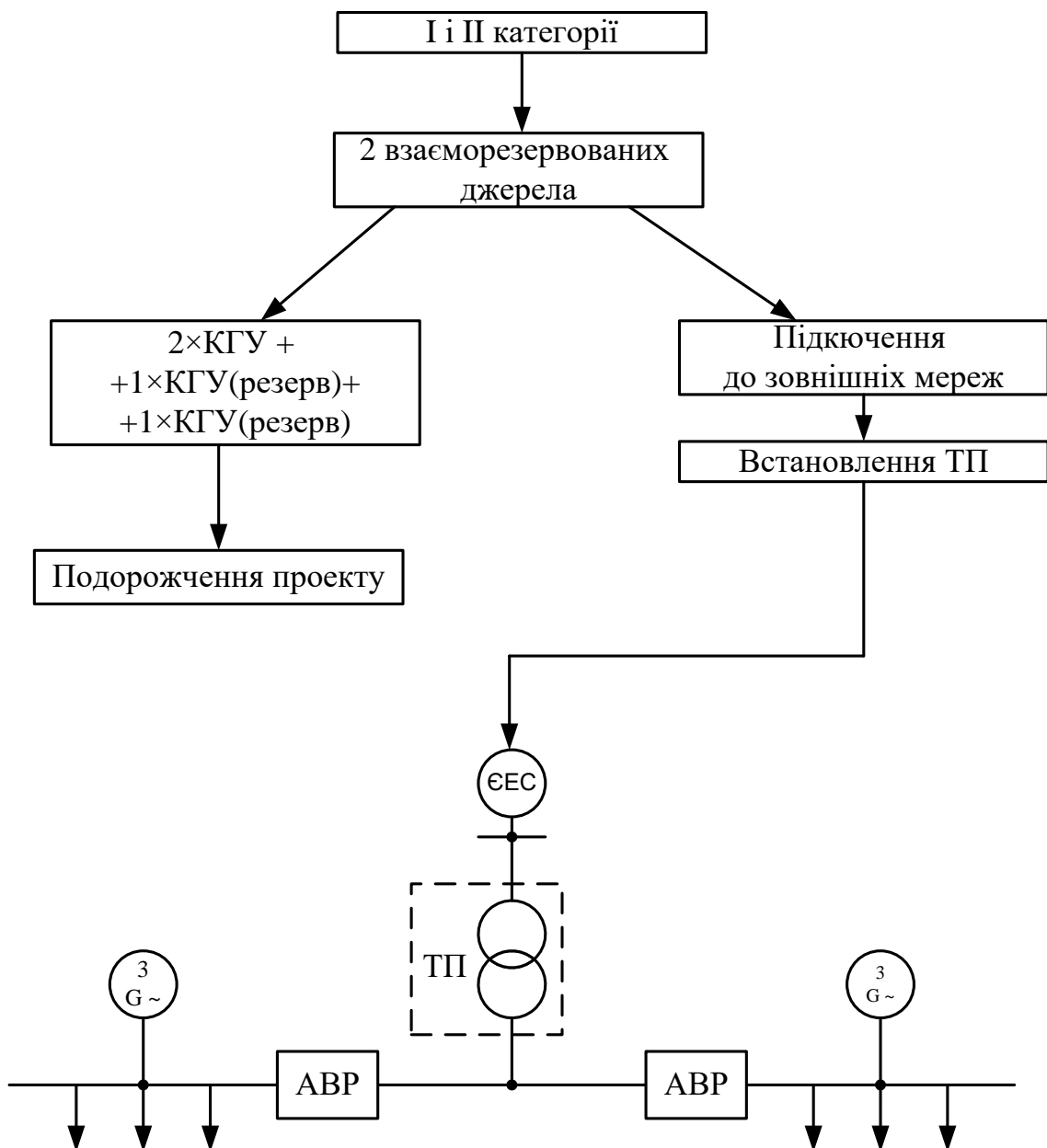


Рисунок 2.2 – Побудова головної схеми електропостачання

Схема розподільних мереж. Згідно[4], внутрішньоцехові мережі виконуються за радіальними магістральними і змішаними схемами. У нашому проекті, раціональним буде використання змішаної схеми. Живлення електроприймачів цехів, прилеглих до електрогенераторної, буде здійснюватися з використанням магістральних шинопроводів ШМА 5. Живлення цехів, що окремо стоять, здійснюватиметься за допомогою кабельних ліній.

Розподіл навантаження. Навантаження між генераторами розподілимо таким чином:

- генератор № 1 - цехи №1; 5; 6,
- генератор № 2 - цехи №2; 3; 4;

таким чином навантаження на генератори складає 1256 і 1259 кВ·А , відповідно.

2.2.2 Вибір генераторних установок

Сучасною світовою промисловістю випускається сьогодні велика кількість видів газопоршневих електростанцій. Сьогодні популярність газових генераторів росте в геометричній прогресії з кожним роком.

У цьому проекті використовуємо когенераційні установки Caterpillar. Потужність автономних джерел згідно [9], визначається по виразу:

$$P_{a.дж.} = \Sigma P_p + P_{рез},$$

де ΣP_p – максимальна розрахункова потужність, кВт;

$P_{рез}$ – величина резервної потужності, кВт.

Величину резервної потужності приймаємо рівною 10 %, від максимального навантаження на генератор, таке значення вибрано з розрахунку підключення навантаження власних потреб і на деякий запас, що враховує перспективу зростання навантажень

$$P_{a.дж.} = 1037 + 0,1 \cdot 1037 = 1141 \text{ кВт}$$

Приймаємо до встановлення газопоршневу когенераційну електрогенераторну установку G 3516B з генератором SR4B, потужністю 1165 кВт [10].

2.2.3 Вибір трансформатора

У цьому проекті трансформаторна підстанція є резервним джерелом, тому потужність трансформатора вибирається за умови резервуванні обох генераторів, але при цьому прийmemo, що обидва генератори одночасно відключиться не можуть. Ця умова прийнята з того розрахунку, що в нормальному режимі ймовірність аварії обох генераторів мала, але при виведенні одного з генераторів в ремонт, ймовірність відмови другого логічніша. Тобто "накид" навантаження буде двоступінчатим.

Потужність трансформатора вибираємо по формулі:

$$S_{т.ном.} = \frac{S_{max} \cdot K_{12}}{1,4},$$

де K_{12} – коефіцієнт участі в навантаженні споживачів 1-ої і 2-ої категорії, %;

1,4 – коефіцієнт, що враховує навантажувальну здатність;

S_{max} – максимальне навантаження, кВ·А.

Коефіцієнт K_{12} для розрахунку потужності трансформатора прийmemo рівним 1, оскільки навантаження споживачів III категорії не велике і ним можна знехтувати. Приймемо максимальне навантаження S_{max} , рівне розрахунковій потужності навантаження усього підприємства $\Sigma S_H = 2515$ кВ·А.

$$S_{т.ном.} = \frac{2515 \cdot 100}{1,4} = 1796 \text{ кВА.}$$

Прийmemo до встановлення трансформатор ТМГ–2500/10.

Таблиця 2.6 – Каталожні дані вибраного трансформатора

Тип трансформатора	Номінальна потужність, кВ·А	Номінальна напруга, кВ		ΔP_{xx} , кВт	$\Delta P_{кз}$, кВт	$U_{кз}$, %	I_{xx} , %
		ВН	НН				
ТМГ–2500	2500	10	0.4	2.5	26.5	6.0	1.1

Визначимо коефіцієнт завантаження трансформатора для двох ступенів: резервування одного генератора і резервування обох генераторів. Коефіцієнт завантаження визначається по формулі:

$$K_3 = \frac{S_H}{S_{т.ном.}}$$

де $S_{т.ном.}$ – номінальна повна потужність трансформатора, кВ·А;

S_H – розрахункове навантаження споживачів підключених до генератора, кВ·А.

Оскільки навантаження розподілене рівномірно між генераторами: 1256 кВ·А і 1259 кВ·А, для визначення K_3 першого ступеня приймемо $S_H = 1259$.

Тоді K_3 , рівний:

- перший ступінь $K_3^I = \frac{1259}{2500} = 0,504$;
- другий ступінь $K_3^{II} = \frac{2515}{2500} = 1,01$;

Перевіряти вибраний трансформатор на перевантаження немає необхідності, навіть при резервуванні обох генераторів цей трансформатор працюватиме в номінальному режимі. А також при зростанні навантажень забезпечувати повне резервування.

2.2.4 Вибір перерізу кабелів і шинопроводів

Розрахунок і вибір кабелів. Раніше необхідно вибрати марку провідника, визначитись з умовами його прокладення і потім виконати розрахунок.

Для визначення марки кабелю, яким здійснюватиметься прокладення розподільних мереж, необхідно врахувати особливості середовища приміщень цехів, а при прокладенні кабелів поза приміщеннями особливості ґрунту цього підприємства. Для прокладення всередині приміщень вибираємо кабель марки ВВГнг-LS [12], прокладення буде виконуватися в кабельних коробах, а для прокладення кабелів поза приміщеннями і в землі ВБШв.

Переріз кабелів напругою до 1000 В визначається по економічній щільності струму [1], оскільки число годин використання максимуму навантаження на підприємстві понад 5000 годин:

$$F = \frac{I_p}{J_{ек}} \text{ мм}^2;$$

де $J_{ек}$ – нормоване значення щільності струму, А/мм².

Розглянемо приклад розрахунку лінії СП-1-машина для кантування (зборка).

Початкові дані: $P_p = 31,6 \text{ кВт}$, $Q_p = 24,6 \text{ кВАр}$, $S_p = 40,1 \text{ кВ} \cdot \text{А}$, $L = 61 \text{ м}$, $I_p = 61 \text{ А}$. Кабель прокладається в коробі, спільно з іншими силовими кабелями, число силових кабелів в коробі не більше 4.

Тоді економічно доцільний переріз рівний:

$$F = \frac{61}{2,7} = 23 \text{ мм}^2,$$

приймаємо переріз кабелю 25 мм².

Далі перевіряємо вибраний кабель за умовами нагріву :

$$I_p \leq I_{дон} \cdot K_{прокл},$$

де $I_{дон}$ – тривалий допустимий струм навантаження для кабелю цього перерізу, А;

$K_{прокл}$ – коефіцієнт, що враховує спосіб прокладення кабелів.

При визначенні $K_{прокл}$ контрольні і резервні кабелі не враховуються.

Для кабелю перерізом 25 мм², тривалий допустимий струм навантаження рівний $I_{дон} = 115 \text{ А}$ [12]. Перевіримо кабель по нагріву з врахуванням умов його прокладення, приймемо коефіцієнт прокладення рівним 0,67, згідно [1]:

$$60,9 \leq 115 \cdot 0,67;$$

$$60,9 \leq 77,$$

рівність виконується, вибраний кабель проходить за умовами нагріву.

Вибір кабелів для інших електроприймачів цеху вибираємо аналогічно результати зведемо в табл. 2.7.

Вибір шинопроводу. Виконаємо вибір перерізу шинопроводу, що живить силові пункти, в якості встановлюваного приймаємо шинопровід марки ШМА 5 [13]. Переріз вибирається по економічній щільності струму. Навантаження на початку шинопроводу складає $I_p = 1759$ А, тоді переріз струмопровідних шин шинопроводу рівний

$$F = \frac{1772}{1} = 1772 \text{ мм}^2,$$

приймаємо шинопровід ШМА 5 - 2500, з перерізом фазних шин $F = 2240 \text{ мм}^2$.

Силові пункти живляться за допомогою кабелів через відгалужувальні секції без комутаційної апаратури.

Розрахунки для інших цехів зробимо аналогічно, враховуючи при цьому, що прокладення живлячих кабелів цехів, що стоять окремо, робиться в землі. Результати розрахунків приведемо в табл. 2.8.

Таблиця 2.8 – Вибір електричних мереж

Найменування електросопживачів	$I_{p.д.},$ А	S_p кВА	F_e мм ²	$F_{пр.},$ мм ²	к-ть	L, км	$I_{дон}$ А	$I'_{дон}$ А
Цех приймання і підготовки сировинних матеріалів	751	498	1494	ШМА-5 1600 А 1380 мм ²		0,095	1600	1600
Цех помелу золи	743	489						
Цех виробництва сухих будівельних сумішей	417	273	154	150	1	0.09	435	435
Склад	29	19	11	10	1	0.05	90	90
Адміністративно-технічний корпус	113	74	42	50	1	0.21	145	116

2.2.5 Перевірка електричної мережі на втрати напруги

Згідно [1] для силових мереж відхилення напруги повинне складати не більше $\pm 5\%$ від $U_{ном.}$

Розрахунок цехової мережі за умовами допустимої втрати напруги виконується для кола лінії від джерела живлення до затисків одного найбільш віддаленого від цехової ТП або найбільш потужного ЕП. У нашому випадку це коло РП-0,4 кВ – паровий котел. Схема живлення зображена на рис. 2.2. Точка ПС на рисунку означає місце приєднання кабелю до приєднувальної секції.

