

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
АЕРОКОСМІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач випускової кафедри
_____ В.П. Захарченко
« ____ » _____ 2020 р.

ДИПЛОМНА РОБОТА

(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТР

ЗА СПЕЦІАЛЬНІСТЮ 141 «ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА
ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА»

**Тема: «Енергоефективна модернізована система електропостачання
кисневого цеху ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ»**

Виконавець студент групи ЕС-213М Рябченко Дмитро Віталійович
(студент, група, прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник к.т.н., доцент Ільєнко Сергій Сергійович
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

Консультант розділу «Охорона праці»: _____ С.М. Занько _____
(підпис) (ПБ)

Консультант розділу «Охорона
навколишнього середовища»: _____ С.М. Маджд _____
(підпис) (ПБ)

Нормоконтролер: _____ С.С. Ільєнко _____
(підпис) (ПБ)

КИЇВ 2020

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет аерокосмічний

Кафедра автоматизації та енергоменеджменту

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

(шифр, найменування)

Освітньо-професійна програма «Енергетичний менеджмент»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

В.П. Захарченко

«05» жовтня 2020 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання дипломної роботи (проекту)

Рябченка Дмитра Віталійовича

(П.І.Б. випускника)

1. Тема роботи (проекту) «Енергоефективна модернізована система електропостачання кисневого цеху ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ» затверджена наказом ректора від «30» вересня 2020 р. №1835/ст.
2. Термін виконання роботи (проекту): з 05.10.2020 р. по 27.12.2020 р.
3. Вихідні дані до роботи (проекту): застосувати наукові та інженерно-технічні підходи щодо забезпечення якісного електропостачання та енергоефективної експлуатації системи електропостачання кисневого цеху в структурі ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ». Врахувати, що система електропостачання кисневого цеху являється складовою підсистемою в загальній системі СЕП всього ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ», а режими їх роботи взаємозалежні.
4. Зміст пояснювальної записки: Аналіз експлуатації системи електропостачання ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ». Особливості роботи системи електропостачання кисневого цеху ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ». Підвищення ефективності експлуатації системи електропостачання цеху ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ». Методи та способи забезпечення експлуатаційних характеристик енергоефективної експлуатації СЕП кисневого цеху ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ». Охорона праці та охорона навколишнього середовища.
5. Перелік обов'язкового ілюстративного матеріалу: структурна схема розподілу силової частини ТП ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ»; типова ЦРП цеху промислового призначення з розподілом захисної та комутаційної апаратури; ЦРП секцій №1 та №2 електроспоживачів кисневого цеху ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ»; Схема розрахунку струмів КЗ в мережі ТП 35/6 кВ; Змішана схема компенсації реактивної потужності СЕП кисневого цеху; Схема підключення ЖБД до фідеру ЦРП СЕП дослідного кисневого цеху

6. Календарний план-графік

№ пор.	Завдання	Термін Виконання	Підпис керівника
1.	Аналіз та обґрунтування вибору інформаційних джерел	12.09 – 17.09.20	
2.	Збір та аналіз даних інформаційного характеру. Обґрунтування вибору рішення щодо тематики дослідження	18.09 – 30.09.20	
3.	Ознайомлення з структурою СЕП кисневого цеху як підсистеми СЕП ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ». Обробка відповідного технічного матеріалу.	01.10 – 14.10.20	
4.	Робота над розділом №1	15.10 – 30.10.20	
5.	Робота над розділом №2	01.11 – 14.11.20	
6.	Робота над розділом №3.	14.11 – 25.11.20	
7.	Розгляд питання охорони праці	Після отримання завдання	
8.	Розгляд питання охорони навколишнього середовища	Після отримання завдання	
9.	Робота над оформленням обов'язкового ілюстрованого матеріалу, оформлення пояснювальної записки	15.11 – 20.12.20	
10.	Перевірка роботи на добросовісність. Підготовка до захисту	Після передзахисту	

7. Консультанти з окремих розділів

Розділ	Консультант (посада, П.І.Б.)	Дата, підпис	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	Занько С.М.		
Охорона навколишнього середовища	Маджд С.М.		

8. Дата видачі завдання: «30» вересня 2020 р.

Керівник дипломної роботи (проекту)

Ільєнко С.С.
 (підпис керівника) (П.І.Б.)

Завдання прийняв до виконання

Рябченко Д.В.
 (підпис випускника) (П.І.Б.)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної роботи «Енергоефективна модернізована система електропостачання кисневого цеху ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ»: ____сторінок, ____ рисунків, ____ таблиці, ____ використаних джерел.

ПАО «МЕТАЛУРГІЙНИЙ КОМБІНАТ АЗОВСТАЛЬ», КИСНЕВИЙ ЦЕХ, СИСТЕМА ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, ЕНЕГРОЕФЕКТИВНІСТЬ, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, МОДЕРНІЗАЦІЯ, НАДІЙНІСТЬ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ.

Об'єкт дослідження: підвищення енергоефективності експлуатації модернізованої системи електропостачання кисневого цеху ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ» за рахунок впровадження енергоефективних технологій підвищення ефективності та надійності її роботи.

Предмет дослідження: система електропостачання кисневого цеху як взаємозалежна підсистема в структурі загальної системи електропостачання ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ».

Мета дипломної роботи: впровадження комплексу наукоємних заходів модернізації системи електропостачання кисневого цеху ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ» для забезпечення її надійної та енергоефективної експлуатації.

Застосовані **методи дослідження:** інструментальні методи оцінки якості параметрів та функціонування СЕП кисневого цеху ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ», інформаційні методи контролю параметрів СЕП, кисневого цеху ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ».

Матеріали дипломної роботи можуть бути використані в навчальному процесі підготовки інженерів-енергоменеджерів (також стосується підготовки студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»), та практичній діяльності підприємств промислового призначення

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПАО «МЕТАЛУРГІЙНИЙ КОМБІНАТ АЗОВСТАЛЬ».....	11
1.1. Аналіз системи електропостачання ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ». Основна трансформаторна підстанція 35/6 кВ, розміщення та схеми живлення підсистем та обладнання.....	11
1.2. Аналіз загальних кабельних мереж системи електропостачання ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ».....	19
1.3. Аналіз способів прокладання кабельних ліній та кабельних конструкцій в умовах ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ».....	25
РОЗДІЛ 2. ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ КИСНЕВОГО ЦЕХУ ПАО «МЕТАЛУРГІЙНИЙ КОМБІНАТ АЗОВСТАЛЬ».....	30
2.1. Типові схеми живлення та комутаційна апаратура споживачів промислових цехів. Особливості електропостачання СЕП кисневого цеху ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ».....	30
2.2. Розрахунок електричних параметрів та обладнання підводу електроенергії від ПР 6 кВ до кисневого цеху ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ».....	35
2.3. Методика розрахунку потужності споживачів енергії та вибору енергоефективного комутаційного та захисного обладнання цеху.....	39
2.4. Розрахунок струмів короткого замикання на шинах 6-35 кВ та в кабельних ЛЕП 6 кВ.....	44
РОЗДІЛ 3. ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ КИСНЕВОГО ЦЕХУ ПАО «МЕТАЛУРГІЙНИЙ КОМБІНАТ АЗОВСТАЛЬ».....	52
3.1. Засоби компенсації реактивної потужності та економічна доцільність вибору таких засобів для кисневого цеху ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ».....	52
3.2. Вибір автономного безперебійного джерела живлення на основі дизель-	

електричного генератора для електроспоживачів першої категорії електропостачання кисневого цеху комбінату.....	58
3.3. Обґрунтування вибору енергоефективної системи освітлення кисневого цеху комбінату.....	62
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	68
4.1. Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів при роботі у кисневому цеху.....	68
4.2. Організаційні та технічні заходи для зниження впливу шкідливих виробничих факторів.....	72
4.3. Забезпечення пожежної та вибухової безпеки при роботі з киснем.....	77
4.4. Інструкція з охорони праці при роботі з кисневим обладнанням.....	79
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	81
5.1. Вплив на навколишнє середовище електрокабелів та кабельних конструкцій кисневого цеху.....	81
5.2. Запобігання негативного впливу електрокабелів, та кабельних конструкції на навколишнього середовище.....	85
5.3.Правова охорона навколишнього середовища як фактор запобігання негативного впливу.....	88
ВИСНОВКИ.....	92
СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	94

СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

- СЕП – система електропостачання
- НТД – нормативно технічна документація
- ТП - трансформаторна підстанція
- РП — розподільчий пристрій
- КРП — комплексний розподільчий пристрій
- ОГ – особлива група електропостачання
- ЛЕП – лінія електропередач (також кабельна ЛЕП)
- ПЛ — повітряні лінії;
- КЗ – коротке замикання
- АВР - автоматичне введення резерву
- АД – асинхронний двигун
- СД – синхронний двигун
- ВРП – ввідно-розподільний пристрій
- ЕП – електроприймач
- ДРП – джерело реактивної потужності
- КБ – конденсаторна батарея
- ККУ – комплексна конденсаторна установка
- КП – компенсувальний пристрій
- ДБЖ – джерел безперебійного живлення
- ВН – висока напруга;
- ГПП – головна понижувальна підстанція
- ЗТП – закрита трансформаторна підстанція
- ККД– коефіцієнт корисної дії
- КРП– комплектний розподільчий пристрій
- КТП – комплектна трансформаторна підстанція
- НН – низька напруга;
- РПН – регулювання напруги під навантаженням
- НН – низька напруга

ВСТУП

Актуальність: Системи електропостачання багатьох промислових підприємств України, які введені в експлуатацію як в радянський період, так і в перші десятиліття незалежності, є наразі актуальним завданням сьогодення в зв'язку з негайними потребами ефективного управління цими підприємствами та належною конкурентоздатністю продукції як на внутрішньому, так і на зовнішніх світових ринках. І чим більша частка енергоефективності в собівартості продукції, тим більша складова прибутку в кінцевому ціноутворенні продукції підприємства. В досягненні цього результату зацікавлені як приватні власники підприємств, так і державні підприємства, оскільки кінцевий результат збуту конкурентоздатної продукції не тільки збільшує надходження до державного бюджету України в вигляді податків, а й закріплює підприємства на світових ринках. Такі загальнодержавні правила світової ринкової економіки та конкурентноспроможного виробництва. Винятком є стратегічна державна політика, військово-промисловий комплекс, політика безпеки держави, що обґрунтовує дотації з державного бюджету.

ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ» є підприємством, продукція якого збувається як на внутрішньому, так і зовнішніх ринках, то ж керівництво ПАО зацікавлене в підвищенні якості продукції та зменшенні затратної частини її собівартості. Тому актуальні проблеми енергоефективного електропостачання підлягають моніторингу, перевіряються умови експлуатації СЕП, зношеність та вік електрообладнання, виконання вимог НТД, застосовуються сучасні науково-технічні та економічні вимоги.

Відомі загальноприйняті заходи збільшення ефективної економічної експлуатації СЕП промислових підприємств [1,7,13,15], що підійдуть ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ», а саме:

- Модернізація застарілого (в тому числі і морально) електрообладнання, або окремих частин СЕП як цехів, так і загальної силової частини ПАО;

- ефективне регулювання режимів роботи та завантаженості СЕП (з урахуванням специфіки технологічних процесів випуску продукції) в залежності від: часу доби; дня тижня; пори року, тощо;

- підвищення надійності експлуатації та категорії електроприймачів як СЕП в цілому, так і окремих її підсистем.