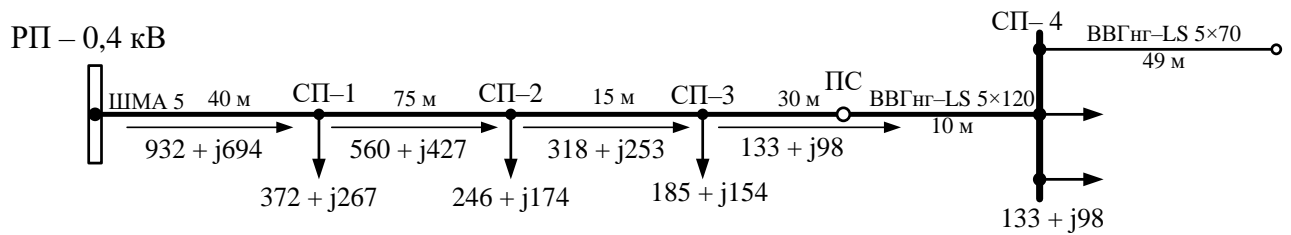


Рисунок 2.2 – Розрахункова схема

Визначаємо втрати напруги на ділянках, по формулі

$$\Delta U_{A-i} = \frac{P \cdot r_{num} \cdot L + Q \cdot x_{num} \cdot L}{U_P},$$

де r_{num} і x_{num} – питомі активні і індуктивні опори провідників, Ом/км;

U_P – напруга у вузлах мережі, В.

Напругу в розрахункових вузлах визначимо по формулі:

$$U_P = U_A - \Delta U_{A-i},$$

де U_A – напруга на початку даної ділянки, В.

Визначимо втрату напруги на ділянці РП - СП-1 і напруге у вузлі СП-1:

$$\Delta U_{РП-СП-1} = \frac{932 \cdot 0,017 \cdot 0,04 + 694 \cdot 0,008 \cdot 0,04}{400} \cdot 10^3 = 2,14 \text{ В},$$

$$U_{СП-1} = 400 - 2,12 = 398 \text{ В}.$$

Розрахунки по інших ділянках виконуємо аналогічно, результати зводимо в табл. 2.9.

Таблиця 2.9 – Розрахунок втрат напруги

Ділянка мережі	P , кВт	Q , кВАр	L , км	x_{num} , Ом / км	r_{num} , Ом / км	ΔU	
						В	%
РП – СП–1	919	701	0.04	0.008	0.017	2.14	0,57
СП–1 – СП–2	547	434	0.075	0.008	0,017	2.45	0,64
СП–2 – СП–3	301	242	0.015	0.008	0.017	0.03	0,02
СП–3 – ПС	133	98	0.03	0.008	0.017	0.23	0,06
ПС – СП–4	133	98	0.01	0.07	0.18	0.20	0,05
СП–4 – Паровий котел	73.0	52.8	0.05	0.073	0.268	0.41	0,11
Разом						5.46	1.45

Сумарна втрата напруги від РП 0,4 кВ до затискачів парового котла рівна 5,46 В, тобто 1,45 %.

Вибрані перерізи провідників задовольняють вимогам [1] по відхиленню напруги.

2.2.6 Вибір комутаційно-захисних апаратів

В якості комутаційно-захисних апаратів приймаємо автоматичні вимикачі ВА07, ВА88, ВА47 – 29 [14]. Вибір вимикачів виконуємо по номінальному струму електроустановки $I_{ном}$, а ввідні апарати для розподільних пунктів і відходящих приєднань в РП 0,4 кВ по максимальному розрахунковому струму I_p . Вибрані автоматичні вимикачі повинні відповідати наступним умовам:

$$I_{н.роз} \geq I_{н.ен};$$

$$I_{н.роз} \geq I_p.$$

Вибір автоматичних вимикачів представлений в табл. 2.10 і 2.11.

Ці вимикачі виконані у "висувному виконанні"(ВА07) і у "втикнутому виконанні", тому вибирати роз'єднувачів не вимагається.

Таблиця 2.10 – Вибір автоматичних вимикачів електроприймачів

Найменування електроприймачів	Тип вимикача	$\cos\varphi$	$P_{ном} / P_p$, кВт	$I_{н.еп} / I_p$, А	Струм роз'єднувача А
СП – 1	ВА88–40	0.78	372	696	800*
Транспортний візок	ВА88–33	0.75	30	61	63
Штовхальник форм. Машина обробки форми. Машина для змащування форм. Рейковий візок	ВА88–33	0.75	31.1	62	63
Подаючий пристрій автоклавних піддонів	ВА88–33	0.75	10	20	25
Дозування і змішування. Вібраційна пластина	ВА88–37	0.8	185	351	400
Машина для кантування	ВА88–33	0.75	40	81	100
Візок. Бічний триммер. Машина різання по товщині	ВА88–35	0.75	94.9	183	200
Вентиляція і димовидалення	ВА47–29	0.85	4.97	9	10
СП – 2	ВА88–40	0.75	246	459	800*
Механізм подачі автоклавних візків. Передавальна вагонетка. Двері автоклава	ВА88–35	0.75	86.1	166	200
Машина поперечного різання	ВА88–32	0.75	35	71	80
Механізм для видалення нижнього шару	ВА88–33	0.75	42	85	100
Навантажувальна машина	ВА88–33	0.75	57	115	125
Вентиляція	ВА88–33	0.75	56.8	110	125
Керування автоклавом	ВА47–29	1	2	3	4
СП – 3	ВА88–40	0.75	185	366	400*
Укладально-сортувальна машина	ВА88–33	0.75	51.5	103	125
Система транспортування пакетів. Пресування пакетів	ВА88–33	0.75	45.2	90	100
Розділова машина	ВА88–33	0.75	60	122	125
Машина витягу	ВА88–33	0.75	25	51	63
Вентиляція	ВА47–29	0.75	3.23	6.5	8
Майстерні	ВА88–32	0.75	12.9	25	25
СП – 4	ВА88–37	0.8	133	251	400*
Паровий котел	ВА88–33	0.8	80	152	160
Охолоджувач	ВА88–33	0.8	50	95	100
Насосна технічного водопостачання	ВА88–32	0.8	14.6	29	32

* Використовуються вимикачі з електронним розчеплювачем

Таблиця 2.11 – Вибір вимикачів відходящих приєднань РП 0,4 кВ

Найменування відходящих ліній	Тип вимикача	I_p, A	$S_p, кВ \cdot A$	Струм розчеплювача А
Цех по виробництву блоків з комірчастого бетону	ВА07–220	1772	1174	2000*
Цех помелу золи		743	489	1600*
Цех приймання і підготовки сировинних матеріалів	ВА88–216	751	494	
Цех по виробництву сухих будівельних сумішей	ВА88–40	417	273	800*
Адміністративно-технічний корпус	ВА88–33	107	70.2	25
Склад	ВА88–33	23.0	15.1	125

* Використовуються вимикачі з електронним розчеплювачем

2.3 Висновки до розділу 2

В даному розділі були розраховані навантаження цехів підприємства, виконано розрахунок робочого освітлення і визначений центр електричних навантажень, з урахуванням якого було вибрано місцерозташування електрогенераторної. Вибрані живлячі лінії для цехових електроприймачів, живлячі лінії для цехів і комутаційно-захисні апарати. При побудові головної схеми електропостачання керувалися усіма можливими режимами роботи, які можуть виникнути при експлуатації, а також наслідками при перебоях електропостачання. У проекті також були розраховані струми короткого замикання, на основі яких здійснено вибір і перевірка електрообладнання проектованої електрогенераторної і трансформаторної підстанції.

Електропостачання підприємства здійснюється від автономних джерел живлення – когенераційних генераторних установок Caterpillar потужністю $P_{ном} = 1165$ кВт, з резервуванням від зовнішньої енергосистеми. В якості резервного джерела встановлений трансформатор типу ТМГ - 1600/10.

3 ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Вибір основного електрообладнання РП 0,4 кВ

Усі електричні апарати, струмоведучі частини та ізолятори на станціях і підстанціях мають бути вибрані за умовами тривалої роботи і перевірені за умовами короткого замикання відповідно до вказівок [1].

Згідно [15], розрахунковими умовами для вибору провідників і апаратів по тривалих режимах роботи : нормальному, ремонтному, післяаварійному.

3.1.1 Вибір вимикачів

Вимикачі вибираємо за наступними умовами:

$$U_{ном.ел.} \leq U_{ном.а.};$$

$$I_{max} \leq I_{н.роз.};$$

де $U_{ном.ел.}$ – номінальна напруга електроустановки, кВ;

$U_{ном.а.}$ – номінальна напруга апарату, кВ;

I_{max} – максимальний розрахунковий струм, А;

$I_{н.роз.}$ – номінальний струм розчеплювача, А.

Кола генератора. Найбільший струм нормального режиму приймається при завантаженні генератора до номінальної потужності $P_{ном}$ при номінальній напрузі і $\cos\varphi_{ном}$ [10].

$$I_{max} = \frac{P_{ном}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos\varphi};$$

$$I_{max} = \frac{1165}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \cdot 0,8} = 2102.$$

В якості ввідних вимикачів генераторів приймаємо автоматичний вимикач ІЕК ВА07-325 [14], з номінальним струмом відключення $I_{н.роз.} = 2500$ А. Вимикачі виконані у "висувному виконанні", вибір роз'єднувачів не проводимо.

Кола трансформатора. Ввідний вимикач для трансформаторної підстанції вибираємо по максимальному струму навантаження:

$$I_{\max} = I_{\text{роб.ускл.}} = \frac{\sum S_n}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}}$$

де $\sum S_n$ – сумарне розрахункове навантаження усього підприємства, кВ·А

$$I_{\max} = \frac{2548}{\sqrt{3} \cdot 0,4} = 3678 \text{ А.}$$

Приймаємо до встановлення автоматичний вимикач ВА07- 440 [13],

$$I_{\text{н.роз}} = 4000 \text{ А.}$$

В якості секційних автоматичних вимикачів вибираємо вимикачі ВА07 - 325, з номінальним струмом відключення $I_{\text{н.роз}} = 2500 \text{ А}$ [14].

3.1.2 Вибір жорстких шин

Збірні шини і ошиновка, згідно [1], в межах розподільного пристрою вибираються по допустимому струму.

При цьому враховуються не лише нормальні, але і післяаварійні режими, а також режими в період ремонтів і можливість нерівномірного розподілу струмів між секціями шин. Умова вибору :

$$I_{\max} \leq I_{\text{доп}}$$

де I_{\max} – максимально можливий струм, А, для РП генераторів – номінальний струм генератора $I_{\text{ном.г}}$, для РП ТП – $I_{\text{роб.ускл}}$;

$I_{\text{доп}}$ – допустимий струм на шини вибраного перерізу з врахуванням поправки при розташуванні шин навзаки або температурі повітря, відмінної від прийнятої в таблицях ($\Theta_{\text{о.ном}} = 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$).

Виконаємо вибір перерізу шин :

- РП генераторів : $I_{\text{ном.г}} = 2101 \text{ А} \rightarrow 2(100 \times 8) \text{ Al}$, $I_{\text{доп}} = 2390 \text{ А}$;
- РП ТП : $I_{\text{роб.ускл.}} = 3678 \text{ А} \rightarrow 2(100 \times 10) \text{ Cu}$, $I_{\text{доп}} = 3610 \text{ А}$.

Для розподільчого пристрою ТП приймаємо рішення про встановлення мідних шин перерізом 100×10 , оскільки при вказаному струмі алюмінієвих шин необхідно три на одну фазу, що у свою чергу приведе до ускладнення конструкції розподільного пристрою. Приймаємо шини прямокутного перерізу марок АДЗ1Т і М1.

При відхиленні температури докільця від нормованої $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$ [15], необхідно зробити перерахунок допустимого струму $I_{\text{доп}}$, для шин стандартного перерізу по формулі:

$$I_{\text{доп}} = I_{\text{доп.шин}} \cdot \sqrt{\frac{\partial_{\text{тр.доп.}} - \partial_0}{\partial_{\text{тр.доп.}} - \partial_{\text{норм}}}} \text{ А}$$

де $I_{\text{доп.шин}}$ – допустимий струм на шину при температурі $\partial_{\text{норм.}} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$;

∂_0 – дійсна середньодобова температура в літню пору року;

$\partial_{\text{тр.доп.}}$ – тривала допустима температура нагріву шин, рівна $70\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Виконаємо перерахунок прийнявши $\partial_0 = 23\text{ }^{\circ}\text{C}$.

- РП генераторів : $I_{\text{доп}} = 2390 \cdot \sqrt{\frac{70-23}{70-25}} = 2443 \text{ А} > I_{\text{ном.г}} = 2101 \text{ А}$.
- РП ТП : $I_{\text{доп}} = 3610 \cdot \sqrt{\frac{70-23}{70-25}} = 3689 \text{ А} > I_{\text{роб.ускл.}} = 3678 \text{ А}$.

Вибрані шини для розподільчих пристроїв проходять по умові допустимого струму.

Для з'єднання генераторних установок з розподільними пристроями використовуємо шинопровід ШМА 5 2500А. Для з'єднання трансформатора з розподільним пристроєм використовуємо шинопровід ШМА 68П 4000А.

3.1.3 Вибір ізоляторів

У РП шини будуть кріпитися за допомогою шинотримачів. Вибір виконаємо за наступними умовами [15]: по номінальній напрузі $U_{\text{уст}} \leq U_{\text{ном}}$.

Вибираємо шинотримачі серії ШН :

$U_{\text{max}} = 1 \text{ кВ}$; $F_{\text{роз.}} = 8 \text{ кН}$; висота ізолятора $H_{\text{із}} = 25 \text{ мм}$.