Отже, відповідно до рекомендацій НТД, підвищення енергоефективності СЕП ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ», зведемо до таких основних кроків[2,6,13]:

Крок №1 – проведення аналізу енергоспоживання ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ»;

Крок №2 – застосування техніко-економічних розрахунків електричних параметрів СЕПта обґрунтування вибору технічних засобів, за якими буде здійснюватися енергозбереження;

Крок №3 – план та фінансове забезпечення впровадження енергоефективних засобів на ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ»;

Крок №4 - обов'язковий контроль виконаних енергоефективних заходів та післягарантійний контроль на протязі всього терміну експлуатації модернізованої СЕП, або окремих її підсистем.

Дана робота присвячена здійсненню ряду заходів щодо забезпечення енергоефективної експлуатації СЕП кисневого цеху ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ», як підсистеми в складі загальної СЕП металургійного комбінату.

Науковою новизною даної роботи є обґрунтування та застосування інженерно-технічних та наукових підходів щодо забезпечення енергоефективного електропостачання кисневого цеху ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ», як підсистеми в складі загальної СЕП ПАО.

В роботі планується застосування ряду заходів, що передбачають забезпечення енергоефективної експлуатації кисневого цеху ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ». Застосування таких заходів спрямоване та здатне призвести до таких результатів: зменшення аварійних відключень СЕП,

а вразі їх виникнення, зменшення часу відновлення працездатного стану СЕП; зменшення значних фінансових збитків за рахунок простоїв по причині відсутності електропостачання та небезпечноговпливу на технічний робочий персонал (людський фактор), компенсацію реактивної потужності та підвищення коефіцієнту потужності ($\cos \varphi$) СЕП дослідного кисневого цеху, модернізація комутаційного, захисного та управляючого обладнання, яке є складовою частиною надійної енергоефективної експлуатації дослідного кисневого цеху ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ», тощо.

Рішення поставлених задач є актуальне з точки зору **практичного значення отриманих результатів**, які базуються на основні економічних, інженерних науково-технічних методів та підходів, відповідних рішень та розрахунків які використані в даній роботі.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПАО «МЕТАЛУРГІЙНИЙ КОМБІНАТ АЗОВСТАЛЬ»

1.1. Аналіз системи електропостачання ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ». Основна трансформаторна підстанція 35/6 кВ, розміщення та схеми живлення підсистем та обладнання

Розподіл електроенергії в межах населених пунктів України, та підприємств різного роду господарської та промислової діяльності з структурованим розподілом споживачів, здійснюється в основному напругою 0,4, 0,66, 6, 10,35 та кВ двома найрозповсюдженішими способами в залежності від умов та доцільності електроспоживання [4,5,6]:

- за допомогою повітряних ЛЕП;
- за допомогою кабельних ЛЕП.

Сучасне електропостачання споживачам на далекі відстані побудоване на принципах економічності та надійності доставки електроенергії на принципах підвищення електроенергії в місцях її генерування (ГЕС, АЕС, ТЕЦ тощо) з подальшою трансформацією до потрібних значень в кінцевих пунктах споживання. Трансформаторна підстанція (ТП) - електрична установка, що слугує перетворювачем електроенергії з одної напруги в іншу з подальшим розподілом її до електроспоживачів. Сучасна ТП містить в своєму складі один, або декілька силових трансформаторів, розподільних пристроїв з відповідними елементами захисту та комутації, пристроїв та елементів управління та інших допоміжних споруд [1,2].

Промислове підприємство ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ» (комбінат), якому присвячена дана робота, розташоване в м. Маріуполь, та є потужним споживачем електроенергії та має свою власну СЕП на основі власної (ТП. Трансформаторна підстанція є основним елементом в СЕП ПАО, а призначення її полягає в перетворенні та розподілі електроенергії між

споживачами . Підстанція комбінату призначена для прийому електроенергії напругою 35 кВ та трансформації цієї напруги до значення 6 кВ (35/6 кВ), яка забезпечує електроенергією власні підсистеми (цехи в складі комбінату).

На підставі аналізу ТП комбінату представимо детальну інформацію про склад, будову та експлуатаційні характеристики СЕП ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ». Дослідна ТП побудована в 1964 році та забезпечує поставку електроенергії споживачам до 1,5 млрд кВт год в рік. Варто зазначити, що ТП забезпечує потреби в електроенергії споживачам не тільки комбінату, а й споживачам м. Маріуполь, та чотирьох його сільських адміністративних районів (Володарського, Першотравневого, Тельманівського, Новоазовського).

Силові трансформатори, які застосовуються в ТП такого роду, можуть виконуватись в двох конструктивних особливостях - сухі або масляні силові трансформатори. Сухі трансформатори застосовують на невеликі потужності (10 - 100 кВА) у мережах, захищених від атмосферних перенапруг. В випадку ТП ПАО доцільно використовувати масляні трансформатори герметичного виконання серії ТМ, та серії ТДН (нашому випадку ТД 35/6,10 кВ як на рис. 1.1) .

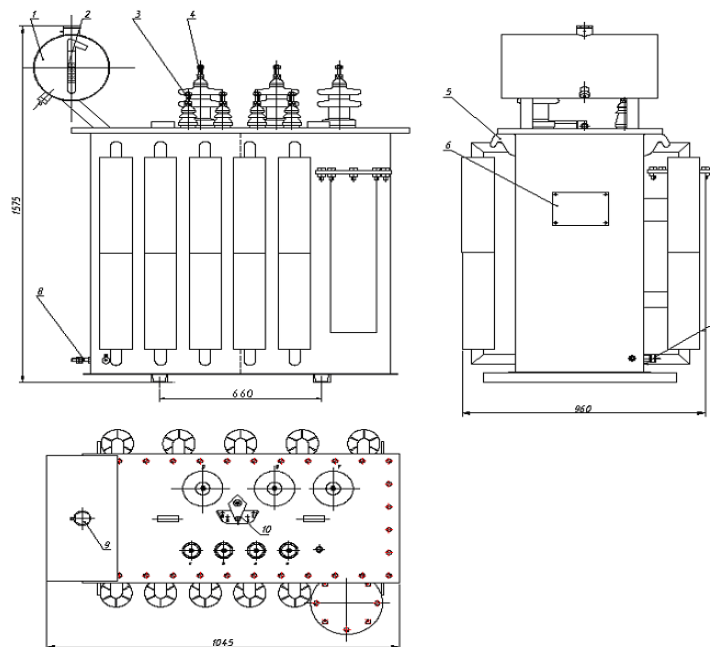


Рис. 1.1. Силовий трансформатор ТД-35 кВ (1 - розширювальний бак ; 2 - показник рівня масла ; 3 - ввід НН ; 4 - ввід ВН; 5 - гачок для транспортування трансформатора; 6 - щит; 7 - пробка отвору зливу масла; 8 – механізм кріплення заземлення; 9 - повітряосушувач; 10 - привод перемикачів.)

Загальний вигляд розподілу електроенергії від силової частини ТП ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ» до споживачів (цехів) показано на рис. 1.2, та рис. 1.3 з яких видно, що СЕП побудована на основі принципу резервного електропостачання на випадок аварійної ситуації. Структурне резервування передбачає секційне живлення від трьох силових трансформаторів кожен на свою секцію. Забезпечення захисту та комутації в ТП передбачено по напрузі 35, 6 та 0,4 кВ, а кожна підсистема СЕП відповідного цеху комбінату має свою розгалужену структуру [9,15,16].

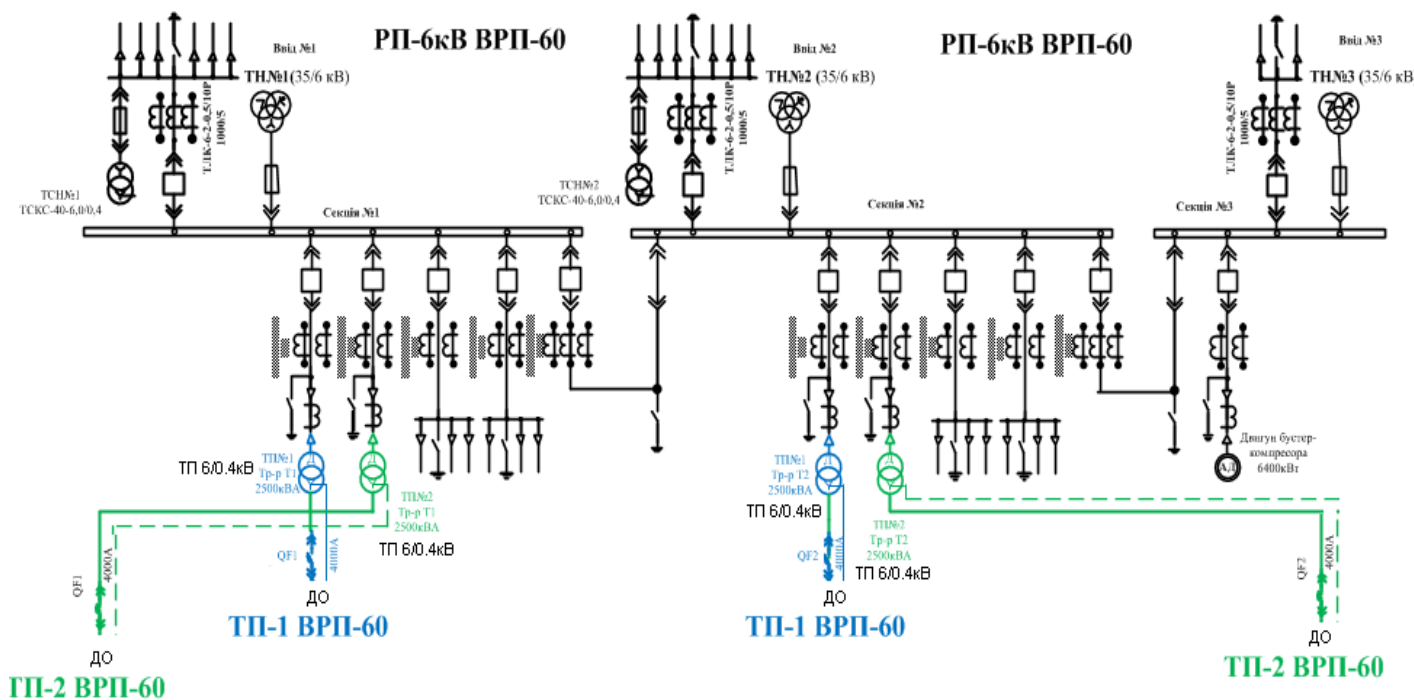


Рис. 1.2. Структурна схема розподілу силової частини ТП ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ»

Розподільчі пристрої РП-35 кВ розташовуються на своїх поверхах ТП та складаються з достатньої кількості комірок на кожний ввід. Вводи передбачено виконувати через прохідні ізолятори, які з'єднуються з системою шин, що має два розгалуження для кожної з фаз. За допомогою роз'єднувачів типу РВЗ-35/600 з приводом ПР-3 напруга подається паралельно через кремнієвий запобіжник ПКТ-35 на трансформатори напруги типу ЗНОМ-35-54, потім на розрядник РВС-35. Далі, через роз'єднувач РВЗ-35/600 з приводом ПР-3 та трансформатор струму ТМГ-35-600/5 напруга надходить до масляного вимикача МГ-35/600 з

приводом ПС-20, потім через трансформатор струму, напруга потрапляє на шину секції основних силових трансформаторів [15].