3.1.4 Вибір трансформаторів струму

Трансформатори струму, призначені для живлення вимірювальних приладів, вибираються:

- номінальній напрузі – $U_{\text{уст}} \leq U_{\text{ном}}$;

- номінальному струму – $I_{роб.ускл.} \leq I_{ном.}$;
- конструкції і класу точності.

Вибір класу точності визначає призначення трансформатора струму. У відповідності з ПУЕ:

- трансформатори струму для включення електровимірювальних приладів повинні мати клас точності не нижче 3;
- обмотки трансформаторів струму для приєднання лічильників, по яких ведуться грошові розрахунки, повинні мати клас точності 0,5;
- для технічного обліку допускається застосування трансформаторів струму класу точності 1.

Вибираємо трансформатори струму ТШЛ-0,66 У2 з класом точності 0,2S:

- Кола генераторів: $I_{ном.г} = 2101 A \rightarrow 2500 / 5$;
- Кола трансформатора: $I_{роб.ускл.} = 3678 A \rightarrow 4000 / 5$.

Таблиця 3.1 – Значення вторинного навантаження ТС.

Прилад	Тип	Фаза - А	Фаза - В	Фаза - С
Амперметр	Э-47	0.1	0.1	0.1
Лічильник електроенергії	Меркурій 230 ART-01R	2.5	2.5	2.5
Разом		2.6	2.6	2.6

Аналогічні прилади встановлюємо в розподільному пристрої трансформаторної підстанції.

Проведемо перевірку згідно вторинного навантаження ТС.

Загальний опір приладів :

$$R_{прил} = \frac{S_{прил}}{I_2^2} ;$$

$$R_{прил} = \frac{2,6}{5^2} = 0,104 \text{ Ом.}$$

Значення вторинного номінального навантаження ТС в класі точності 0,2 складає 20 В·А або:

$$Z_{2ном} = \frac{S_{2ном}}{I_2^2};$$

$$Z_{2ном} = \frac{20}{25} = 0,8 \text{ Ом.}$$

Опір контактів приймається рівним 0.1, тоді опір сполучних проводів:

$$R_{np} = Z_{2н} - R_{прил} - R_k;$$

$$R_{np} = 0,8 - 0,104 - 0,1 = 0,596 \text{ Ом.}$$

Переріз сполучних проводів :

$$q = \frac{\rho \cdot l_{роз}}{r_{np}}$$

де ρ – значення питомого опору матеріалу провoda, приймаємо проводи з мідними жилами, $\rho = 0,0175$, Ом·м/мм²;

$l_{роз}$ – розрахункова довжина, залежить від схеми з'єднання трансформаторів струму, для зірки $l_{роз} = \sqrt{3} \cdot l$;

l – довжина сполучних проводів, $l = 5$ м.

$$q = \frac{0,0175 \cdot \sqrt{3} \cdot 5}{0,596} = 0,25 \text{ мм}^2.$$

За умовою механічної міцності приймаємо провід ПВ-1 2,5 мм².

Аналогічно приймаємо провід для підключення електровимірювальних приладів розподільному пристрої трансформаторної підстанції.

Для прийому і розподілу електроенергії в розподільному пристрої 0,4 кВ приймаємо до встановлення низьковольтний комплектний пристрій (НКП) марки ЩО–09.

3.2 Розрахунок струмів короткого замикання

3.2.1 Розрахунок струму короткого замикання кола генератора

Розрахункова схема для розрахунку струму к.з. кола генератора (G1) наведена на рис. 3.2.

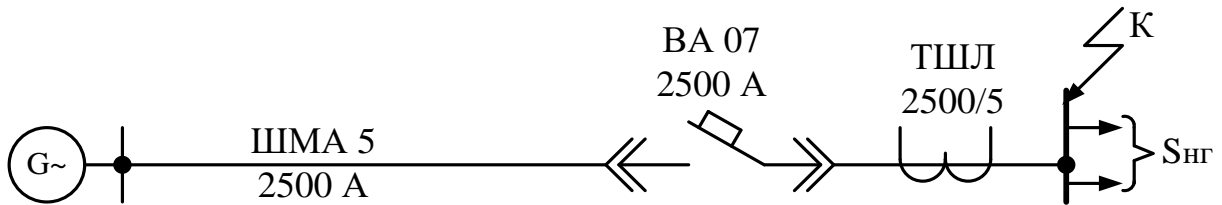


Рисунок 3.1 – Розрахункова схема кола генератора

Таблиця 3.2 – Параметри елементів схеми

Генератор	Шинопровід ШМА 5 2500 А	Вимикач ВА 07 2500 А	Трансформа- тори струму	Болтові контактні з'єднання
$U_{ном.} = 400 \text{ В}$ $S_{ном} = 1456 \text{ кВ}\cdot\text{А}$ $x''_{d(ном)} = 0,15$ $r_{см} = 0,015 \cdot x_d$	$r_{ш} = 0,017 \text{ мОм/м}$ $x_{ш} = 0,008 \text{ мОм/м}$ $l = 5 \text{ м}$	$R_{кв} = 0,13 \text{ мОм}$ $X_{кв} = 0,07 \text{ мОм}$	Понад 500/5, опори не враховуються	$n = 15$ $r_k = 0,003 \text{ мОм}$

Складемо схему заміщення :

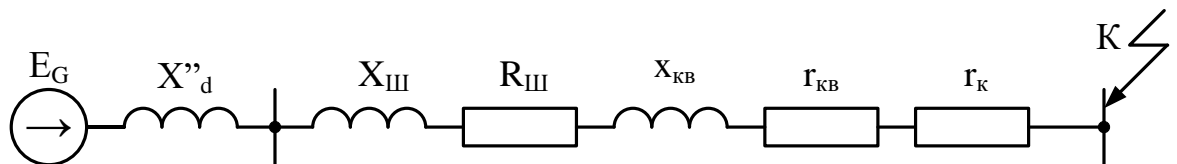


Рисунок 3.2 – Схема заміщення для кола генератора

Розрахунок проводимо у відносних одиницях і наближеному приведенні.

Визначимо параметри схеми заміщення.

Опір генератора :

$$x''_d = x_{d(ном)} \cdot \frac{U_{ном}^2}{S_{ном}};$$

$$x''_d = 0,15 \cdot \frac{0,4^2}{1,456} = 0,016 = 16,5 \text{ мОм};$$

$$r_{см} = 0,015 \cdot 16,5 = 0,248 \text{ мОм}.$$

Активний і індуктивний опір шинопроводу :

$$R_{ш} = r_{ш} \cdot l, R_{ш} = 0,017 \cdot 5 = 0,085 \text{ Ом};$$

$$X_{ш} = x_{ш} \cdot l, X_{ш} = 0,008 \cdot 5 = 0,04 \text{ Ом}.$$

Активний опір болтових контактних з'єднань :

$$R_K = r_k \cdot n, \quad R_K = 0,003 \cdot 12 = 0,036 \text{ Ом.}$$

У електроустановках з автономними джерелами електроенергії початкове діюче значення періодичної складової струму КЗ без врахування підживлення електродвигунів слід розраховувати по формулі:

$$I_{n0} = \frac{E_G''}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_\Sigma^2 + X_\Sigma^2}},$$

де E_G'' – зверхперехідна ЕРС (фазне значення) автономного джерела, кВ ;

R_Σ і X_Σ – сумарні активні і індуктивні опори кола к.з., Ом.

Сумарні опори:

$$R_\Sigma = r_{cm} + R_{mA} + R_{кв} + R_{uu} + R_\kappa$$

$$X_\Sigma = x_d'' + X_{mA} + X_{кв} + X_{uu}$$

де r_{cm} – значення активного опору статора автономного джерела, мОм ;

R_κ – значення активного опору контактів, мОм ;

x_d'' – надперехідний опір по поздовжній осі ротора, мОм ;

R_{mA} і X_{mA} – активний та індуктивний опір первинних обмоток трансформаторів струму, мОм ;

$R_{кв}$ і $X_{кв}$ – активні та індуктивні опори перехідних опорів рухомих контактів і струмових котушок автоматичних вимикачів, мОм ;

R_{uu} і X_{uu} – активний та індуктивний опори шинопроводів, мОм .

Тоді, для нашого кола отримаємо:

$$R_\Sigma = 0,248 + 0,085 + 0,13 + 0,035 = 0,498 \text{ мОм} ;$$

$$X_\Sigma = 16,5 + 0,07 + 0,04 = 16,6 \text{ мОм}$$

$$I_{n0} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{0,498^2 + 16,6^2}} = 13,9 \text{ кА.}$$

Розрахунок ударного струму. Ударний струм трифазного КЗ в електроустановках розраховують по формулі

$$i_{y\delta} = \sqrt{2} \cdot I_{n0} \cdot K_{y\delta},$$

де $K_{y\partial}$ – ударний коефіцієнт:

$$K_{y\partial} = \left(1 + e^{-\frac{t_{y\partial}}{T_a}} \right),$$

де T_a – постійна часу загасання аперіодичної складової струму КЗ, с;

$t_{y\partial}$ – час від початку КЗ до появи ударного струму, с.

$$T_a = \frac{X_\Sigma}{\omega \cdot R_\Sigma};$$

$$t_{y\partial} = 0,001 \cdot \frac{\frac{\pi}{2} + \varphi_\kappa}{\pi};$$

$$\varphi_\kappa = \arctg(X_\Sigma / R_\Sigma).$$

У тих випадках коли $X_\Sigma / R_\Sigma \geq 5$, $t_{y\partial}$ приймають рівною 0,01 с.

У нашому випадку, отримаємо:

$$T_a = \frac{16,6}{314 \cdot 0,498} = 0,106 \text{ с};$$

$$K_{y\partial} = \left(1 + e^{-\frac{0,01}{0,106}} \right) = 1,91;$$

$$i_{y\partial} = \sqrt{2} \cdot 13,9 \cdot 1,91 = 37,5 \text{ кА}.$$

Середнє значення активного опору дуги в початковий момент КЗ:

$$R_\partial = \sqrt{\frac{U_{\text{ср.ном}}^2}{3 \cdot I_{n0}^2 \cdot K_c^2} - X_\Sigma^2 - R_\Sigma^2},$$

де K_c – середньостатистичне значення поправочного коефіцієнта, що враховує зниження струму в початковий момент дугового КЗ в порівнянні зі струмом металевого КЗ, який можна визначити по формулі:

$$K_c = 0,6 - 0,0025 \cdot Z_\kappa + 0,114 \sqrt{Z_\kappa} - 0,13 \sqrt[3]{Z_\kappa},$$

де Z_κ – повний опір кола КЗ, мОм.

Розрахуємо опір дуги :

$$K_c = 0,6 - 0,0025 \cdot 16,6 + 0,114 \cdot \sqrt{16,6} - 0,13 \cdot \sqrt[3]{16,6} = 0,691;$$

$$R_o = \sqrt{\frac{400^2}{3 \cdot 13,9^2 \cdot 0,691^2} - 16,6^2 - 0,498} = 16,9 \text{ мОм.}$$

Тоді струм дугового КЗ визначається з введенням в розрахункову схему активного опору дуги :

$$I_{n0} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(0,498 + 16,9)^2 + 16,6^2}} = 9,6 \text{ кА;}$$

$$T_a = \frac{16,6}{314 \cdot 17,4} = 0,003 \text{ с;}$$

$$\varphi_\kappa = \arctg(16,6 / 17,4) = 44 ;$$

$$t_{y\partial} = 0,001 \cdot \frac{\frac{\pi}{2} + 44}{\pi} = 0,015 \text{ с;}$$

$$i_{y\partial} = \sqrt{2} \cdot 9,6 \cdot \left(1 + e^{-\frac{0,015}{0,003}} \right) = 13,7 \text{ кА.}$$

Врахування комплексного навантаження. Вплив комплексного навантаження враховувати не будемо.

Розрахунок періодичної складової струму КЗ для довільного моменту часу. Цей розрахунок потрібний для перевірки РЗ генераторів. Розрахунок вестимемо для трифазного металевого КЗ на виводах генератора в сталому режимі ($t = \infty$).

$$I_{nt} = I_{0(B)} \cdot \gamma_t,$$

де $I_{n0(B)}$ – струм трифазного КЗ на виводах генератора, А;

γ_t – коефіцієнт, що знаходиться по типових кривих.

Тоді для нашого випадку отримаємо:

$$I_{n0(B)} = \frac{E_G''}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{r_{cm}^2 + x_d^2}} ;$$

$$I_{n0(B)} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{0,248^2 + 16,5^2}} = 14 \text{ кА.}$$

Результати за розрахунками струмів КЗ для кола генератора представлені в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Результати розрахунків струмів КЗ

Вид КЗ	Максимальні значення струму КЗ, κA		Мінімальні значення струму КЗ, κA		
	I_{n0}	i_{y0}	I_{n0}	$I_{nt}(t = \infty)$	i_{y0}
$K^{(3)}$	13.9	37.5	9.6	5.88	13.7

3.2.2 Розрахунок струму короткого замикання кола трансформатора

Розрахункова схема для розрахунку струму к.з. кола трансформатора наведена на рис. 3.3.