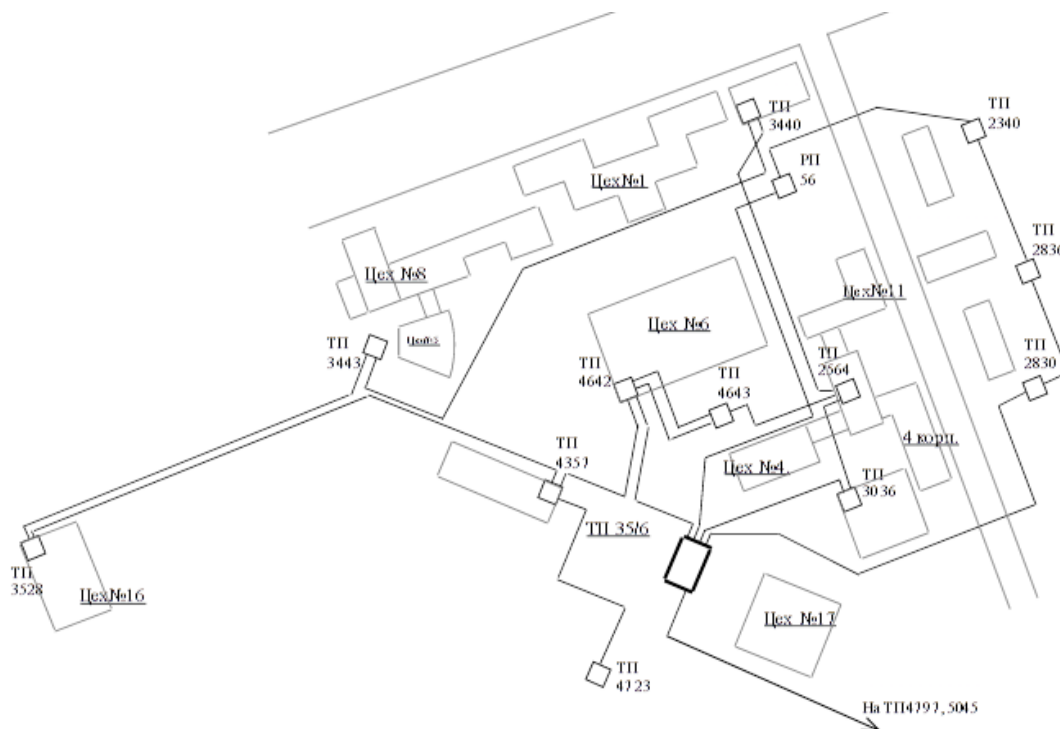


Рис. 1.3. Територіальна схема розподільчих мереж 35/6 кВ ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ»

Характеристики обладнання РП-35 кВ приведені у табл. 1.1.

Таблиця 1.1.

Характеристики обладнання типового РП-35 кВ

№ зп	Найменування обладнання	Тип
1	Масляні вимикачі з приводом	МГ-35/600 (привод ШПС-20)
2	Роз'єднувачі з власним приводом	РВЗ-35/600 (привод ПС-20)
3	Заземляючі ножі до роз'єднувача	ПР-3
4	Опорні ізолятори 35 кВ	
5	Трансформатори напруги	ЗНОМ-35-54 (Серія ТМ та ТД)
6	Розрядники	РВС-35
7	Прохідні ізолятори	
8	Трансформатори струму	ТМГД-35 кВ, ТЛК-6-2-0,5/10Р 1000/5
9	Кабельні лінії живлення МГ-35	ТМГ-35 кВ ВВГ-2х35
10	Запобіжник кремнієвий	ПКТ-35
11	Автомат	АП-50
12	Електромагніти блокування	

Склад і послідовність обладнання для всіх трьох вводів аналогічні. Секційні вимикачі між секціями шин (вводи №1, №2 та №3) складаються з роз'єднувачів типу РВ3-35/600 з приводом ПР-3, трансформаторів струму ТМГ-35-600/5, та масляних вимикачів МГ-35/600 з приводом ПС-20.

Система шин РП-6 кВ (табл.1.2) базується на прохідних та опорних ізоляторах (рис 1.3), від яких високовольтні кабелі відходять до розгалуженої мережі живлення підсистем всієї СЕП комбінату.

Таблиця 1.2

Обладнання РП-6 кВ ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ».

№	Найменування	Тип
Комірки абонентські КСО-ІХ		
1	Масляні вимикачі з приводом	ВМГ-133, привод ППМ-10
2	Роз'єднувачі з приводом	РВ-10, привод ПР-2
3	Автомати захисту	АП-50
4	Трансформатори струму	ТПЛ-10
5	Прохідний ізолятори	
6	Пускач	ПКЕ-722-2У2
7	МТЗ на реле РТВ	
8	МТЗ на реле РТ-40/2	
Комірки ввідні КСО-ІХ		
1	Масляні вимикачі з приводом	ВМГ-133, привод ПС-6м
2	Трансформатори струму	ТПОЛ-6-1000/5
3	Роз'єднувачі з приводом	РВ-6, привод ПР-6-1
4	Прохідний ізолятор	АП-50
5	Автомати захисту	
Комірки ТН КСО-ІХ		
1	Трансформатори напруги	НТМИ-6
2	Роз'єднувач з приводом	РВ-6, привод ПР-2
3	Автомати захисту	АП-50
4	Запобіжники кварцові	ПКТ-6
Комірка СВ КСО-ІХ		
1	Масляний вимикач з приводом	ВМГ-133, привод ПС-6м
2	Автомат захисту	АП-50
3	Роз'єднувач з приводом	РВ-6, привод ПР-2
4	Прохідний ізолятор	
5	Трансформатори струму	ТПФН-6
Комірки абонентські КСО-272		
1	Роз'єднувачі з приводом	РВ3-6/1000-11У3, привод ПР-6

№	Найменування	Тип
2	Масляні вимикачі з приводом	ВМГП-6-1000-20, привод ППВ-6
3	Трансформатори струму	ТПЛ-6
4	Автомати захисту	АП-50
5	МТЗ на реле РТВ	
Комірки абонентські КСО-272		
1	Масляні вимикачі з приводом	ВМГП-6-1000-20, привод ПП-67К
2	Трансформатори струму	ТПОЛ-6УЗ
3	Роз'єднувачі з приводом	РВЗ-6/1000-11УЗ, привод ПР-6А
4	Автомати захисту	АП-50
5	МТЗ на реле РТВ	

Розподільчі пристрої РП-6 кВ складаються з секцій шин марки А-100×10, секційних вимикачів, комірок типу КСО, які увімкнено до секції шин. Секції з'єднуються між собою секційними вимикачами, які можуть обладнуватись пристроями АВР. Секційні вимикачі складаються з двох роз'єднувачів типу РВФ-6/600 з власним приводом ПР-2, масляних вимикачів ВМГ-133 з власним приводом ПС-6, трансформаторів струму типу ТПОЛ-6-600/5, комірок типу КСО-ІХ, які увімкнено до секції шин (табл.1.2).

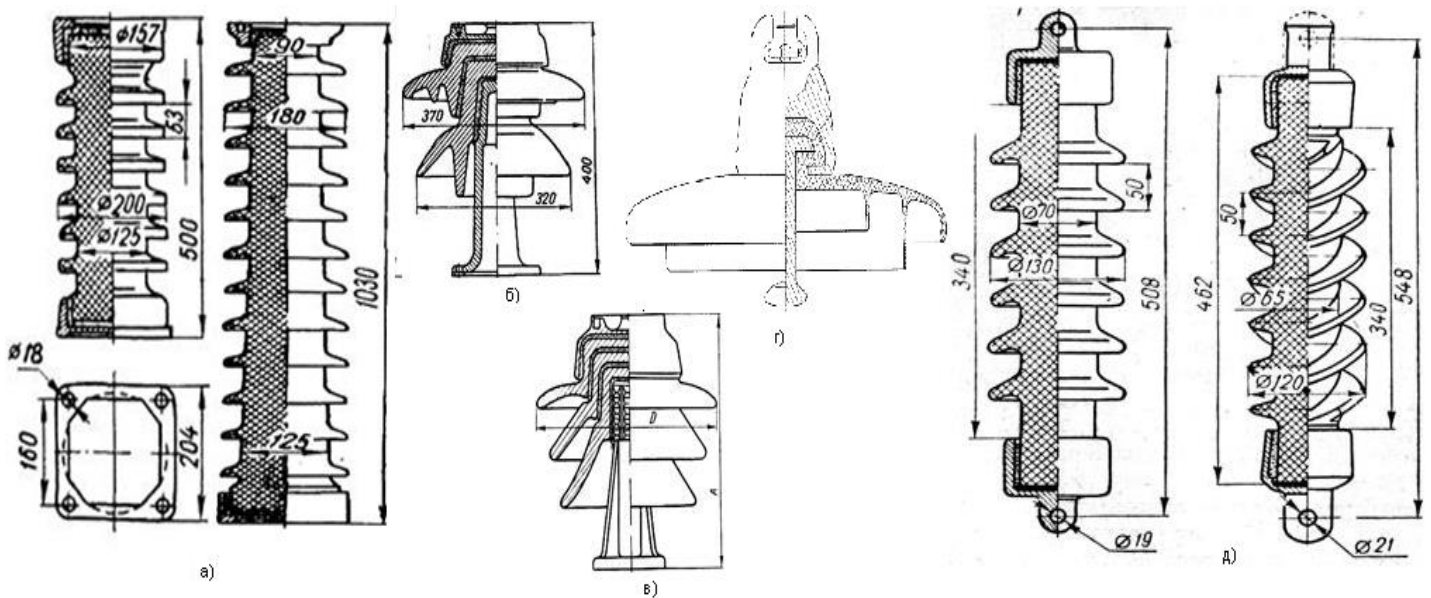


Рис.1.3.Ізолятори: а) – ізолятор внутрішньої установки; б) – одноелементний ізолятор; в) – двоелементний ізолятор; г) – підвісний ізолятор; д) – прохідний ізолятор

На ТП 35/6 кВ використовується трансформатор типу ТДН-1600/35/6,10.
Загальний вигляд силового трансформатора ТДН-16000/35/6,10 (на рис. 1.4).