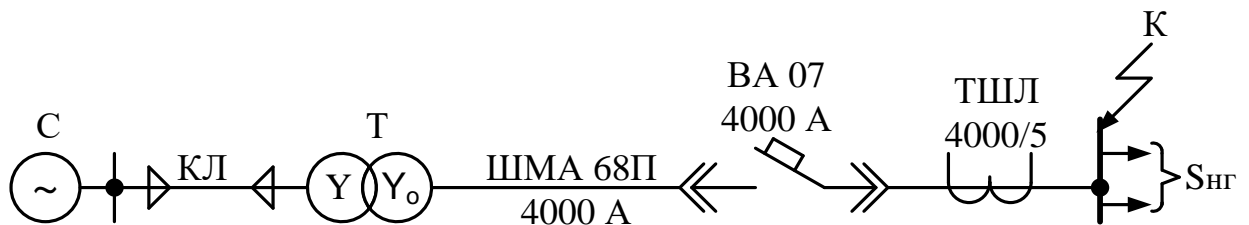


Рисунок 3.3 – Розрахункова схема кола трансформатора

Початкові дані для розрахунку представлені в табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Параметри елементів схеми

Система	КЛ	Трансформатор ТМГ-2500/10	Шинопровід ШМА 68П	Вимикач ВА 07 4000 А	Трансформатори струму	Болтові контактні з'єднання
$U_{cp.ВН} = 10,5 \text{ кВ}$	$U_{ном} = 10 \text{ кВ}$ $l = 2 \text{ км}^*$	$U_{ВН.ном.} = 10,5 \text{ кВ}$ $U_{НН.ном.} = 0,4 \text{ кВ}$ $S_{т.ном} = 2500 \text{ кВ} \cdot \text{А}$ $\Delta P_{к.з.} = 26,5 \text{ кВт}$ $u_{к.з.} = 6 \%$	$r_{ш} = 0,013 \text{ мОм/м}$ $x_{ш} = 0,015 \text{ мОм/м}$ $l = 5 \text{ м}$	$R_{кв} = 0,1 \text{ мОм}$ $X_{кв} = 0,05 \text{ мОм}$	Понад 500/5 опір ТА не враховується	$n = 12$ $r_{к} = 0,003 \text{ мОм}$

* * довжина кабельної лінії заздалегідь узятa виходячи з того, що в радіусі 2 км від об'єкта проектування є 3 джерела електропостачання.

Складемо схему заміщення.

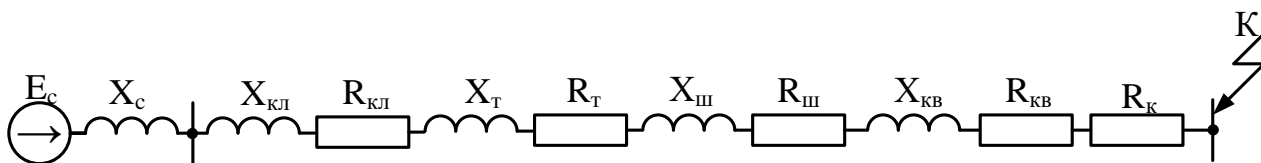


Рисунок 3.4 – Схема заміщення для кола трансформатора

Визначимо параметри схеми заміщення.

Опір системи : за відсутності вказаних даних про систему індуктивний опір системи допускається розраховувати по формулі:

$$X_c = \frac{U_{cp.HH}^2}{\sqrt{3} \cdot I_{відкл.ном} \cdot U_{cp.BH}},$$

$$X_c = \frac{400^2 \cdot 10^{-3}}{\sqrt{3} \cdot 20 \cdot 10,5} = 0,44 \text{ мОм}.$$

Опір кабельної лінії: для визначення опору КЛ необхідно заздалегідь визначити її переріз. Переріз визначимо по методу економічної щільності струму, в якості розрахункового струму приймемо $I_{роб.ускл.} = 3233 \text{ А}$. Тоді, при $T_m = 5800 \text{ год}$. для кабелів з алюмінієвими жилами і пластмасовою ізоляцією отримаємо:

$$F = \frac{3678 \cdot \left(\frac{0,4}{10,5}\right)}{1,6} = 87 \text{ мм}^2;$$

приймаємо 90 мм^2 : $I_{дон} = 253 \text{ А}$, $r_{нит.кб.} = 0,443 \text{ мОм / м}$, $x_{нит.кб.} = 0,119 \text{ мОм / м}$.

Тоді опір приведенний до сторони 0,4 кВ, рівний:

$$R_{кб} = 0,443 \cdot 2000 \cdot \left(\frac{0,4}{10,5}\right)^2 = 1,29 \text{ мОм};$$

$$X_{кб} = 0,119 \cdot 2000 \cdot \left(\frac{0,4}{10,5}\right)^2 = 0,35 \text{ мОм}.$$

Опір трансформатора :

$$R_m = \frac{\Delta P_{к.з.} \cdot U_{HH.ном}^2}{S_{т.ном}^2},$$

$$X_m = \sqrt{u_{к.з.}^2 - \left(\frac{100 \cdot \Delta P_{к.з.}}{S_{т.ном}} \right)^2} \cdot \frac{U_{HH,ном}^2}{S_{т.ном}} \cdot 10^4,$$

$$R_m = \frac{14,5 \cdot 0,4^2}{1600^2} \cdot 10^6 = 0,91 \text{ МОм};$$

$$X_m = \sqrt{6^2 - \left(\frac{100 \cdot 26,5}{2500} \right)^2} \cdot \frac{0,4^2}{2500} \cdot 10^4 = 6,62 \text{ МОм}.$$

Активний і індуктивний опір шинопроводу :

$$R_{uu} = r_{uu} \cdot l, \quad R_{uu} = 0,013 \cdot 5 = 0,065 \text{ Ом}$$

$$X_{uu} = x_{uu} \cdot l, \quad X_{uu} = 0,015 \cdot 5 = 0,075 \text{ Ом}.$$

Активний опір болтових контактних з'єднань :

$$R_K = r_K \cdot n, \quad R_K = 0,003 \cdot 12 = 0,036 \text{ Ом}.$$

Розрахунок початкового значення періодичної складової струму трифазного КЗ.

$$R_{\Sigma} = 1,29 + 0,91 + 0,065 + 0,1 + 0,036 = 2,41 \text{ Ом};$$

$$X_{\Sigma} = 0,44 + 0,35 + 6,62 + 0,075 + 0,05 = 7,49 \text{ Ом};$$

$$I_{n0} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{2,41^2 + 7,49^2}} = 29,4 \text{ кА}.$$

Розрахунок ударного струму.

$$T_a = \frac{7,49}{314 \cdot 2,41} = 0,01 \text{ с};$$

$$\varphi_{\kappa} = \arctg(7,49 / 2,41) = 72;$$

$$t_{y\delta} = 0,001 \cdot \frac{\frac{3,14}{2} + 72}{3,14} = 0,023 \text{ с};$$

$$i_{y\delta} = \sqrt{2} \cdot 29,4 \cdot \left(1 + e^{-\frac{0,023}{0,01}} \right) = 45,7 \text{ кА}.$$

Врахування опору електричної дуги.

Опір дуги розраховуємо аналогічно:

$$K_c = 0,6 - 0,0025 \cdot 7,87 + 0,114 \cdot \sqrt{7,87} - 0,13 \cdot \sqrt[3]{7,87} = 0,642;$$

$$R_o = \sqrt{\frac{400^2}{3 \cdot 29,4^2 \cdot 0,642^2} - 7,49^2} - 2,41 = 7,27 \text{ МОм.}$$

Тоді струм трифазного КЗ з врахуванням опору дуги рівний:

$$I_{n0} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(2,41 + 7,27)^2 + 7,49^2}} = 18,9 \text{ кА};$$

$$T_a = \frac{7,49}{314 \cdot 9,68} = 0,003 \text{ с};$$

$$\varphi_k = \arctg(7,49 / 9,68) = 38;$$

$$t_{y0} = 0,001 \cdot \frac{\frac{\pi}{2} + 38}{\pi} = 0,013 \text{ с};$$

$$i_{y0} = \sqrt{2} \cdot 18,9 \cdot \left(1 + e^{-\frac{0,013}{0,003}} \right) = 27,1 \text{ кА.}$$

Врахування комплексного навантаження. Вплив комплексного навантаження враховувати не будемо.

Результати за розрахунками струмів КЗ для кола трансформатора представлені в табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Результати розрахунків струмів КЗ

Вид КЗ	Максимальні значення струму КЗ, кА		Мінімальні значення струму КЗ, кА	
	I_{n0}	i_{y0}	I_{n0}	i_{y0}
$K^{(3)}$	29.4	45.7	18.9	27.1

3.2.3 Перевірка вибраного обладнання по умові КЗ

Визначимо термічну дію струму короткого замикання, по формулі:

$$B_k = I_{П0}^2 \cdot (t_{відкл} + T_a),$$

де B_k – тепловий імпульс, що виділяється струмом КЗ або інтеграл Джоуля, $\text{кА}^2 \cdot \text{с}$;

$$t_{відкл} = t_{p.з.} + t_{в.в.};$$

де $t_{p.з}$ – час дії максимального струмового захисту, рівний 0,3 с;

$t_{в.в.}$ – повний час відключення вимикача, рівний 0,003, с.

- для кола генератора : $B_{\kappa} = 13,9^2 \cdot (0,3 + 0,03 + 0,106) = 84 \kappa A^2 \cdot c$;
- для кола трансформатора : $B_{\kappa} = 29,4^2 \cdot (0,3 + 0,03 + 0,001) = 286 \kappa A^2 \cdot c$.

Усі розрахункові і каталожні дані по вибору і перевірці вимикачів зводимо в табл. 3.6.

Таблиця 3.6 – Дані для вибору вимикачів

Коло генератора		Коло трансформатора	
Розрахункові дані	Каталожні дані	Розрахункові дані	Каталожні дані
	ВА07–325 2500А		ВА07–440 4000А
$U_{уст} = 0,4 \kappa B$	$U_{ном} = 0,69 \kappa B$	$U_{уст} = 0,4 \kappa B$	$U_{ном} = 0,69 \kappa B$
$I_{ном} = 2102 A$	$I_{ном} = 2500 A$	$I_{роб.ускл} = 3233 A$	$I_{ном} = 4000 A$
$I_{н0} = 13,9 \kappa A$	$I_{відкл} = 85 \kappa A$	$I_{н0} = 29,4 \kappa A$	$I_{відкл} = 100 \kappa A$
$i_{yд} = 37,5 \kappa A$	$I_{сп.с} = 85 \kappa A$	$i_{yд} = 45,7 \kappa A$	$i_{сп.с} = 100 \kappa A$
$B_{\kappa} = 84 \kappa A^2 \cdot c$	$I_{тер.}^2 \cdot t_{тер} = 12675 \kappa A^2 \cdot c$	$B_{\kappa} = 286 \kappa A^2 \cdot c$	$I_{тер.}^2 \cdot t_{тер} = 21675 \kappa A^2 \cdot c$

3.3 Розрахунок зовнішнього електропостачання

3.3.1 Вибір КЛ

Приймаємо кабель марки АПВБПГ 3×90 / 21, $I_{дон} = 253 A$, прокладення буде здійснюється в траншеї.

3.3.2 Вибір електроустаткування РП 10 кВ.

Розрахунок струмів КЗ.

Складемо розрахункову схему (рис. 3.5).

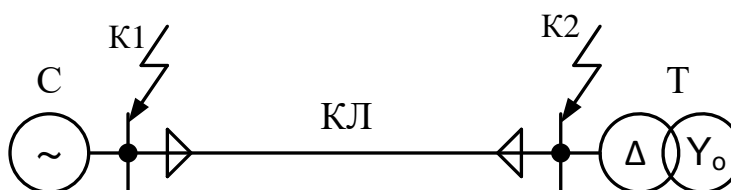


Рисунок 3.5 – Розрахункова схема

Складемо схему заміщення (рис. 3.6).

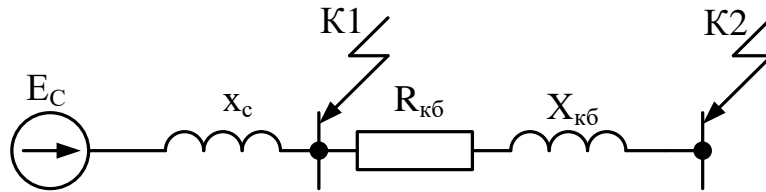


Рисунок 3.6 – Схема заміщення

Розрахунок вестимемо в іменованих одиницях і при наближеному приведенні. Визначимо параметри схеми заміщення. Початкові дані представлені в табл. 3.7.

Таблиця 3.7 – Параметри елементів схеми

Система	Кабельна лінія $3 \times 70 \text{ мм}^2$
Система задана потужністю КЗ, МВ·А мін/макс 240/320	$r_{\text{нит.кб}} = 0,443 \text{ Ом / км}$ $x_{\text{нит.кб}} = 0,119 \text{ Ом / км}$ $l = 0,85 \text{ км}$

Дані по потужності КЗ узяті в ході переддипломної практики.