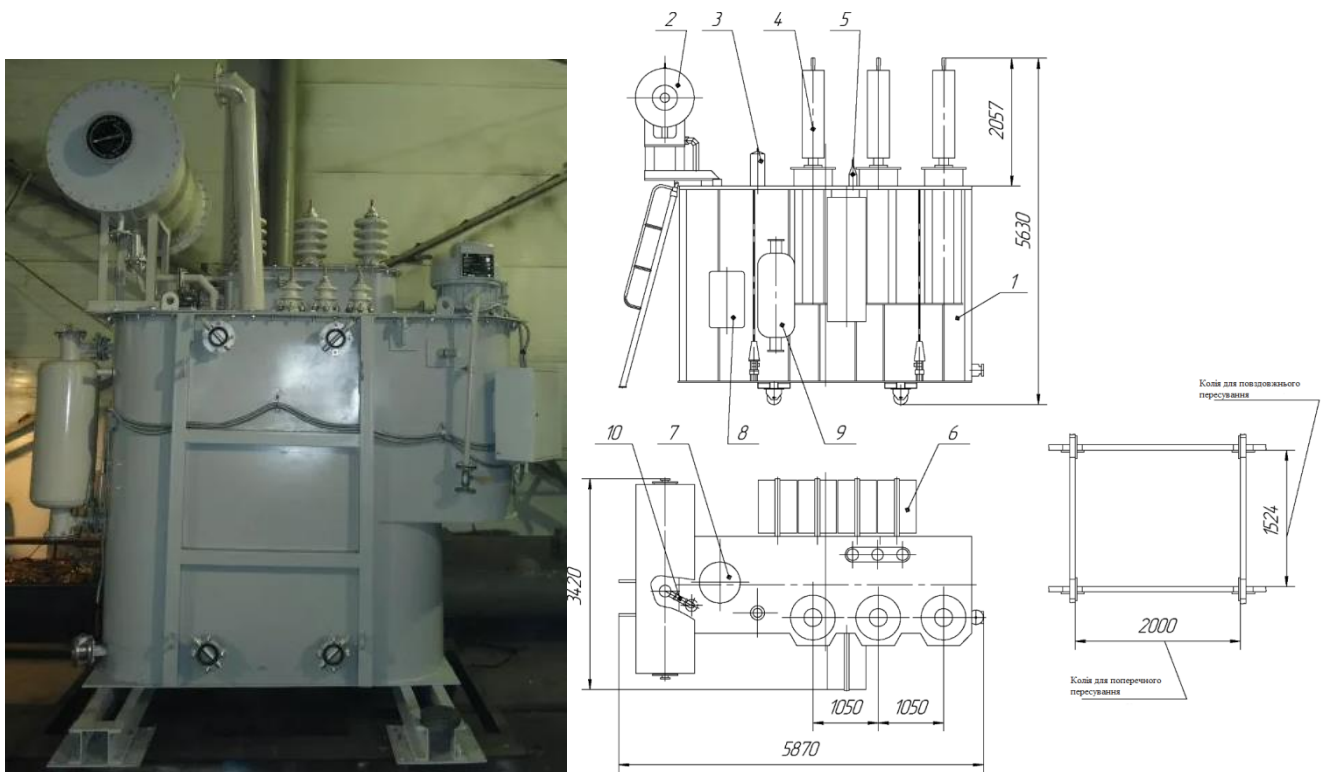


Рис.1.4. Силовий трансформатор ТДН-16000/35/6,10: 1 - бак трансформатора; 2 - розширювач; 3 - ввід 0 ВН; 4 - ввід ВН; 5 - ввід НН; 6 - радіатор панельний ;7 - пристрій РПН; 8 - шафа; 9 - фільтр термосифонний; 10 - реле Бухгольца

Характеристики силового трифазного двох обмоткового трансформатора ТДН-16000/35/6 [12]: діапазон потужності 10000, 16000 кВА; обмотка ВН - 38,5 кВ; обмотка НН - 10,5 та 6,3 кВ; вид та діапазон регулювання напруги ПБВ з боку ВН $\pm 2,5\%$. Даний тип силового трансформатора побудований з природною циркуляцією масла та примусовою циркуляцією повітря, та має можливість регулювання напруги без навантаження (ПБЗ), з діапазоном регулювання $\pm 2,5\%$ з боку ВН.

Основні умови та характеристики експлуатації силового трансформатора ТДН-16000/35/6: висота над рівнем моря складає до 1000 м; діапазон робочих температур для помірного клімату складає від $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$; допустима відносна вологість повітря більше 80% при умові забезпечення

температури в межах + 25 °С; гарантійний термін експлуатації 3 роки, а повний робочий ресурс складає не менше 25 років.

Ознайомимось з вихідними робочими параметрами для ТП 35/6,10 кВ з джерелом трансформації у вигляді силового трансформатора ТДН-16000/35/6,10 «Ввід №1». Потужність силового трансформатора $S=16000$ кВА. Час відключення під час виникнення КЗ повинно становити $t_{\text{відк}} = 0,67$ с.:

1. Для розрахунку опору силового трансформатора потрібні наступні дані:

- струм та опір 3-фазного КЗ в максимальному режимі роботи СЕП на шинах 35 кВ «Ввід №1 ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ» (отримані розрахункові дані заводом-виробником):

$$I_{\text{КЗ макс}}^{(3)} = 4931 \text{ А}, z_{\text{с макс}} = 0,636 + j4.256 \text{ Ом}$$

- струм та опір 3-фазного КЗ в мінімальному режимі роботи СЕП на шинах 35 кВ «Ввід №1 ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ» (отримані розрахункові дані заводом-виробником):

$$I_{\text{КЗ мін}}^{(3)} = 3413 \text{ А}, z_{\text{с мін}} = 0,795 + j6.165 \text{ Ом}$$

- безпосередній розрахунок опору силового трансформатора:

$$x_{\text{тр мін}} = \frac{U_{\text{к мін}} \times U_{\text{вн мін}}^2}{100 \times S_{\text{ном}}} = \frac{8,2 \times (0,95 \times 35,0)^2}{100 \times 16} = 5,67 \text{ Ом}$$

$$x_{\text{тр макс}} = \frac{U_{\text{к макс}} \times U_{\text{вн макс}}^2}{100 \times S_{\text{ном}}} = \frac{8,2 \times (1,05 \times 35,0)^2}{100 \times 16} = 6,92 \text{ Ом}$$

2. Розрахунок струмів КЗ по стороні НН 6 кВ силового трансформатора (приведено до напруги $U_{\text{вн}} = 35$ кВ).

- струм та опір 3-фазного КЗ в максимальному режимі роботи системи на шинах 35 кВ «Ввід №1 ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ» з урахуванням ПБВ (при мін $U_{\text{сис}}$):

$$I_{\text{к}}^{(3)} \text{ВН} = \frac{U_{\text{вн ном}}}{\sqrt{3}(x_{\text{с макс}} + x_{\text{тр мін}})} = \frac{0,95 \times 35}{\sqrt{3}(5,67 + 4,256)} = 1934 \text{ А}$$

- струм та опір 3-фазного КЗ в максимальному режимі роботи системи на шинах 35 кВ «Ввід №1 ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ» з урахуванням ПБВ (при макс $U_{\text{сис}}$):

$$I_{\text{к}}^{(3)} \text{ВН} = \frac{U_{\text{ВН ном}}}{\sqrt{3}(x_{\text{с макс}} + x_{\text{тр макс}})} = \frac{1,05 \times 35}{\sqrt{3}(6,92 + 4,256)} = 1898,5 \text{ А}$$

3. Розрахунок струмів КЗ по стороні 6 кВ силового трансформатора (приведені до напруги $U_{\text{НН}} = 11 \text{ кВ}$):

- струм та опір 3-фазного КЗ в максимальному режимі роботи СЕП на шинах 6 кВ ввід №1 ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ» з урахуванням ПБВ (за мін $U_{\text{сис}}$):

$$I_{\text{к макс}}^{(3)} = I_{\text{к макс ВН}}^{(3)} \frac{U_{\text{ВН ном}}}{U_{\text{НН ном}}} = 1934 \frac{0,95 \times 35}{11,0} = 5846 \text{ А}$$

- струм та опір 3-фазного КЗ в максимальному режимі роботи СЕП на шинах 6 кВ ввід №1 ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ» з урахуванням ПБВ (за макс $U_{\text{сис}}$):

$$I_{\text{к макс}}^{(3)} = I_{\text{к макс ВН}}^{(3)} \frac{U_{\text{ВН ном}}}{U_{\text{НН ном}}} = 1898,5 \frac{1,05 \times 35}{11,0} = 6342,7 \text{ А}$$

1.2. Аналіз загальних кабельних мереж системи електропостачання ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ»

Кабельна лінія електропередачі електроенергії, зазвичай складається з одного або декількох паралельних кабелів. В якості з'єднання кабелів в такому типі ЛЕП застосовуються з'єднувальні, стопорні та кінцеві муфти (закладення) та кріпильні деталі [9,14].

Кабельні ЛЕП більш досконалі, але дорожчі за повітряні, тому прокладають їх у місцях, де це доцільно та необхідно, а будівництво повітряних ліній ускладнено або взагалі неможливо. Тому, незважаючи на їх більшу вартість і трудомісткість під час прокладання кабельних трас, кабельні ЛЕП широко застосовують у мережах зовнішнього і внутрішнього електропостачання в ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ».

Кабельні ЛЕП 6,10, 35 кВ і вище прокладаються спеціальними силовими кабелями (рис 1.5), які залежать від класу напруги [14]:

- для ЛЕП напругою 6...10 кВ використовують кабелі з поясною ізоляцією в загальній свинцевій оболонці для всіх жил;

- для ЛЕП напругою 20.. 35 кВ - з окремо освинцьованими жилами.

На даний час є кабелі, у яких замість свинцевого покриття використовується алюміній або пластмас (СОПР, вініл).

Конструктивне маркування силових кабелів складається з кількох літер [10]:

- перша буква А - жили кабелю алюмінієві (якщо її немає - значить жили зроблені з міді), також буква Ц на початку назви вказує, що паперова ізоляція просякнута церезину масою (АС – Алюмінієва жила і свинцева оболонка, АА – Алюмінієва жила і алюмінієва оболонка);

- друга буква - матеріал ізоляції жил (А – алюміній, Р - гума, В-полівінілхлорид, П - поліетилен, в маркуванні кабелів з паперовою ізоляцією літери немає);

- третя буква – це матеріал оболонки (С - свинець, А-алюміній, Н і НР - негорюча гума-найр, В і ВР - полівінілхлорид, СТ - гофрована сталь);

- четверта буква - захисне покриття (А - асфальтований кабель , Б - броньований стрічками, Г - голий (без джутовою обплетення), К - броньований круглої сталевій оцинкованій дротом, П - броньований плоским сталевим оцинкованим дротом);

- буква в кінці аббревіатури означає: буква Н - захисний покрив негорючий; Т - вказує на можливість прокладки кабелю в трубах; букви - Шв або Шп - оболонка кабелю укладена в поліхлорвініловий або поліетиленовий шланг.

Конструктивно кабелі напругою до 6 кВ та перерізом до 16 мм² з круглими жилами, а напругою вище 6 кВ та перерізом більше 16 мм² – мають в ерерізі секторний вигляд жили.

Від механічних ушкоджень кабель захищають бронею у вигляді сталевій стрічки, а від хімічних впливів захищає асфальтований джут.

Під час монтажного з'єднання та відгалуження кабельної продукції слід виконувати оброблення їх кінців і з'єднання жил. При виборі способу з'єднання враховується матеріал та переріз жил, конструктивні особливості муфт.

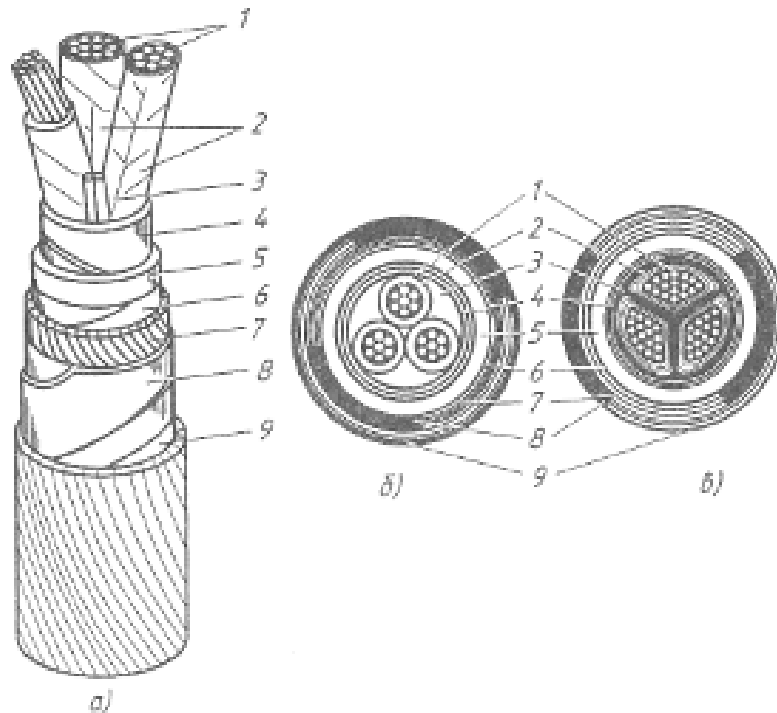


Рис. 1.5. Типовий трьохжильний кабель з поясною ізоляцією (а) - загальний вигляд, б) - з круглими жилами, в) - з секторними жилами): 1 - жили; 2 - ізоляція жил; 3 - наповнювач; 4 - поясна ізоляція; 5 - захисна оболонка ; 6 – просочений компаундом папір; 7 - захисне покриття з просоченої кабельної пряжі; 8 - стрічкова броня; 9 - просочена кабельна пряжа.

Способи з'єднання силових кабелів згідно НТД [15,16] прийнятні для СЕП ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ» з допомогою муфтових з'єднань:

1. Пайка. Застосовується для з'єднання жил кабелів класів напруги 1,6 і 10 кВ;
2. Опресовування. Застосовується для з'єднання алюмінієвих жил кабелів до 1 кВ за допомогою гільз і опресовування механізмів;
3. Газове та електричне зварювання. З'єднуються алюмінієві жили кабелю перетином 16 ... 240 мм² .;
4. Термітне зварювання . Досконалий спосіб з'єднання алюмінієвих жил кабелів за допомогою спеціальних патронів.

Кабельні муфти характеризують [15]:

- відповідно до номінальної напруги - до 1, 6, 10, 35 кВ);
- відповідно до призначення - сполучна, відгалужувальна, кінцева;

- відповідно до габаритних розмірів - нормальна, малогабаритна;
- відповідно до матеріалу - чавунна, свинцева, епоксидна;
- відповідно до форми - У-подібна, Т-подібна, Х-подібна;
- відповідно до місця установки - внутрішня, зовнішня;
- відповідно до кількості фаз - кінцева трифазна, чотирьохфазна, тощо.

Монтаж свинцевої з'єднувальної муфти кабелів напругою 6...10 кВ показано на рис 1.6, а вигляд кінцевої кабельної муфти – на рис. 1.7.

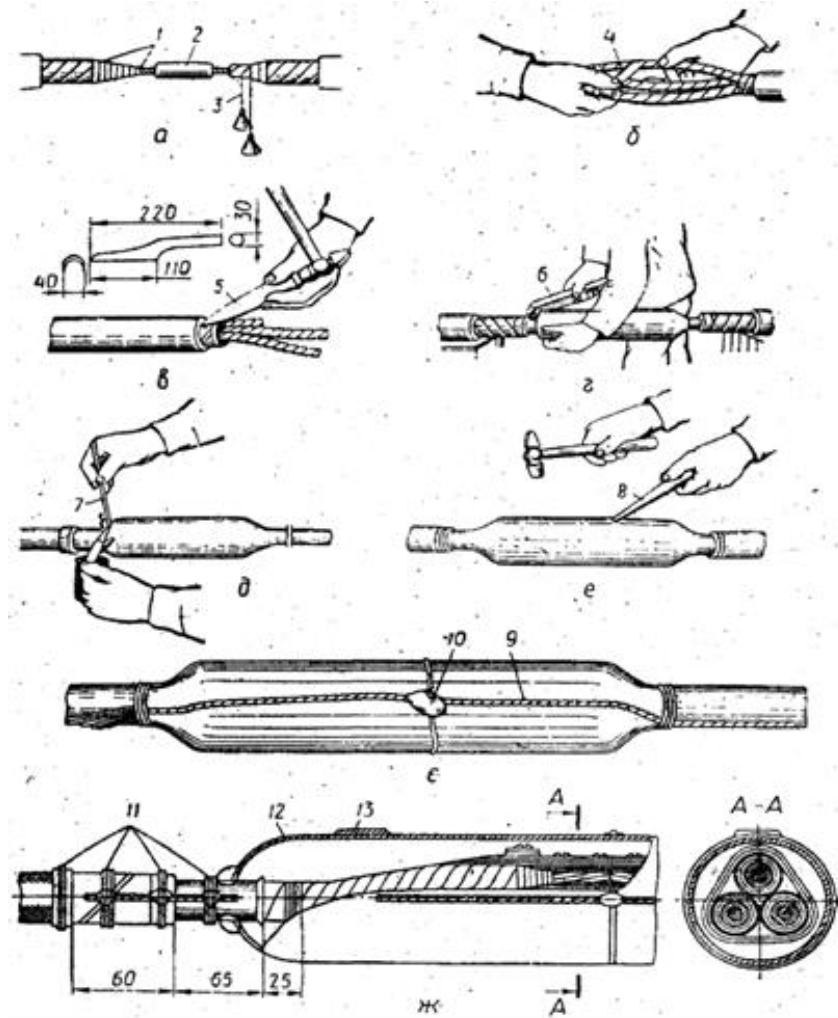


Рис.1.6. Монтаж свинцевої з'єднувальної муфти кабелів напругою 10 кВ:

а – готова обробка кінця кабелю; б - накладання бандаж поверх джutowого покриття; в – зовнішнє джutowe покриття; г - надрізування броні за допомоги бронерізки; д - видалення броньованої оболонки; е - видалення кабельної пряжі; в - кільцевий надріз оболонки; ж – повздовжній надріз оболонки; з - видалення смужки свинцевої оболонки; и - видалення оболонки з оброблюваної частини кабелю; і - спіральний надріз алюмінієвої оболонки



Рис.1.7. Кінцева кабельна муфта

Загальний вигляд кабельного колектору в перерізі прийнятний для використання в умовах експлуатації СЕП ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ», показаний на рис. 1.8

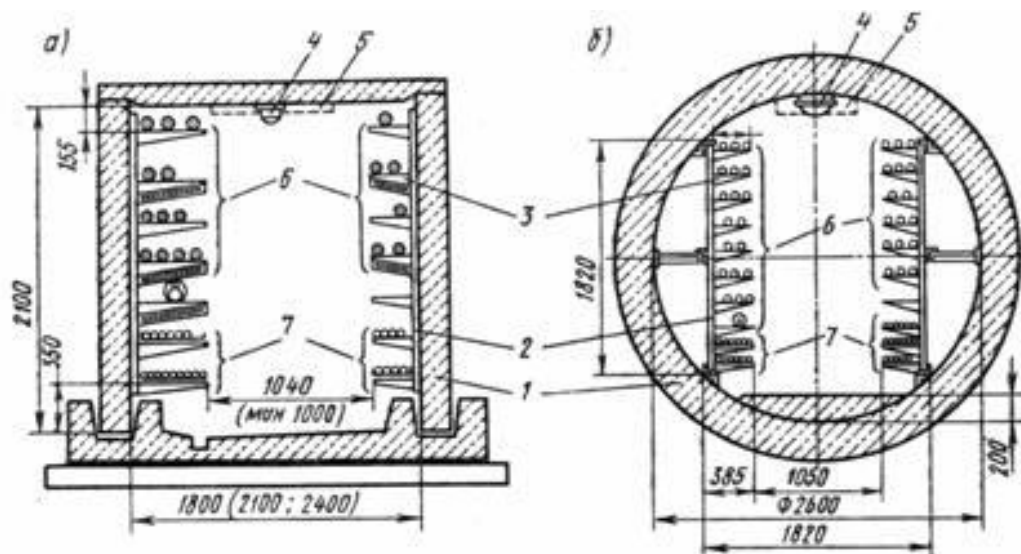


Рис.1.8. Кабельний колектор в двох способах його реалізації

Кабельні ЛЕП піддаються випробуванням, як під час вводу до експлуатації, так і профілактичним періодичним випробуванням підвищеною напругою постійного струму відповідно до даних таблиці 1.3 та відповідно до вимог НТД[11].

Таблиця 1.3.

Значення напруги при проведенні випробувань кабельних ЛЕП

Параметри СЕП	Перший цикл випробувань для нових мереж	Наступні цикли випробувань для старих мереж
Трансформатори з напругою на виходах первинної обмотки більше 5000 В. ЛЕП в кабельних колекторах	Постійний струм. Подвійне значення номінальної напруги	Намінальне значення напруги. Постійний струм.
Трансформатори з напругою на виходах первинної обмотки 5000 В	9000 В. Постійний струм.	5000 В. Постійний струм.
Кабельні ЛЕП з прокладанням кабелю в траншеях (трансформатори з напругою на виходах первинної обмотки 5000 В)	6000 В. Постійний струм.	3000 В. Постійний струм.
Мережі та ЛЕП напругою 600В	1800 В. Постійний струм.	600 В. Постійний струм.

Характеристики найбільш розповсюдженої кабельної продукції, яка застосовується в СЕП живлення комбінату показана в табл. 1.4.

Таблиця 1.4.

Технічні характеристики кабелів розподільчих мереж 6 кВ ПАО

«Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ»

№ комірки	Об'єкт	Довжина кабелю, м	Марка кабелю	Переріз, мм ²
7	РП-56 (кабель I)	600	ААБ	3×150
9	ТП-3036	250	ААБ	3×150
11	ТП-4688 (кабель I)	166,2	ААБЛ	3×185
12	ТП-4688 (кабель II)	166,2	ААБЛ	3×185
14	ТП-4642	267,9	ААБЛ	3×185
16	РП-56 (кабель II)	600	ААБ	3×150
17	ТП-4797 (кабель I)	878	ААБ	3×240
18	ТП 4797 (кабель II)	878	ААБ	3×240
19	ТП-3125	970	ААБ	3×150
20	ТП-3218	820	ААБ	3×150
21	ТП-2745 (ТТУ)	1101	ААБ	3×185
22	ТП-2830	450	ААБ	3×150
26	ТП-2746 (ТТУ)	1188	ААБ	3×185
28	ТП-1865 (Водоканал)	194	АСБ	3×185
29	РП-95	1450	ААБ	3×185

1.3. Аналіз способів прокладання кабельних ліній та кабельних конструкцій в умовах ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ»

Оскільки кабельні ЛЕП поступово витісняють повітряні з ряду експлуатаційних причин, керівництво ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ» проводить політику заміни зовнішніх повітряних ЛЕП на кабельні відповідно до даних електротехнічних параметрів в таблицях 1.4 та 1.5.

Відповідно до НТД кабельні ЛЕП по території комбінату прийнято прокладати такими способами: зовні (по стінах будинків і споруд) - на опорних конструкціях, у траншеях і блоках; у цехах та виробничих приміщеннях (тунелях) - в гофрах та лотках.