Опір системи визначається по формулі:

$$X_c = \frac{U_{\text{ср.ном}}^2}{S_{\text{к.з.}}},$$

де $S_{\text{к.з.}}$ – потужність КЗ системи, МВ·А.

$$X_c^{\text{мін}} = \frac{10,5^2}{240} = 0,46 \text{ Ом};$$

$$X_c^{\text{макс}} = \frac{10,5^2}{320} = 0,34 \text{ Ом};$$

$$R_{\text{кб}} = 0,443 \cdot 0,85 = 0,377 \text{ Ом};$$

$$X_{\text{кб}} = 0,119 \cdot 0,85 = 0,101 \text{ Ом}.$$

Тоді струм трифазного КЗ, рівний:

- для точки К1 :

$$I_{n0(K1)}^{\min} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 0,46} = 13,2 \text{ кА};$$

$$I_{n0(K1)}^{\max} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 0,34} = 17,8 \text{ кА}.$$

- для точки К2 :

$$I_{n0(K2)}^{\min} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{0,377^2 + (0,46 + 0,101)^2}} = 8,97 \text{ кА};$$

$$I_{n0(K2)}^{\max} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{0,377^2 + (0,34 + 0,101)^2}} = 10,5 \text{ кА}.$$

Знайдемо ударний струм (тільки для точки К2), в максимальному режимі:

$$T_a = \frac{0,441}{314 \cdot 0,377} = 0,004 \text{ с};$$

$$i_{y\partial} = \sqrt{2} \cdot 10,5 \cdot \left(1 + e^{-\frac{0,01}{0,004}} \right) = 16,1 \text{ кА}.$$

Найбільший струм в аварійному режимі :

$$I_{\text{роб.ускл.}} = \frac{1,4 \cdot 1600}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 123 \text{ кА}.$$

Визначимо тепловий імпульс, що виділяється струмом к.з., при цьому приймемо $t_{p.z.}$ час дії основного захисту трансформатора, рівний 0,1 с.

$$B_k = 10,5^2 \cdot (0,3 + 0,085 + 0,004) = 42,9 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}.$$

Вибір вимикача. Вимикачі в РП 10 кВ вибираємо ускладнюючому режимі:

$$I_{\text{ном}} \geq I_{\text{ускл.}} = \frac{S_{\text{ускл.}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}},$$

$$I_{\text{ускл.}} = \frac{2548}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 140 \text{ А}.$$

Приймаємо до встановлення вакуумний вимикач *BB / TEL* – 10–12,5 / 630 У2 .

Вибір трансформаторів струму. Трансформатори струму вибираємо аналогічно:

$$I_{роб.ускл.} = 140 \text{ А.}$$

Приймаємо до встановлення трансформатори струму *ТОЛ – 10 – I У2* .

Вибір обмежувачів перенапруги. Для захисту електроустановки 10 кВ, приймаємо обмежувачі перенапруги *ОПН – КР / ТЕЛ – 10 / 12 УХЛ2* .

Для прийому і розподілу електроенергії використовуємо КРП серії D - 12Р.

Вибір гнучких проводів

Для зв'язку трансформаторів використовуємо СП-3 – це одножильний ізолюваний самонесучий провід. Жила виконана з алюмінієвого сплаву. Приймаємо СП-3, перерізом 70 мм^2 , $I_{дон} = 310 \text{ А}$.

На живлячій підстанції встановлюється аналогічне обладнання, з аналогічними характеристиками. Для реалізації захисту кабельної лінії, від струмів замикання на землю встановимо трансформатор струму нульової послідовності ТЗЛМ-10.

3.4 Розрахунок власних потреб

Навантаження власних потреб електрогенераторів на базі газопоршневих двигунів складає 3-4 %, від номінальної потужності установки, тобто

$$P_{в.п.} = (0,04 \cdot 1456) = 58,2 \text{ кВт.}$$

Таблиця 3.10 – Споживачі власних потреб електрогенераторної

Вид споживача	К-сть	Потужність на одиницю, Вт	Загальна потужність кВт
Охолоджувач нагнітаючого повітря, компресор, насос заміни масла, насоси мережевої води, вентиляція та інше	2	58.2	116
Внутрішнє освітлення	1	1.44	1.44
Разом			118

Таблиця 3.11 – Споживачі власних потреб трансформаторної підстанції

Вид споживача	К-сть	Потужність на одиницю, Вт	Загальна потужність кВт
Внутрішнє освітлення	1	0.79	0.79
Зовнішнє освітлення	1	0.42	0.42
Вентиляція	1	0.35	0.35
Разом			1.56

3.5 Вибір релейного захисту і автоматики

3.5.1 Розрахунок захисту генераторів

Генератор SR4B Caterpillar : $P_{ном} = 1165$ кВт, $U_{ном} = 0,4$ кВ, $\cos\varphi = 0,8$.

Захист генераторів до 1 кВ виконують за допомогою плавких запобіжників або автоматичних вимикачів. У нашому проекті використовуватимемо автоматичні вимикачі (рис. 3.7).

Встановлюваний вимикач BA07-325, з номінальним струмом відключення $I_{ном.в.} = 2500$ А має наступні типи захисту:

- МСЗ;
- захист від перевантаження;
- миттєва струмова відсічка.

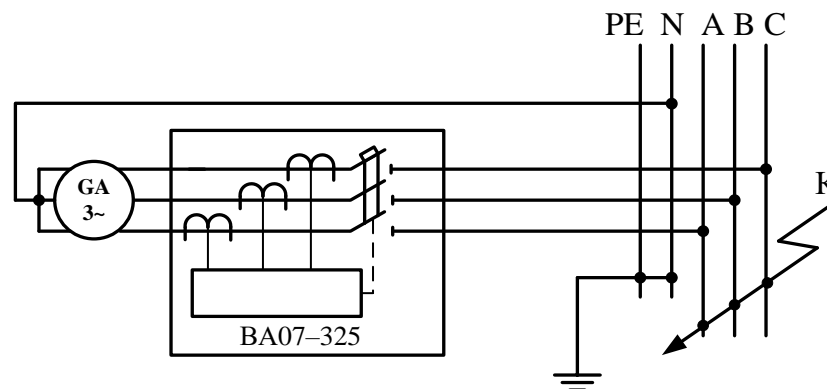


Рисунок 3.7 – Схема для розрахунку РЗ генератора

Розрахунок уставок МСЗ генератора. Струм уставки максимального розчеплювача з витримкою часу, яка обернено залежить від струму:

$$I_{ус.роз.} \geq (1,3 \div 1,6) I_{г.ном.};$$

$$I_{ус.роз.} \geq 1,4 \cdot 2102 = 2943 \text{ А.}$$

Далі по шкалі уставок автоматичного вимикача підбирається найближча велика уставка. Ряд уставок вживаного вимикача виглядає таким чином $I_{ном.в.} \times (1 - 1,5 - 2 - 2,5 - 3 - 4 - 6 - 8)$, тобто вибираємо $I_{ном.в.} \times 1,5$. Струм уставки максимального розчеплювача рівний:

$$I_{ус.роз.} = 1,5 \cdot I_{ном.в.};$$

$$I_{ус.роз.} = 1,5 \cdot 2500 = 3750 \text{ А.}$$

Струм уставки для МСЗ генераторів приймаємо рівним $I_{ус.роз.} = 3750 \text{ А}$.

Чутливість МСЗ перевіряється в сталому режимі трифазного КЗ на виводах генератора :

$$k_u = \frac{I_{к.мин}^{(3)}}{I_{ус.роз.}} \geq 1,5.$$

де $I_{к.мин}^{(3)} = I_{nt}^{(3)}(t = \infty)$.

$$k_u = \frac{5880}{3750} = 1,57.$$

Час спрацьовування визначимо по виразу:

$$t_{МСЗ} = t_{зов.} + \Delta t,$$

де $t_{зов.}$ – час відключення відходящих приєднань, с;

Δt – ступінь селективності, для захистів із застосуванням мікропроцесорів, рівний 0,3 с.

Час відключення відходящих приєднань, приклад рівним власному часу відключення захисних автоматичних вимикачів.

$$t_{МСЗ} = 0,03 + 0,3 = 0,33 \text{ с.}$$

Витримка часу МСЗ приймається $t_{МСЗ} = 0,33 \text{ с}$.

Розрахунок уставок захисту від перевантаження генератора. Струм спрацьовування захисту від перевантаження:

$$I_{пер.} \geq \frac{k_n}{k_n} \cdot I_{ном.г.},$$

де k_n – коефіцієнт повернення, для цифрових реле дорівнює 0,95;

k_H – коефіцієнт надійності, що враховує збільшення струму при різних перевантаженнях генератора, а також неточності розрахунку і налаштування реле, приймається 1,05;

$$I_{пер.} \geq \frac{1,05}{0,95} \cdot 2102 = 2323 \text{ А.}$$

Ряд уставок вимикача для захисту від перевантажень: $I_{ном.в.} \times (0,8-1,0-1,05-1,15)$. Вибираємо $I_{ном.в.} \times 1$. Струм уставки для захисту від перевантаження:

$$I_{ус.роз.} = 1 \cdot I_{ном.в.};$$

$$I_{пер.} = 1 \cdot 2500 = 2500 \text{ А.}$$

Струм уставки для захисту генераторів від перевантаження приймаємо $I_{ус.роз.} = 2500 \text{ А.}$

Витримка часу встановлюється більше витримки часу МСЗ генератора на ступінь селективності :

$$t_{пер.} 0,33 + 0,3 = 0,63 \text{ с.}$$

Витримка часу захисту від перевантаження приймається $t_{С.В.} = 0,63 \text{ с.}$

3.5.2 Розрахунок захисту трансформатора

Розрахуємо захист для трансформатора $ТМГ - 2500/10/0,4$, з схемою з'єднання $Y/Y_0 - 0$.

Максимальне навантаження трансформатора приймемо рівною $1,4 \cdot S_{ном.т.}$

Максимальний час захисту відходящих ліній від шин НН трансформатора дорівнює власному часу відключення автоматичних вимикачів, $t_{max} = 0,03 \text{ с.}$

Приведемо струми КЗ в табл. 3.12.

Таблиця 3.12 – Струми КЗ для розрахунку захисту трансформатора

ВН 10 кВ	НН 0,4 кВ	
$I_{max.}^{(3)} = 10,5 \text{ кА}; I_{min.}^{(3)} = 8,97 \text{ кА}$	$I_{HH.max}^{(3)} = 29,4 \text{ кА}$	$I_{HH.min}^{(3)} = 18,9 \text{ кА}$

Максимальний струмовий захист трансформатора і струмова відсічка виконані із застосуванням мікропроцесорного захисту "SEPAM T-20".

Пояснююча схема для розрахунку релейного захисту трансформатора зображена на рис. 3.8.

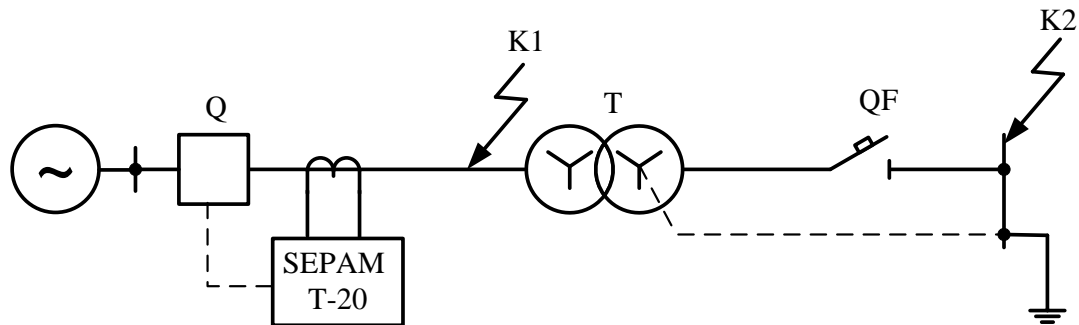


Рисунок 3.8 – Схема для розрахунку РЗ трансформатора

Уставка струмової відсічення вибирається по формулі:

$$I_{C.B.} = I_{\kappa}^{(3)} \cdot k_{нал.}$$

де $I_{\kappa}^{(3)}$ – значення струму трифазного КЗ на виводах обмотки 0,4 кВ, А.

$k_{нал}$ – коефіцієнт налаштування, враховує похибку при розрахунку значень струмів КЗ.

Для цифрових терміналів SEPAM, $k_{нал}$ приймається в діапазоні 1,1÷1,15.

$$I_{C.B.} = 18,9 \cdot \left(\frac{0,4}{10}\right) \cdot 1,1 \cdot 10^3 = 831,6 \text{ А.}$$

Захист не повинен спрацьовувати при включенні трансформатора від кидка струму намагнічення, :

$$I_{C.B.} = I_{ном.т.} \cdot k_{нал};$$

$$I_{C.B.} = \frac{2500}{\sqrt{3} \cdot 10,5} \cdot 1,1 = 151,2 \text{ А.}$$

Вибирається більший зі струмів спрацьовування захисту, тобто 831,6 А.

По відомому значенню струму трифазного знайдемо струм двофазного КЗ по формулі:

$$I_{\kappa}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot I_{\min}^{(3)};$$

$$I_{\kappa}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 8970 = 7768 \text{ А.}$$

Перевіримо коефіцієнт чутливості струмової відсічки :

$$k_{\text{ч}} = \frac{I_K^{(2)}}{I_{\text{С.В.}}} \geq 2;$$

$$k_{\text{ч}} = \frac{7768}{831,6} = 9,3.$$

Захист чутливий. Струмова відсічка діє тільки при пошкодженнях на виводах і частині обмотки ВН тому витримка часу струмової відсічки приймається $t_{\text{С.В.}} = 0$ с.