Таблиця 1.5

Переріз кабелів відповідно до прокладки в умовах ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ»

Переріз струмопровідної жили, мм ²	Струм, А, для проводів та кабелів					Навантаження потужності, кВт, для проводів та кабелів				
	одножильних	двожильних		трижильних		одножильних	двожильних		трижильних	
	при прокладці					при прокладці				
	в повітрі	в повітрі	в землі	в повітрі	в землі	в повітрі	в повітрі	в землі	в повітрі	в землі
2,5	23	21	34	19	29	5,1	4,6	7,5	11,5	17,6
4	31	29	42	27	38	6,8	6,4	9,2	16,3	23,0
6	38	38	55	32	46	8,4	8,4	12,1	19,4	27,9
10	60	55	80	42	70	13,2	12,1	17,6	25,4	42,4
16	75	70	105	60	90	16,5	15,4	23,1	36,3	54,5
25	105	90	135	75	115	23,1	19,8	29,7	45,4	69,6
35	130	105	160	90	140	28,6	23,1	35,2	54,5	84,8
50	165	135	205	110	175	36,3	29,7	45,1	66,6	106,0
70	210	165	245	140	210	46,2	-	-	84,8	127,2
95	250	200	295	170	255	55,0	-	-	102,9	154,4
120	295	230	340	200	295	64,9	-	-	121,1	178,8
150	340	270	390	235	335	74,8	-	-	142,3	202,9
185	390	310	440	270	385	85,8	-	-	163,5	233,1
240	465	-	-	320	420	102,3	-	-	193,8	254,4

Коротко розглянемо способи прокладки кабельних ЛЕП на території комбінату та прилеглих до нього територій м. Маріуполь:

1.Прокладення кабелів по опорах (рис. 1.9). Вимоги чітко прописані в НТД щодо споруд і технології підвіски на несучих тросах.Висвітлимо основні вимоги.За виконання підвішування кабельної ЛЕП враховують [15,16]:

- міцність при розтягуванні та величину натягу при прокладці;
- довжину прольоту та зміну натягу;
- стрілу провисання (несучий трос повинен забезпечувати мінімальний радіус вигину);
- механічне навантаження (статичну і динамічну);
- коливання температури;
- конструктивні особливості опор;
- спосіб натягу та конструкції кріплення до несучого тросу (якщо трос конструктивно не вмонтований в кабель);
- захист від пошкодження в результаті життєдіяльності гризунів;
- способу та виконання заземлення, тощо.

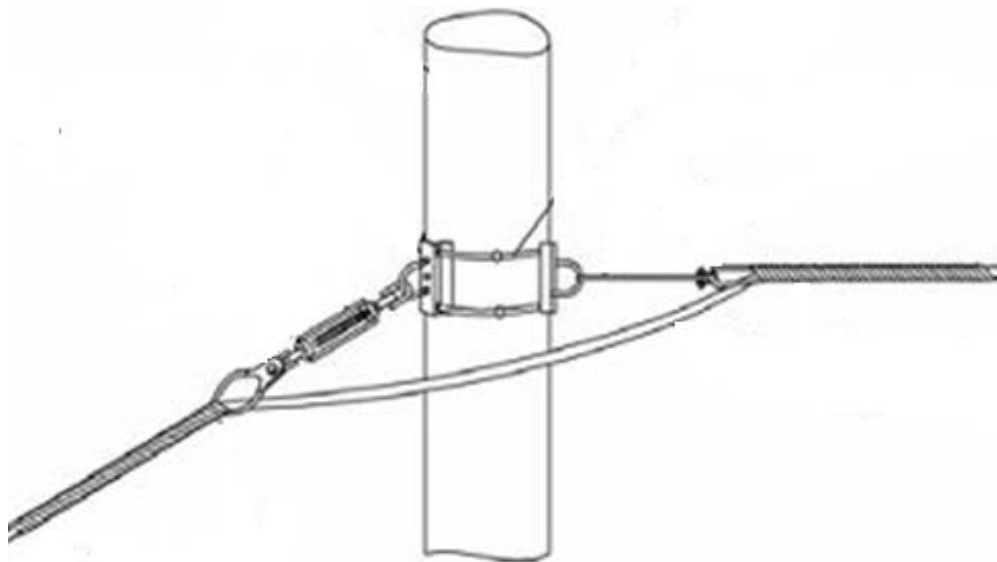


Рис. 1.9. Кріплення кабелю до проміжної опори

2. Прокладення електрокабелів в траншеях (рис.1.10). Висвітлимо основні вимоги НТД щодо прокладання кабельних ЛЕП в траншеях:

- кабельні ЛЕП траншейного прокладання повинні мати броню для захисту від механічних пошкоджень;
- неброньовані кабельні ЛЕП прокладаються в трубах (азбоцементних, ПВХ, тощо);
- перед прокладанням забезпечується наявність відомостей про геологічні вишукування;
- глибина траншеї є нормованою величиною відповідно до місцевості та умов прокладання (стандартні умови – 0,7 м., під автодорогою – в сталевих трубах не менше 1,25 м, на газонах - більше 0,9 м., тощо);
- якщо є декілька труб в одній траншеї - мінімальна відстань між ними не менше 10 см.;
- обов'язково перевіряється цілісність та визначається опір ізоляції кабельної ЛЕП.
- для запобігання порізів ізоляції на вході і виході з труб монтуються пластмасові воронки.

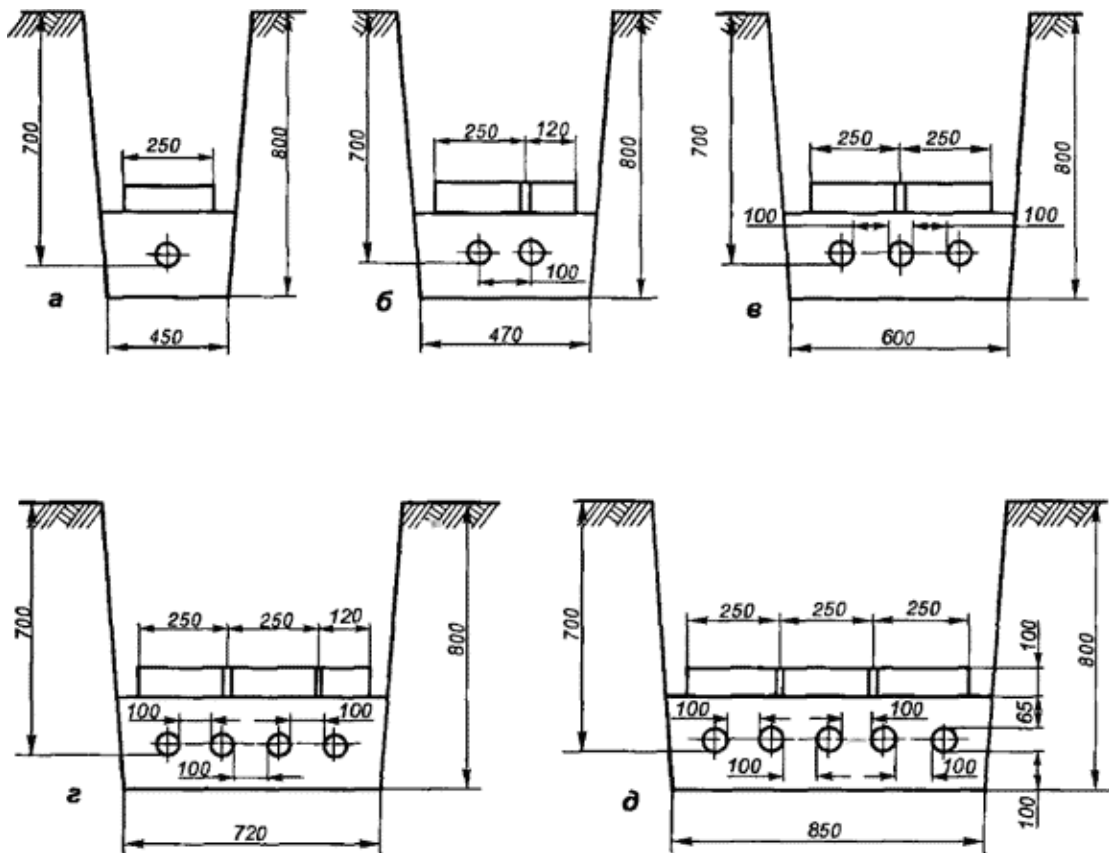


Рис. 1.10. Прокладання кабельних ЛЕП в траншеї

3. Прокладення кабельних ЛЕП по фасаді будівель. Якщо на шляху ЛЕП є перешкода у вигляді будівлі то ПУЕ допускають прокладку ЛЕП по фасаді через перешкоду. Висвітливо основні вимоги НТД щодо прокладання кабельних ЛЕП по фасаді будівель:

- прокладена ЛЕП не повинна підлягати навантаженню натягу або передавлювання;

- у місцях переходу організовується ізоляція, властивості якої відповідають характеристикам ізоляції ЛЕП;

- всі точки відведення та з'єднання мають бути доступні для огляду та ремонту без механічного втручання в конструкцію будівлі;

- у випадку прокладання кабелю по фасаді із застосуванням труб, гнучких рукавів, замкнутих коробів, повинна передбачатись можливість швидкої заміни прокладання ЛЕП;

- конструктивні елементи, ізоляція та точки переходу, вибираються виходячи з середовища їх експлуатації (погодні умови, вплив ультрафіолетових променів, температурний режим, тощо);

- металеві частини конструкції ЛЕП повинні забезпечуватись захистом від наслідків корозії;

- довжина кабельної ЛЕП, прокладеної по стіні будівлі, розраховується з урахуванням температурних зазорів на стиск та розтягнення.

Висновки до розділу №1.

В першому розділі даної роботи було досягнуто таких результатів:

1. Наведений глибокий аналіз системи електропостачання ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ», а саме:

- представлено детальну інформацію про склад, будову та експлуатаційні характеристики СЕП ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ»;

- показана схема розподілу силової частини ТП СЕП;

- надана територіальна схема розподільчих мереж 35/6 кВ

- даний аналіз роботи та обладнання розподільчих пристроїв РП-35 кВ та РП-6 кВ;

- проаналізовані та надані характеристики силового трифазного двох обмоткового трансформатора ТДН-16000/35/6, який знаходиться на вході №1, розраховано його вихідні робочі параметрами;

2. Представлений аналіз загальних кабельних ЛЕП ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ» та їх технічні характеристики мереж 6 кВ;

3. проведений аналіз способів прокладання кабельних ЛЕП та кабельних конструкцій в умовах ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ», надано значення напруги при проведенні випробувань кабельної продукції.

РОЗДІЛ 2

ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ КИСНЕВОГО ЦЕХУ ПАО «МЕТАЛУРГІЙНИЙ КОМБІНАТ АЗОВСТАЛЬ»

2.1. Типові схеми живлення та комутаційна апаратура споживачів промислових цехів. Особливості електропостачання СЕП кисневого цеху ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ»

Типові СЕП цехів промислового призначення будуються по принципу фідерної системи, де послідовно розподіляється навантаження по групам споживачів від шин ЦРП до шин РП з обов'язковим підбором комутаційної та захисної апаратури для коректної та селективної її роботи. Приклад ЦРП на основі такої фідерної схеми показано на рис.2.1.