Захист має бути налаштований від максимально можливого струму навантаження, з врахуванням струмів самозапуску електродвигунів:

$$I_{\text{нав.ВН}}^{\text{max}} = \frac{S_{\text{нав. max}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном.ВН}}},$$

$$I_{\text{с.з.}} = \frac{k_n \cdot k_{\text{сзн}}}{k_n} \cdot I_{\text{нав. max}},$$

де $k_{\text{сзн}}$ – коефіцієнт самозапуску електродвигунів, приймається рівним $1,3 \div 1,5$;

$I_{\text{нав. max}}$ – максимальний струм навантаження, А.

Для цифрових терміналів SEPAM значення k_n набувають значень рівних 1,1, а k_n приймають 0,935. Максимальне навантаження приймаємо рівним сумарному розрахунковому навантаженню усього підприємства

$$\Sigma S_{\text{роз}} = 2548 \text{ кВ} \cdot \text{А}.$$

$$I_{\text{нав.ВН}}^{\text{max}} = \frac{2515}{\sqrt{3} \cdot 10} = 145,2 \text{ А};$$

$$I_{\text{с.з.}} = \frac{1,1 \cdot 1,3}{0,935} \cdot 145,2 = 222,1 \text{ А}.$$

Чутливість МСЗ перевіряється по коефіцієнту чутливості з боку 0,4 кВ:

$$k_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{нн}}^{(2)}}{I_{\text{с.з.}}} \geq 1,5,$$

де $I_{\text{нн}}^{(2)}$ – струм двофазного КЗ на виводах трансформатора з боку 0,4 кВ

$$k_u = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 18,9 \cdot \left(\frac{0,4}{10}\right) \cdot 10^3}{222,1} = 2,95.$$

Захист чутливий.

Час спрацьовування МСЗ визначаємо по формулі:

$$t_{МСЗ} = t_{сн.пер.} + \Delta t,$$

де $t_{сн.пер.}$ – час спрацьовування попереднього захисту, с, в нашому випадку автоматичний вимикач встановлений на стороні 0,4 кВ.

$$t_{МСЗ} = 0,03 + 0,3 = 0,33 \text{ с.}$$

Витримка часу МСЗ трансформатора приймається $t_{МСЗ} = 0,33 \text{ с.}$

Струм спрацьовування захисту від перевантаження:

$$I_{сзн} = \frac{k_{нал.}}{k_n} \cdot I_{ном.т};$$

$$I_{сзн} = \frac{1,1}{0,935} \cdot 137 = 161,2 \text{ А.}$$

Час спрацьовування захисту від симетричних перевантажень повинен перевищувати час спрацьовування основних захистів трансформатора.

$$t_{ПЕР} = t_{МСЗ} + \Delta t,$$

$$t_{ПЕР} = 0,33 + 0,3 = 0,63 \text{ с.}$$

Оскільки, захист від перевантаження діє на сигнал, то перевіряти чутливість немає необхідності. Витримка часу приймається $t_{пер} = 0,63 \text{ с.}$

3.5.3 Розрахунок захисту живлячої кабельної лінії

Релейний захист кабельної лінії виконаний із застосуванням терміналу захисту "SERAM S - 20" (рис. 3.9).

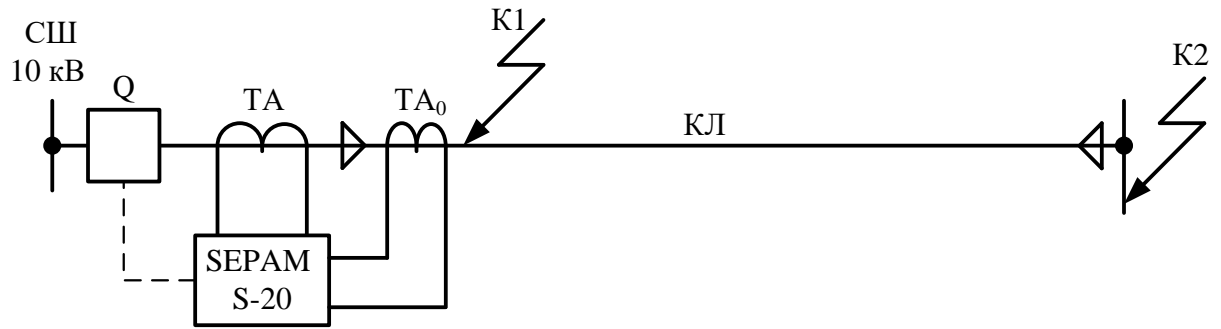


Рисунок 3.9 – Схема для розрахунку РЗ КЛ

Струм спрацювання максимального струмового захисту вибирається в амперах за двома умовами:

$$I_{с.з.} = \frac{k_n \cdot k_{сзн}}{k_n} \cdot I_{нав.ВН}^{max};$$

$$I_{с.з.} = \frac{1,1 \cdot 1,3}{0,935} \cdot 222,1 = 339,7 \text{ А.}$$

Узгодження чутливості захистів наступного і попереднього елементів мереж:

$$I_{с.з.наст.} \geq k_{н.у.} \cdot I_{с.з.попер.},$$

де $k_{н.у.}$ – коефіцієнт надійності узгодження, приймається рівним 1,1;

$I_{с.з.попер.}$ – струм спрацювання МСЗ попередніх елементів, А;

$$I_{с.з.наст.} \geq 1,1 \cdot 339,7 = 373,7 \text{ А.}$$

Вибираємо більший зі струмів спрацювання захисту, тобто 373,7 А.

Перевіримо чутливість захисту в основній і резервній зоні:

$$k_{ч.осн.} = \frac{I_{\kappa}^{(2)}}{I_{с.з.}} \geq 1,5;$$

$$k_{ч.рез.} = \frac{I_{\kappa}^{(2)}}{I_{с.з.}} \geq 1,2;$$

де $I_{\kappa}^{(2)}$ – струм двофазного КЗ у кінці захищеної лінії, прийmemo рівним струму на виводах 10 кВ трансформатора;

$$k_{ч.осн.} = \frac{7768}{373,7} = 20,7 ;$$

$$k_{ч.осн.} = \frac{18900 \cdot \left(\frac{0,4}{10}\right)}{373,7} = 2,0 .$$

Захист чутливий.

Витримка часу МСЗ вибирається більшою, ніж наступного елементу :

$$t_{с.з.} = t_{с.з.наст.} + \Delta t ,$$

де $t_{с.з.наст.}$ – найбільший час спрацьовування захисту наступного елементу, с, в нашому випадку $t_{мсз}$ трансформатора.

$$t_{с.з.} = 0,33 + 0,3 = 0,63 \text{ с.}$$

Витримка часу приймається $t_{с.з.} = 0,63$ с.

Вибір уставки струму спрацьовування вибирається по виразу:

$$I_{с.в.} = 10500 \cdot 1,1 = 11550 \text{ А;}$$

$$k_{ч} = \frac{\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 13200}{11550} = 0,99 \geq 1,2 .$$

Значення ємнісного струму лінії і, відповідно, сумарного ємнісного струму кабельної ліній усієї мережі можна орієнтовно визначити по формулі:

- для кабельних мереж

$$I_C = \frac{U_{ном} \cdot L_{КЛ}}{10} ;$$

- для повітряних мереж

$$I_C = \frac{U_{ном} \cdot L_{КЛ}}{350} ,$$

де $L_{КЛ}$ – довжина кабельної лінії, км.

Тоді для цієї КЛ:

$$I_C = \frac{10 \cdot 0,85}{10} = 0,85 \text{ А.}$$

Для інших відходящих ліній живлячої підстанції ємнісний струм визначається аналогічно, розрахунки зведемо в табл. 3.13.

Таблиця 3.13 – Значення ємнісного струму відходящих ліній

№ лінії	Тип лінії	$L_{кл},$ км	$I_c,$ А
1	3×АС 70	2.1	0.06
2	АСБ 3×240	1.2	1.2
3	АСБ 3×185	1.5	1.5
4	ААБл 3×240	1.4	1.4
5	АСБ 3×240	1.8	1.8
6	3×АС 70	1.9	0.05
7	ААШВ 3×70	2.2	2.2
8	ААБл 3×240	2.1	2.1
9	АСБ 3×185	1.1	1.1
10	ААШВ 3×185	2.2	2.2
11	ААБ 3×240	1.5	1.5
12	3×АС 70	1.4	0.04
13	АПВБПГ 3×70	0.85	0.9
Сума $I_{сз}, А$			16.0

При використанні SEPAM в якості вимірювального механізму захисту від однофазних замикань на землю селективна робота захисту в режимі ізольованої нейтралі може бути забезпечена за умови, коли сумарний ємнісний струм мережі $I_{сз}$ (мінімально можливий з усіх режимів роботи мережі) істотно перевищує власний ємнісний струм будь-якого фідера $I_{с.фід.мах}$ (при зовнішньому ОЗЗ).

Струм спрацьовування визначається по умові:

$$I_{с.з.} = k_n \cdot k_{кид.} \cdot I_{с.фід.мах}$$

де $k_{кид.}$ - коефіцієнт "кидка", кидок струму ємності, що враховується у момент замикання, а також здатність реагувати на нього.

Кидок ємнісного струму є аперіодичним процесом, який частково пригнічується фільтрами цифрових терміналів. Тому, при використанні для захисту від ОЗЗ цифрових реле серії SEPAM, $k_{кид.}$ може набувати значення :

$$k_{кид.} = 1 - 1,5.$$

$$I_{с.з.} = 1,1 \cdot 1,5 \cdot 0,85 = 1,4 А.$$

Коефіцієнт чутливості перевіряється по умові:

$$k_u = \frac{I_{C\Sigma}}{I_{c.з.}} \geq 1,5;$$

$$k_u = \frac{16}{1,4} = 11,4.$$

Захист чутливий.

Захист повинен працювати з мінімальною витримкою часу $t_{c.в.} = 50$ мс.

Захист діє на сигнал.

3.5.4 Розрахунок уставок АВР

Напруга спрацювання мінімального реле напруги має бути рівною:

$$U_{c.p.} \leq \frac{U_{нал.к.}}{k_{нал.}},$$

де $U_{нал.к.}$ – найменше розрахункове значення залишкової напруги при КЗ;

$k_{нал.}$ – коефіцієнт налаштування, приймається 1,2 для електронних реле.

Розрахуємо залишкову напругу на шинах 0,4 кВ при КЗ на генераторному розподільчому пристрої.

$$U_{нал.к.} = U_{ном.г} - I_{к}^{(3)} \cdot X_{\Sigma},$$

де Z_{Σ} – повний опір від шин джерела до місця КЗ, Ом.

$$U_{нал.к.} = 400 - 13,9 \cdot 16,6 = 170 \text{ В};$$

$$U_{c.p.} = \frac{170}{1,2} = 142 \text{ В}.$$

$$t_{п.о.} = t_{рз.нн} + \Delta t,$$

де $t_{рз.нн}$ – найбільша витримка часу захисту приєднань шин 0,4 кВ, с.

$$t_{п.о.} = 0,03 + 0,3 = 0,33 \text{ с}.$$

Витримка часу приймається $t_{c.з.} = 0,33$ с.

Для керування автоматичним включенням резерву встановимо блок управління "БУАВР.2С". БУАВР призначений для керування автоматичним переходом від основного джерела живлення до резервного і назад при неприпустимих відхиленнях напруги у фазах, асиметрії або перекосі фаз, зміні

порядку чергування фаз, обривах однієї або декількох фаз в "основній" або "резервній" мережах.

3.6 Розрахунок штучного освітлення

На підстанції і в електрогенераторній передбачено робоче освітлення. Територія навколо підстанції і електрогенераторної освітлюється прожекторами, що живляться від мережі змінного струму напругою 220 В. На підстанції передбачена система автоматичного і ручного включення зовнішнього освітлення. Ця система монтується в шафі власних потреб, що розташована в блоці РП 0,4 кВ і включає:

- контрольне фотореле ФР-7Е;
- ряд живлячих і захисних автоматичних вимикачів ВА47-29;
- контактор КМИ-34012;
- стаціонарний знижувальний трансформатор напруги змінного струму ОСМ1-0,1 220/5-22-220/36;
- штепсельну розетку на 220 В, для підключення додаткового електрообладнання РАР10-3-ОП;
- штепсельну розетку на 36 В для живлення переносних ремонтних світильників РШ-п-2;
- ручку перемикачів режиму роботи панелі зовнішнього освітлення двох положень (ручне включення, автоматичне включення).

Розрахунок освітлення робитимемо за допомогою програмного комплексу "DIALux".

3.6.1 Розрахунок внутрішнього освітлення

Виконаємо розрахунок штучного внутрішнього освітлення РП 0,4 кВ.

Площа РП 0,4 кВ:

$$S = a \cdot b$$

де a – ширина блоку, м;

b – довжина блоку, м;

$$S = 3,3 \cdot 8,25 = 27,2 \text{ м}^2.$$

Висота блоку 6 м.

Роботи, що проводяться там, відносяться до 2 розряду зорової роботи, тобто до роботи високої точності. Норма освітленості $E_n = 200$ лк [7].