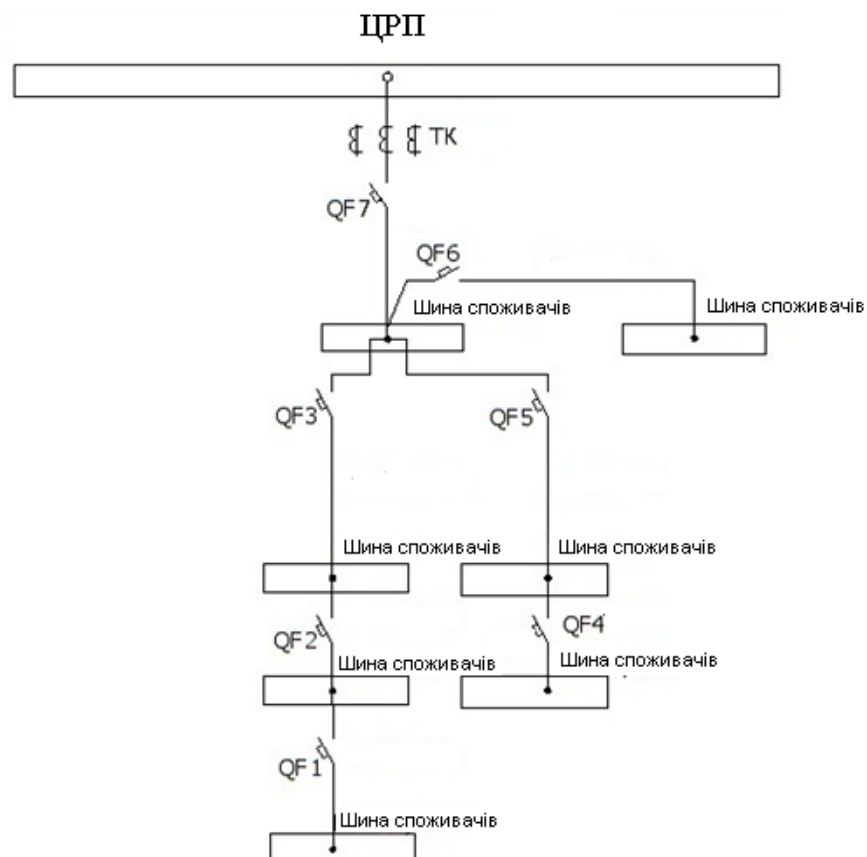


Рис. 2.1. Типова ЦРП цеху промислового призначення з розподілом захисної та комутаційної апаратури

Захисна та комутаційна апаратура, яка використовується на теперішній час для цехів промислового призначення:

- Плавкі запобіжники різних серій - забезпечують ефективний захист від КЗ, але від перевантажень вони малоефективні. Мінусом плавких запобіжників є те, що вони одноразові. Їх заміна потребує відключення лінії, де вони вмонтовані (характеристики запобіжників типу ПМ показані в табл.2.1);

Таблиця 2.1.

Характеристики плавких запобіжників ПН-2 типу

Характеристики	ПН 2-100-10	ПН 2-250-10	ПН 2-400-10
Номинальний струм	100	250	400
Номинальний струм плавкої вставки	31,5 А 40 А 50 А 63 А 80 А 100 А	80 А 100 А 125 А 160 А 200 А 250 А	200 А 250 А 315 А 355 А 400 А
Номинальний струм відключення, кА $U_n \sim 380В$	100 кА	100 кА	40 кА
Номинальний струм відключення, кА $U_n = 220В$	100 кА	100 кА	60 кА
Маса запобіжника	0,48 кг	0,85 кг	1,54 кг
Маса вставки	0,3 кг	0,49 кг	0,95 кг

- Роз'єднувачі (рубильники) – це комутаційна апаратура пропускання номінальних струмів та розімкнення ланцюгів змінного струму без навантаження в пристроях розподілу електричної енергії (частота 50 Гц, напруга до 380В). Характеристики роз'єднувачів серії Р показані в табл. 2.2.

Таблиця 2.2.

Характеристики роз'єднувачів типу Р-400

Категорія застосування	АС-20В
Ступінь захисту	IP00
Номинальний робочий струм	400А
Кількість полюсів	3
Габаритні розміри	247x156x300мм
Маса	4,85 кг

- Трансформатори струму - використовуються для забезпечення коректної роботи релейного захисту, пониження великих значень струму для зняття його показів для вимірювального обладнання та лічильників. Характеристика трансформатора струму серії ТК показані в табл. 2.3.

Таблиця 2.3.

Характеристики трансформатора струму типу ТК-20

Номінальна напруга мережі	В	380
Номінальна частота мережі	Гц	50
Номінальна потужність при ПВ = 50%	кВА	20
Номінальна напруга холостого ходу вторинної обмотки	В	3,6
Струм тривалий вторинний	кА	4.0
Клас ізоляції		F
Витрата охолоджуючої води при тиску на вході 1,47 x10 ⁵ Па (1,5 кгс/см ²)	л/хв	не менше: 4,0
Габаритні розміри	мм	112x150x225
Маса	кг	не більше: 17

- Автоматичний вимикач – комутаційний та захисний апарат, призначений для вмикання, проведення струму і вимикання струму в нормальних (номінальні параметри мережі) ненормальних (перевантаження струму в мережі), та аварійних (режим КЗ) умовах. Основна функція – захист мережі від перевантажень та КЗ в мережах напругою до 1000 В. Це є саме досконале обладнання захисту.

Далі наведемо алгоритм методики вибору автоматичних вимикачів для конкретної СЕП відповідно до умов вибору автоматичних вимикачів [8,12]:

1. Номінальна напруга - $U_{аном} \geq U_{роб\ max}$
2. Номінальний струм автомату - $I_{аном} \geq I_{у\ ном}$
3. Номінальний струм теплового розчіплювачу $I_{рном} \geq K_{н\ р} \cdot I_{роб\ max}$
4. Граничний відмикаємий автоматом струм $I_{гр.відк} \geq I_{кз\ max}$
5. Електродинамічна стійкість $I_{дин} \geq I_{удрозр}$

Позначення вибору автоматичних вимикачів:

- $U_{аном}$ – номінальна напруга автоматичного вимикача, В;
- $U_{роб м}$ – робоча напруга мережі, В;
- $I_{аном}$ – номінальний струм автоматичного вимикача, А;
- $I_{у ном}$ – номінальний струм установки, А;
- $I_{р ном}$ – номінальний струм розчіплювачу із залежною характеристикою, А;
- $k_{нр}$ – коефіцієнт надійності;
- $I_{роб max}$ – максимальний робочий захищено струм електроустановки;
- $I_{кз max}$ – максимальний струм КЗ в місці встановлення автоматичного вимикача, кА;
- $i_{дин}$ – струм електродинамічної стійкості автоматичного вимикача, кА;
- $i_{уд розр}$ – ударне розрахункове значення струму КЗ в місці встановлення автоматичного вимикача, кА.

Застосувавши приведену методику було підібрано автоматичні вимикачі, які зображені на схемі ЦРП кисневого цеху ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ» (рис. 2.2. та рис 2.3) [19].

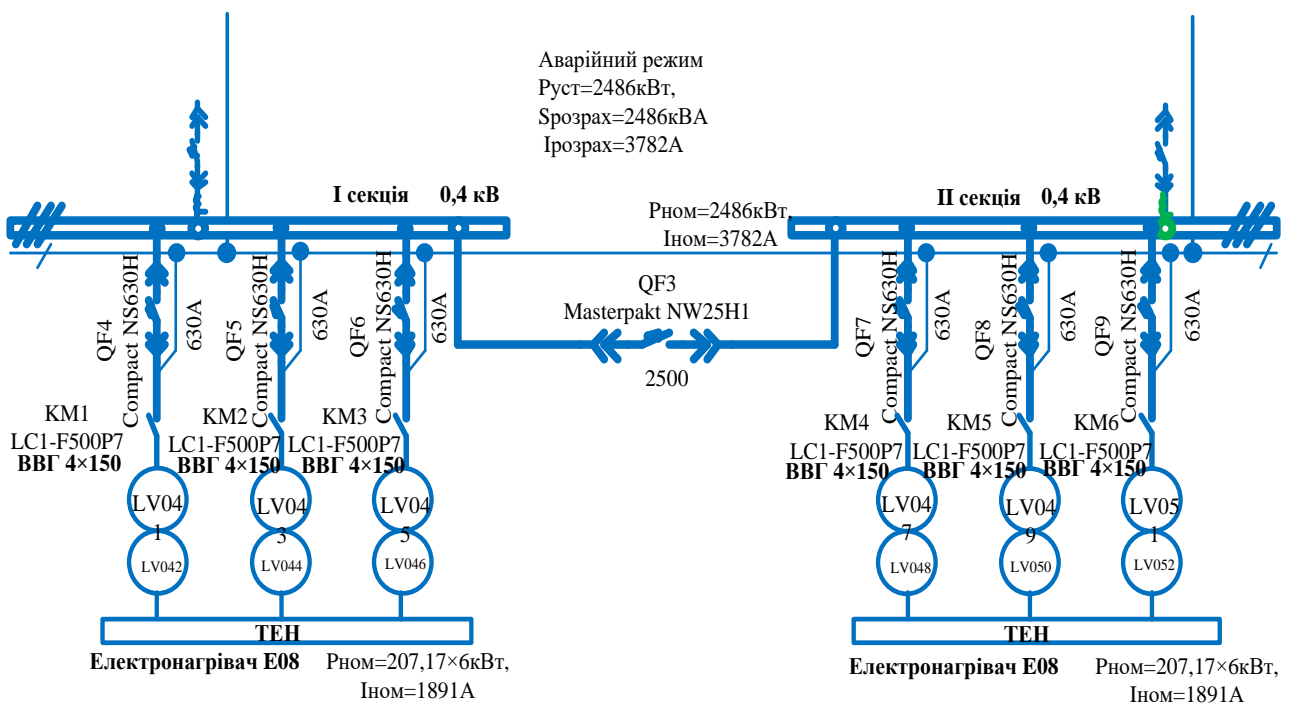


Рис. 2.2. ЦРП секцій №1 та №2 електронагрівачів кисневого цеху ПАО

«Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ»