Для освітлення використовуємо підвісний світильник LIGHTING TECHNOLOGIES – TOP 236 (72 Вт) : ККД світильника 55% [6]; світловий потік лампи світильника $\Phi_n = 6700$ лм. Цей світильник має вбудовану електронну пускорегулюючу апаратуру (ЕПРА).

Висота підвісу світильників, має бути не більше 5 м при обслуговуванні зі сходів і драбин, приймаємо висоту підвісу 5 м.

Величина необхідної освітленості визначається по формулі:

$$E_{необ.} = E_n \cdot K_3$$

де K_3 – коефіцієнт запасу враховує характеристику приміщення і експлуатаційну групу світильників [7].

$$E_{необ.} = 200 \cdot 1,4 = 280 \text{ лк.}$$

На рис. 3.10 представимо ізолінії освітленості на рівні робочої площини.

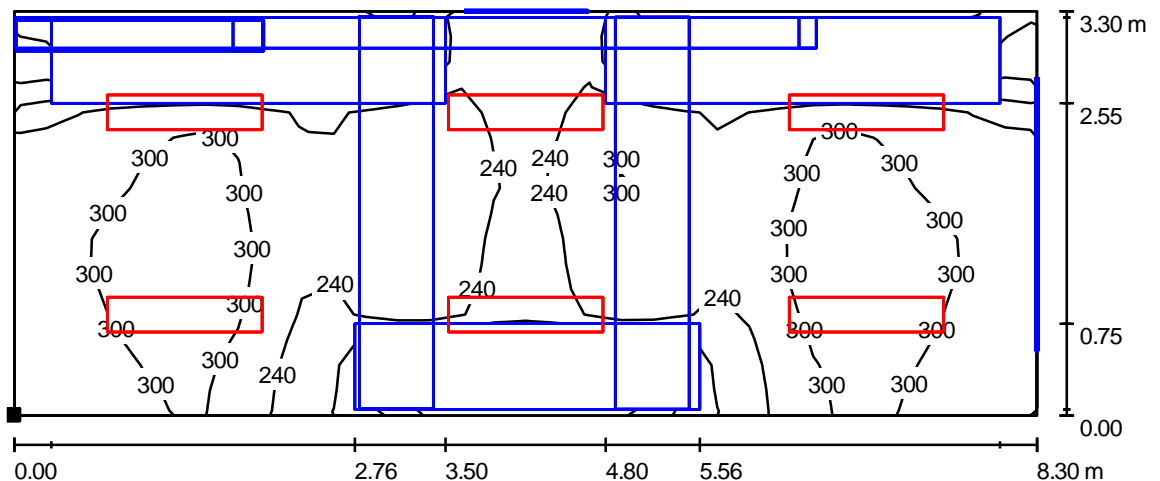


Рисунок 3.10 – Ізолінії внутрішньої освітленості

Розрахунок для інших блоків трансформаторної підстанції і електрогенераторної виконаємо аналогічно. Результати за розрахунками внутрішнього освітлення приведемо в табл. 3.14.

Таблиця 3.17 – Результати розрахунку внутрішнього освітлення

Приміщення	Розміри Д×Ш×В м	$E_{необ}$ лк	Світильник			Потужність освітлювальної установки Вт
			Модель*	n шт	Потуж- ність Вт	
РП-10 кВ	2,7×4×3,5	280	CD-218	4	36	144
РП-0,4 кВ	8,25×3,3×6	280	TOP-236	6	72	432
Трансформа- торний відсік	2×4×3,5	280	CD-218	6	36	216
Електрогенера- торна	8,25×18×6	280	TOP 236	20	72	1440

*встановлюються світильники фірми LIGHTING TECHNOLOGIES

Для комутації освітлювальних приладів для кожного блоку застосовуємо автоматичний вимикач *IEC BA 47 – 63, 1P 1A (B)*. Підв'язування світильників і комутаційних апаратів робиться проводом *ПВС 3×2,5*, оскільки усі сучасні світильники мають окрему клему на корпусі для захисного провідника заземлення.

3.6.2 Розрахунок зовнішнього освітлення

Для розрахунку зовнішнього освітлення нам необхідно:

- ввести зовнішню площу освітлення;
- ввести елемент підлоги, тобто вказати матеріал з якої зроблена підлога, в нашому випадку асфальто-бетонне покриття;
- ввести об'єкти, в нашому випадку підстанція і електрогенераторна і прилеглий до них цех;
- визначити нормоване значення освітленості, E_{min} , лк;
- ввести світильники.

Після обробки площі освітлення необхідно визначити необхідне значення освітленості – роботи і маніпуляції, що проводяться поза підстанцією відносяться до тринадцятого розряду, якому відповідає $E_{min} = 5 \text{ лк}$, з урахуванням $K_3 = 1,5$, необхідне значення освітленості $E_{необ.} = 7,5 \text{ лк}$. Для

освітлення використовуємо прожектори зовнішнього встановлення
LIGHTINGTECHNOLOGIES-LEADER A 70H:

- ККД прожектора $\eta_{np} = 78 \%$;
- потужність лампи – 70 Вт ;
- світловий потік лампи прожектора $\Phi_n = 5700 \text{ лм}$.

Висота встановлення світильників з напівшироким розподілом світла при світловому потоці 5000 – 10000 лм (при розрядних лампах) – не менше 8 м Але допускається не обмежувати висоту підвісу, тому, в нашому випадку висота підвісу дорівнює 6 м, тобто висота будівлі електрогенераторної.

Після введення усіх даних програма розраховує усі параметри і створює проект, в якому відображені усі результати світлотехнічного розрахунку.

Покажемо ізолінії на рис. 3.14.

Кількість світильників необхідних для освітлення дорівнює 6 шт.,
Потужність освітлювальної установки складає $6 \cdot 70 = 420 \text{ Вт}$.

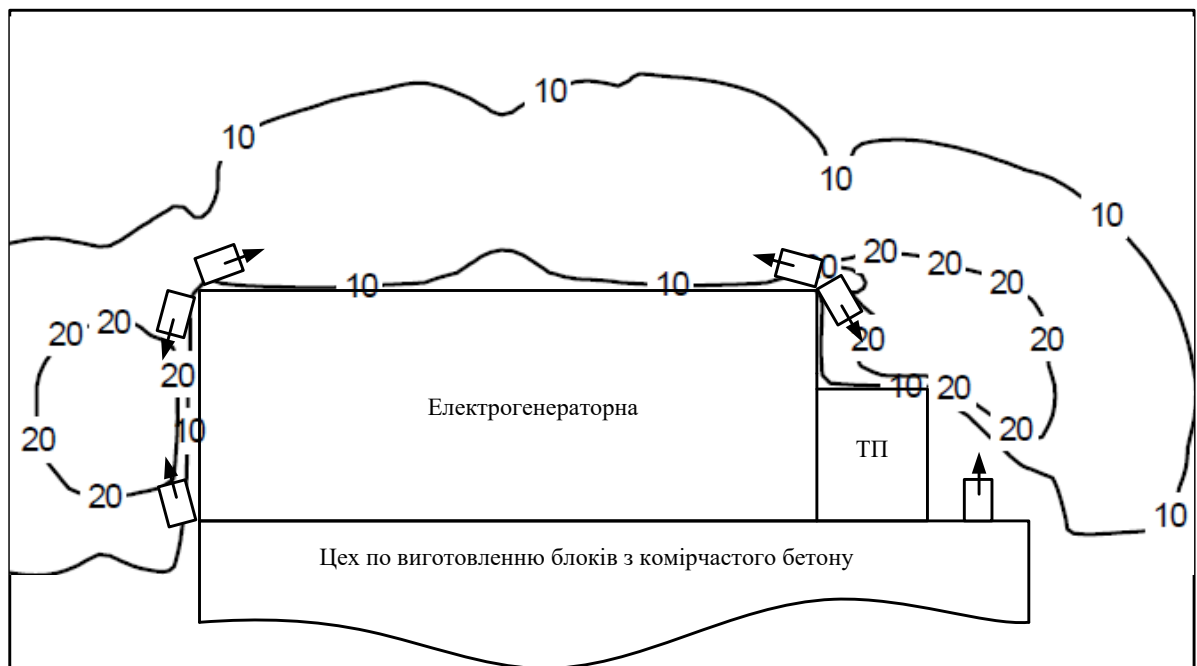


Рисунок 3.14 – Ізолінії зовнішньої освітленості

3.7 Висновки до розділу 3

В даному розділі проведено вибір лічильників технологічного і комерційного обліку електроенергії. Місцем підключення до зовнішньої енергосистеми була вибрана місцева підстанція 110/10 кВ, таке рішення було прийняте з причини малої віддаленості від підприємства, а також той факт, що на цій підстанції встановлено сучасне устаткування, що забезпечує надійність в електропостачанні.

Також були розраховані МСЗ і захист від перевантаження генераторів із застосуванням автоматичних вимикачів серії ВА07 виробництва компанії ІЕК. Для захисту трансформатора були розраховані МСЗ, СВ і захист від перевантаження із застосуванням мікропроцесорного пристрою Seram T-20. Для захисту живлячої кабельної лінії був розрахований МСЗ на пристрої Seram S-20, також для кабельної лінії передбачили захист від замикань на землю. Для керування автоматичним введенням резерву прийняли до встановлення 2 незалежні блоки управління БУАВР.

Здійснено розробку схеми освітлення цеху, та способи кріплення світильників. Для внутрішнього освітлення використовуються люмінесцентні світильники TOP236 та світильники з компактними люмінесцентними лампами CD 218. Для зовнішнього освітлення використовуються світильники марки LEADER A-70H. Також представлені криві сили світла для кожного світильника.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Забезпечення електробезпеки обслуговуючого персоналу

Статистика електротравматизму в Україні показує, що смертельні ураження електричним струмом складають 2,7% від загального числа смертельних випадків, що непропорційно багато відносно травматизму взагалі. Це означає, що електротравматизм носить по перевазі смертельний характер. Слід зазначити, що число нещасних випадків в електроустановках напругою до 1000 В у 3 рази більше, ніж в електроустановках напругою вище 1000 В.

Це пояснюється тим, що установки напругою до 1000 В застосовуються ширше, а також тим, що контакт з електроустаткуванням тут має більше число людей, як правило, що не мають електротехнічної спеціальності. Електрообладнання вище 1000 В поширено менше, і до його обслуговування допускаються тільки висококваліфіковані електрики.

Для забезпечення електробезпеки кожне з приміщень окільцьовують шиною заземлення – внутрішній заземлюючий пристрій, розташований на висоті 0,5 м від підлоги і забезпечений надійними контактами. Опір шини заземлення в будь-якому місці не повинен перевищувати 4 Ом. Усі корпуси електродвигунів, а також металеві частини обладнання, які можуть виявитися під напругою, зануляються. Для цього використовується провід марки ПВЗ, переріз якого вибирається згідно [1].

У РП 10 кВ і РП 0,4 кВ будуть встановлені КРП заводського виконання, тому спеціальних засобів захисту не передбачаємо. Необхідно тільки занулити корпус електроустановки, а також заземлити введення/виведення кабельних ліній. Також необхідно керуватися інструкціями по монтажу на це обладнання.

Також передбачимо такі захисні засоби, для забезпечення безпечних робіт:

- гумові діелектричні рукавички SPERIAN Э29-34 (2 пари);
- килимок діелектричний 500 × 500 мм (4 шт.);

- переносні заземлення ПЗП-1 (1 шт.) і ЗРЛ-10 (2 шт.);
- покажчики напруги УНН-1Д (1 шт.) і УВН-1Д (1 шт.);
- комплект попереджувальних плакатів : "Стій напруга", "Працювати тут", "Заземлено", "Не включати! Працюють люди", "Не включати! Робота на лінії", "Не влізай уб'є".

Увесь обслуговуючий персонал повинен мати відповідні групи допуску:

- >II – для персоналу, який обслуговує електроустановки до 1000 В,
- >IV – для персоналу, який обслуговує електроустановки понад 1000 В.

4.2 Розрахунок захисного заземлення

Територія, на якій розміщується підстанція, обладнується заземлюючим пристроєм, основною функцією якого є захист обслуговуючого персоналу від ураження електричним струмом. Для захисту електротехнічного персоналу в приміщеннях електрогенераторної і трансформаторної підстанції передбачаємо два взаємозв'язані заземлюючі пристрої. І у зв'язку з тим, що електрогенераторна і підстанція є прибудованими, то необхідно розрахувати виносне заземлення.

При виносній системі заземлення заземлювачі розташовуються на деякій відстані від заземленого обладнання. Тому заземлене обладнання знаходиться поза полем розтікання струму і людина, торкаючись його, опиниться під повною напругою відносно землі. Виносне заземлення захищає тільки за рахунок малого опору ґрунту.

При використанні заземлюючого пристрою одночасно для електроустановок напруга вище 1000 В мережі з ізольованою нейтраллю і для електроустановок до 1000 В з глухозаземленою нейтраллю, опір заземлюючого пристрою має бути не більше 4 Ом при лінійній напрузі 380 В.

Передбачуваний контур штучного заземлення має форму прямокутника. Заземлювач передбачається виконати з вертикальних сталевих електродів завдовжки 3 метри. Верхні кінці вертикальних електродів з'єднуються за

допомогою горизонтального електроду – сталевий смуги розміром 40×4 мм, укладеної в землю на глибину 0,5 м.

Початкові дані для розрахунку штучних заземлювачів зведені в табл. 4.1. Розрахунок заземлюючого пристрою робитимемо згідно [24].

Таблиця 4.1 – Початкові дані для розрахунку захисного заземлення

Вид заземлення	виносне
Довжина вертикального електроду l , м	3
Діаметр вертикального електроду, м	0,016
Глибина заставляння заземлювачів у ґрунт h , м	0,5
Питомий опір ґрунту ρ , Ом·м	50
Кліматична зона	II
Розміри горизонтального електроду $b \times c$, мм	40 × 4
Опір заземлюючого пристрою $R_{з.п.}$, Ом	4

Визначаємо значення електричного опору розтіканню струму в землю з поодинокого заземлювача:

$$R_3 = \frac{\rho \cdot K_c}{2 \cdot \pi \cdot l} \left(\ln \frac{2 \cdot l}{d} + 0,5 \cdot \ln \frac{4t + l}{4t - l} \right),$$

де ρ – питомий опір ґрунту, Ом · м;

K_c – коефіцієнт сезонності, що враховує промерзання і просихання ґрунту, в нашому випадку рівний 2;

l – довжина вертикального електроду, м;

d – діаметр вертикального електроду, м;

t – відстань від поверхні ґрунту до середини вертикального електроду, м.

$$t = h + 0,5 \cdot l,$$

де h – глибина заставляння заземлювача в ґрунт, м

$$t = 0,5 + 0,5 \cdot 3 = 2 \text{ м};$$

$$R_3 = \frac{50 \cdot 2}{2 \cdot 3,14 \cdot 3} \left(\ln \frac{2 \cdot 3}{0,016} + 0,5 \cdot \ln \frac{4 \cdot 2 + 3}{4 \cdot 2 - 3} \right) = 33,6 \text{ Ом}.$$

Розраховуємо число заземлювачів без урахування взаємних перешкод, що

робляться заземлювачі один одному, так званим явищем взаємного екранування:

$$n' = \frac{R_{з.}}{R_{з.П}};$$

$$n' = \frac{33,6}{4} = 8,4 \approx 8 \text{ шт.}$$

Розраховуємо число вертикальних електродів з врахуванням екранування.

$$n = \frac{n'}{\eta_3}$$

де η_3 – коефіцієнт екранування.

Коефіцієнт екранування приймаємо по [24], за умови, що відстань між вертикальними електродами $a = l = 3$ м (рис. 4.1).

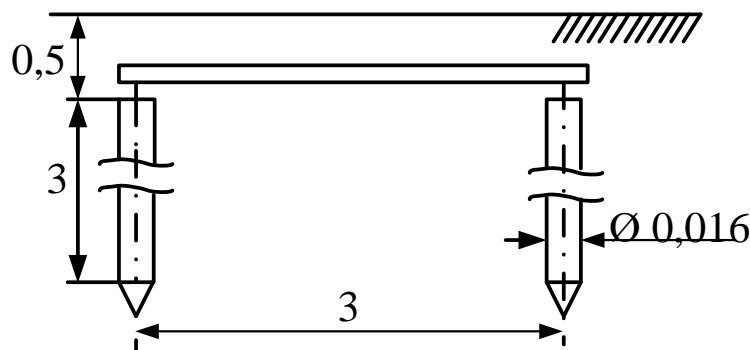


Рисунок 4.1 – Схема розташування вертикальних електродів

$$n = \frac{n'}{0,49} = \frac{8}{0,58} = 13,8 \approx 14 \text{ шт.}$$

Визначаємо довжину сполучної смуги :

$$l_{П} = 1,05 \cdot n \cdot a;$$

$$l_{П} = 1,05 \cdot 14 \cdot 3 = 44,1 \text{ м.}$$

Розраховуємо повне значення опору розтіканню струму зі сполучної смуги:

$$R_{П} = \frac{\rho \cdot K_c}{2 \cdot \pi \cdot l_{П}} \ln \frac{l_{П}^2}{0,5 \cdot b \cdot h},$$

де b – ширина сполучної смуги, м.

$$R_{II} = \frac{50 \cdot 2}{2 \cdot 3,14 \cdot 44,1} \ln \frac{44,1^2}{0,5 \cdot 0,04 \cdot 0,5} = 4,4 \text{ Ом.}$$

Розраховуємо повне значення опору заземлюючого пристрою :

$$R_{zn} = \frac{R_3 \cdot R_n}{R_3 \cdot \eta_n + R_n \cdot \eta_3 \cdot n},$$

де η_3 – коефіцієнт екранування смуги, [24];

$$R_{zn} = \frac{33,6 \cdot 4,4}{33,6 \cdot 0,46 + 4,4 \cdot 0,58 \cdot 14} = 2,9 \text{ Ом.}$$

Опір $R_{zn} = 2,9$ Ом менше допустимого опору рівного 4 Ом. Отже, розрахована система заземлення забезпечує захист при виносній схемі розташування заземлювачів. Це значення R_{zn} розраховане для заземлюючого пристрою електрогенераторної, для ТП значення $R_{zn} = 2,72$ Ом, зменшене значення опору пояснюється більшою довжиною горизонтального електроду.

4.3 Порядок дії працівників підприємства під час виникнення пожежі

При виникненні пожежі дії працівників заводу, залучених до її гасіння, мають бути спрямовані на створення безпеки працівників та відвідувачів, їх евакуацію та рятування.

Кожен працівник, який виявив пожежу або її ознаки (задимлення, запах горіння або тління різних матеріалів, підвищення температури у приміщенні тощо), зобов'язаний:

- негайно повідомити про це за тел.101 пожежну частину (при цьому слід чітко назвати адресу об'єкта, місце виникнення пожежі, а також свою посаду та прізвище);
- задіяти систему оповіщення людей про пожежу;
- розпочати самому і залучити інших до евакуації людей із будівлі до безпечного місця згідно з планом евакуації;
- сповістити про пожежу керівника закладу або його заступника.

Начальник цеху де сталася пожежа або його заступник, який прибув на місце пожежі, зобов'язаний:

- перевірити чи повідомити пожежну охорону про виникнення пожежі;
- здійснити керівництво, евакуацію людей та гасіння пожежі до прибуття пожежних підрозділів. організувати перевірку наявності всіх людей, евакуйованих із будівлі за списками;
- виділити для зустрічі пожежних підрозділів особу, яка добре знає розміщення під'їздних шляхів або вододжерел;
- вивести з небезпечної зони всіх працівників, не зайнятих ліквідацією пожежі;
- при необхідності викликати до місця пожежі медичну та інші служби;
- припинити всі роботи, не пов'язані із заходами щодо ліквідації пожежі;
- організувати відключення мереж електро- і газопостачання, зупинку системи вентиляції та кондиціонування повітря і здійснення інших заходів, які сприяють запобіганню поширення пожежі;
- забезпечити безпеку людей, які беруть участь в евакуації та в гасінні пожежі від можливих обвалів конструкцій, дії токсичних продуктів горіння і підвищених температур, уражених електрострумом тощо;
- організувати евакуацію матеріальних цінностей із небезпечної зони, визначити місця їх складання і забезпечити, при потребі, їх охорону;
- інформувати керівника пожежного підрозділу про наявність людей у будівлі.

Під час проведення евакуації та гасіння пожежі необхідно:

- з урахуванням обстановки, що склалася, визначити найбезпечніші евакуаційні шляхи і виходи до безпечної зони у найкоротший термін;

- евакуацію людей слід починати з приміщення, в якому виникла пожежа, і в суміжних з ним приміщеннях, яким загрожує небезпека поширення вогню і продуктів горіння;

- виставити пост безпеки біля входу у будівлю, щоб працівники не повертались туди, де виникла пожежа;

- при гасінні слід намагатися в першу чергу забезпечити сприятливі умови для безпечної евакуації людей;

- слід утримуватись від відчинення вікон і дверей, а також від розбивання скла, щоб зменшити ймовірність поширення вогню і диму до суміжних приміщень.

Залишаючи приміщення або будівлі, що постраждали від пожежі, необхідно зачиняти всі двері та вікна.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В даній роботі магістра здійснено розробку, а також впровадження заходів для забезпечення надійного і якісного електроживлення технологічного і допоміжного обладнання підприємства з виготовлення будівельних матеріалів.

Отримані наступні результати:

1. Наявність на цьому підприємстві дорогого обладнання, а також складного технологічного процесу, змушує до забезпечення високих вимог до якості і надійності електропостачання, тому було прийнято рішення про установку автономних джерел живлення.

2. Електропостачання підприємства здійснюється від автономних джерел живлення – когенераційних генераторних установок Caterpillar потужністю $P_{ном} = 1165$ кВт, з резервуванням від зовнішньої енергосистеми. В якості резервного джерела встановлений трансформатор типу ТМГ - 1600/10.

3. Проведений розрахунок навантаження цехів підприємства, виконано розрахунок робочого освітлення і визначений центр електричних навантажень, з урахуванням якого було вибрано місцезоташування електрогенераторної.

4. Вибрані живлячі лінії для цехових електроприймачів, живлячі лінії для цехів і комутаційно-захисні апарати. При побудові головної схеми електропостачання керувалися усіма можливими режимами роботи, які можуть виникнути при експлуатації, а також наслідками при перебоях електропостачання.

5. Розраховані струми короткого замикання, на основі яких здійснено вибір і перевірку електрообладнання проектованої електрогенераторної і трансформаторної підстанції.

6. Проведено вибір лічильників технологічного і комерційного обліку електроенергії. Місцем підключення до зовнішньої енергосистеми була вибрана місцева підстанція 110/10 кВ, таке рішення було прийняте з причини малої віддаленості від підприємства, а також той факт, що на цій підстанції

встановлено сучасне електрообладнання, що забезпечує надійність в електропостачанні.

7. Розраховані МСЗ і захист від перевантаження генераторів із застосуванням автоматичних вимикачів серії ВА07 виробництва компанії ІЕК. Для захисту трансформатора були розраховані МСЗ, СВ і захист від перевантаження із застосуванням мікропроцесорного пристрою Seram T-20. Для захисту живлячої кабельної лінії був розрахований МСЗ на пристрої Seram S-20, також для кабельної лінії передбачили захист від замикань на землю. Для керування автоматичним введенням резерву прийняли до встановлення 2 незалежні блоки управління БУАВР.

8. Для захисту обслуговуючого персоналу від ураження електричним струмом спроектовано контур захисного заземлення. Також для додаткового захисту персоналу передбачили застосування додаткових засобів захисту при виконанні робіт, таких як: переносні заземлювачі, покажчики напруги, застосування різних попереджувальних плакатів і індивідуальних засобів захисту.

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. Маліновський А.А., Хохулін Б.К. «Основи електропостачання», Національний університет «Львівська політехніка», 2005.
5. Правила устройства электроустановок ПУЭ. 7-е изд., переработанное и дополненное – М.: Энергоатомиздат, 2005. – 640 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. Г.Я. Вагин, Н.Н. Головкин. Повышение надежности систем энергоснабжения промышленных предприятий путем сооружения собственных мини-ТЭЦ. Промышленная электроэнергетика и электротехника, № 1, 2006.
8. Когенерационная генераторная установка с газовым двигателем G3516B: техническое описание, 2009.
9. РД 153-34.0-20.527-98. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования.
10. Комплектные распределительные устройства КРУ D – 12P: руководство по эксплуатации, Российская группа компаний «Таврида электрик», 2011.
11. Шабад М.А. Защита генераторов малой и средней мощности. – М.:НТФ Энергопресс, 2001. – 95 с.

12. Методика расчета защит Seram: техническая коллекция Schneider Electric, выпуск №3.
13. М.А. Беркович Автоматика энергосистем / М.А. Беркович, В.А. Гладышев, В.А. Семенов – М.:Энергоатомиздат, 1991. – 238 с.
14. Соболев Ю. И. Расчет зануления на соответствие правилам безопасности: [методическое пособие] / Соболев Ю. И., Бородин А. И. – НГТУ, 2004 г.
15. Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений. РД 34.21.122-87/Минэнерго СССР. - М.: Энергоатомиздат, 1989. - 56 с.
16. М.С. Сегеда «Електричні мережі та системи». Підручник - Львів. Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2007.
17. Вказівки з розрахунку електричних навантажень Розрахунок електричних навантажень РТМ 36.18 32.4 92.
18. Дяків, А.Ф. Проблеми надійності і безпеки електропостачання споживачів // Енергетик. 2006. № 2.
19. Малкин, П. А. Нормативи надійності при перспективному проектуванні розвитку енергосистем // Методичні питання дослідження надійності великих систем енергетики. Вип. 57. Завдання надійності систем енергетики для суб'єктів стосунків в енергетичних ринках. - Київ: Знання України, 2007. С. 10-11.
20. Бондаренко, А.Ф. Про трактування критерію надійності N - 1 / А.Ф. Бондаренко, В. П. Герих // Електричні станції. 2005. № 6. Концепція забезпечення надійності в електроенергетиці. -, 2004. Надійність систем енергетики. Збірка рекомендованих термінів. - 2007. - 192 с.
21. Папков, Б.В. Надійність і ефективність електропостачання / Б.В. Папков; НГТУ ім. Р. Е. Алексєєва. - 1996. - 212 с.
22. 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.