ТП-2 ВРП-60

Аварійний режим
 Руст=2579кВт,
 Срорзах=1804кВА
 Ірорзах=2744А

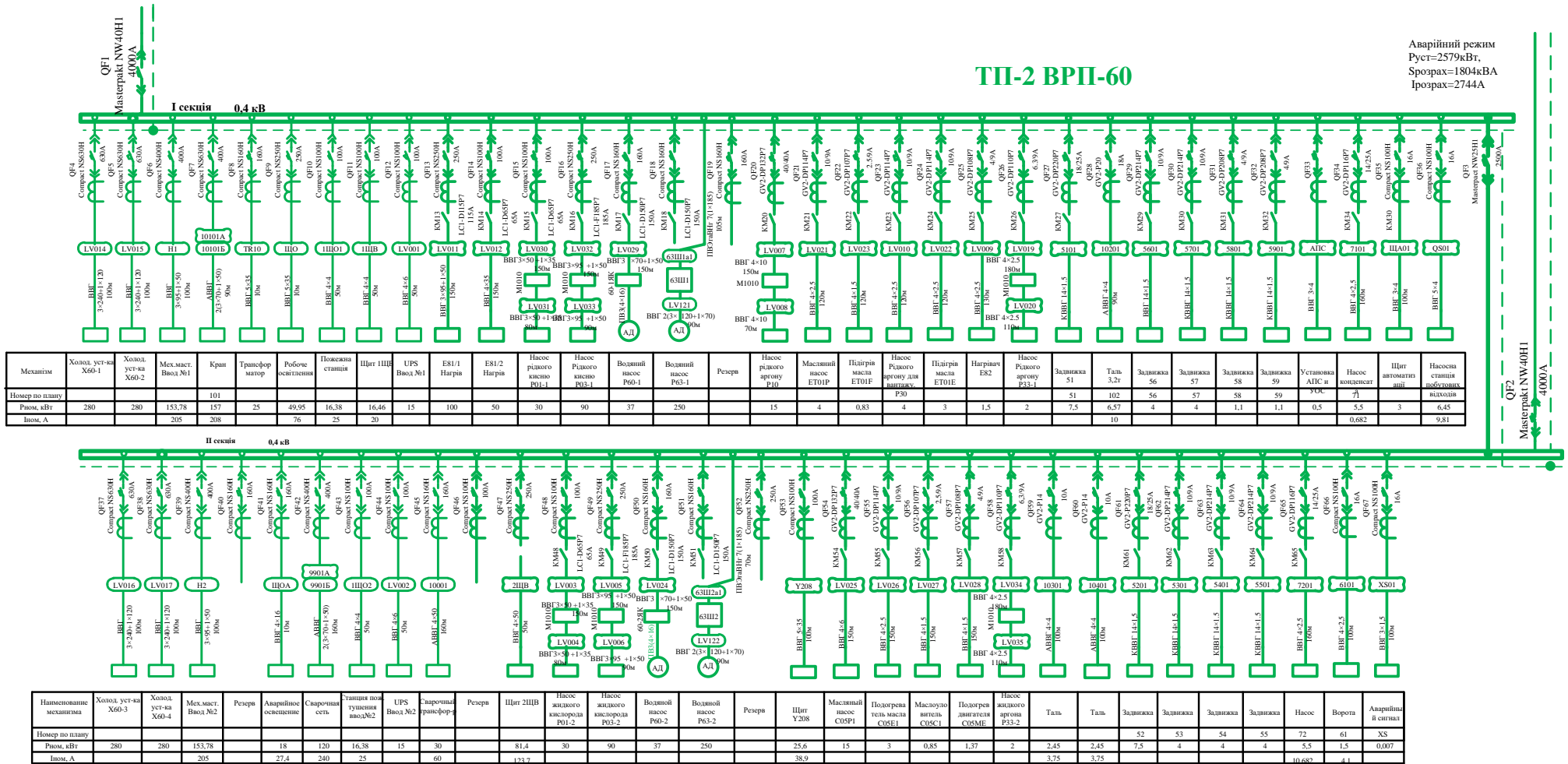


Рис. 2.3. ЦРП секцій №1 та №2 всіх електроспоживачів (окрім електронагрівачів) кисневого цеху
 ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ»

2.2. Розрахунок електричних параметрів та обладнання підводу електроенергії від РП 6 кВ до кисневого цеху ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ»

Як було зазначено в першому розділі даної роботи живлення кисневого цеху здійснюється з РП-6 кВТП комбінату, що має секційну систему шин на основі оснащення комірками типу КСО-ІХ та КСО-272.

Застосуємо методику розрахунку електричних параметрів та вибору шин в РП 6 кВ, від яких буде житись кисневий цех комбінату. Розрахунковий струм двох секцій електронагрівачів складає $I_{\text{розрах}}=3782\text{А}$, а значення розрахункового струму інших споживачів від двох секцій складає $I_{\text{розрах}}=2744\text{А}$.

Робочий струм для кожної комірки (з принципу -1 комірка -1 секція):

$$1 \text{ комірка (секція) - } I_{\text{роб}} = 4000 \text{ А,}$$

$$2 \text{ комірка (секція) також - } I_{\text{роб}} = 4000 \text{ А}$$

Ударний та сталий струми КЗ згідно [8,13] відповідно дорівнюють з певною похибкою $i_y = 2500 \text{ кА}$, $I_{\infty} = 75 \text{ кА}$, час відімкнення живлячої лінії $t_{\text{відім.}} = 1,5 \text{ с}$. Середньорічна температура θ_0 в РП - 15°C .

Вибір збірних шин відповідно до ПУЕ здійснюється за допустимим струмовим навантаженням та максимально можливого струму:

$$I_{\text{роб.мах}} \leq I_{\text{тр.доп}} .$$

Слід зазначити, що під час ремонтних робіт однієї з секцій, інша секція бере на себе подвійне навантаження, а саме $I_{\text{роб.мах}} = 8000 \text{ А}$. Згідно НТД на таке значення струму підійде алюмінієва шина $2000 \times 20 \text{ мм}$ (8000 мм^2), яка допускає тривале протікання струму $I_{\text{тр.доп}} = 8500 \text{ А}$. Значення середньорічної температури в РП відрізняється від номінальної, та складає $\theta_{\text{ном}} = 25^{\circ}\text{C}$, а тому потрібна корекція допустимого струму:

$$I_{\text{тр.доп}} = k_{\theta} \cdot k_{\text{роз}} \cdot I_{\text{тр.доп}} ,$$

де k_{θ} – коефіцієнт, враховуючий відмінність середньорічної температури від номінальної, та вираховується:

$$k_{\theta} = \sqrt{\frac{(\theta_{\text{тр.доп}} - \theta_0)}{(\theta_{\text{тр.доп}} - \theta_{\text{ном}})}} = \sqrt{\frac{(70 - 15)}{(70 - 25)}} = 1,1;$$

$k_{\text{роз}}$ – коефіцієнт впливу розташування шин і їх охолодження (для розміщення шин широкою стороною одна відносно іншої - 0,95, для встановлених на ребро - 1):

$$I'_{\text{тр.доп}} = 1,1 \cdot 0,95 \cdot 8500 = 8883 \text{ А},$$

що більше $I_{\text{роб.мах}} = 8500 \text{ А}$, тобто умова $I_{\text{роб.мах}} \leq I'_{\text{тр.доп}}$ виконується.

Перевірка перерізу шин на електродинамічну і термічну стійкість дії струмів короткого замикання. Визначення силу взаємодії провідників зі струмом (в комірках відстань між опорними ізоляторами складає $l = 0,75 \text{ м}$, та $0,25 \text{ м}$, відповідно:

$$F = 1,76 \cdot i_y^2 \cdot k_{\phi} \cdot \frac{l}{a} \cdot 10^{-7} = 1,76 \cdot 15300^2 \cdot 1 \cdot \frac{0,75}{0,25} \cdot 10^{-7} = 162 \text{ Н},$$

Сила F створює момент згину:

$$M = \frac{F \cdot l^2}{10} = \frac{162 \cdot 0,75^2}{10} = 9,11 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Момент опору шини відносно вісі

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{0,005 \cdot 0,04^2}{6} = 1,33 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3.$$

Величина напруження в матеріалі шини:

$$\sigma_{\text{розр}} = \frac{M}{W} = \frac{9,11}{1,33 \cdot 10^{-6}} = 6,8 \cdot 10^6 \text{ Н / м}^2 = 6,8 \text{ МПа},$$

є менше допустимого значення напруження для алюмінію:

$$\sigma_{\text{розр}} \leq \sigma_{\text{доп}} (40 \text{ МПа}).$$

Перевірка обраного перерізу на термічну стійкість. Початкова температура шин:

$$\theta_{\text{поч}} = \theta_0 + (\theta_{\text{тр.доп}} - \theta_{\text{ном}}) \cdot \left(\frac{I_{\text{роб}}}{I'_{\text{тр.доп}}} \right)^2 = 15 + (70 - 25) \cdot \left(\frac{250}{594} \right)^2 \approx 23^{\circ} \text{ С}.$$

Для визначення густини теплового імпульсу ΔA потрібно значення приведенного часу дії струму КЗ t_{Π} :

$$t_{\Pi} = t_{\Pi.п} + t_{\Pi.а},$$

$t_{\Pi.п}, t_{\Pi.а}$ – приведений час періодичної та аперіодичної складових струму КЗ.

У першому наближенні приймаємо $t_{\Pi.п} \approx t_{\text{відім.}} = 1,5$ с. Аперіодичною складовою $t_{\text{відім.}} > 1$ с нехтуємо. Отже, $t_{\Pi} = 1,5$ с. Величина густини теплового імпульсу становить:

$$\Delta A = \frac{I_{\infty}^2 \cdot t_{\Pi}}{s^2} = \frac{4700^2 \cdot 1,5}{200} \approx 0,08 \cdot 10^4 \frac{A^2 \cdot c}{\text{мм}^4}.$$

На графіку кінцевої температури шин за протікання струмів КЗ (рис.2.4) знаходимо $\theta_{\text{кін}}$, яка становить 50°C , а це нижче припустимої температури короткочасного нагріву алюмінієвих шин - $\theta_{\text{донAl}} = 200^{\circ}\text{C}$.

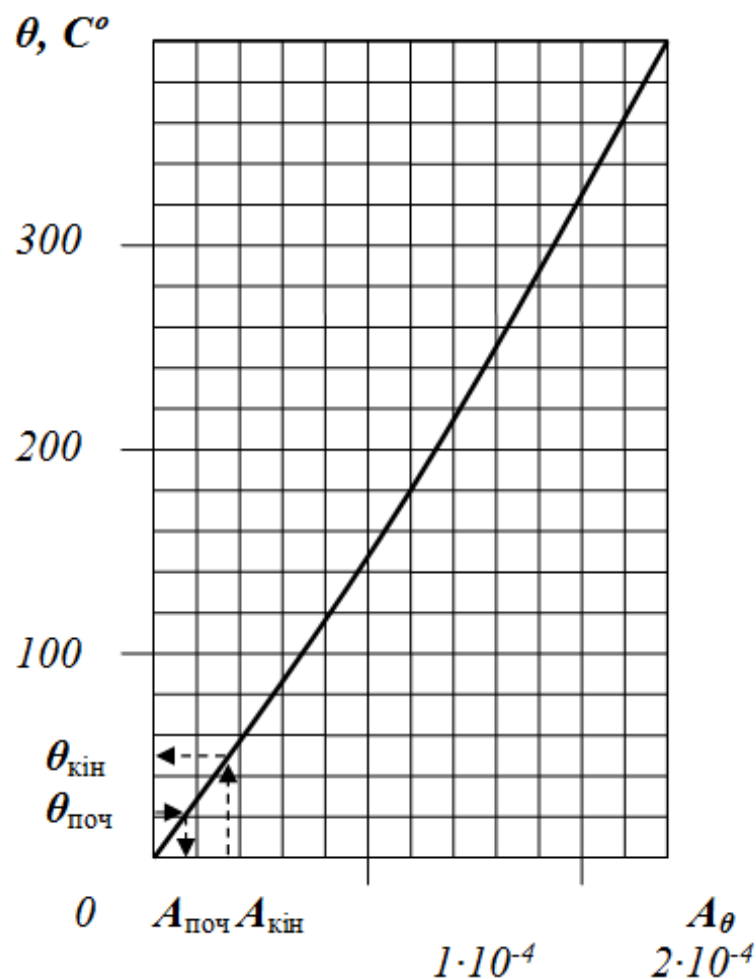


Рис.2.4. Визначення кінцевої температури шин за протікання струмів КЗ

Таким чином, обрані шини динамічно і термічно стійкі за розрахованого струму КЗ. В якості опорних ізоляторів обираємо ізолятор типу ИОР-6, номінальною напругою 6 кВ [9], при виконанні умови:

$$U_{\text{ном}} \geq U_{\text{мережі}},$$

$U_{\text{ном}}$ – номінальна напруга апарату; $U_{\text{мережі}}$ – напруга електричної мережі.

Перевірка обраного ізолятора на вигинаюче зусилля в результаті дії електродинамічної сили $F = 162 \text{ Н}$.

Умова максимально припустиме значення вигинаючого зусилля:

$$F_{\text{вигин}} \leq 0,6F_{\text{руйн}},$$

$F_{\text{вигин}} = F \cdot k_h$ (k_h – коефіцієнт перевищення центру шини, що встановлюється на ребро над висотою ізолятора. В нашому випадку

$$F_{\text{вигин}} = 162 \cdot 1 = 162 \text{ Н} < 0,6 \cdot 2500 = 1500 \text{ Н}.$$

Умова виконується.

Прохідний ізолятор типу ИП-6/8500 задовольняє умову $U_{\text{ном}} \geq U_{\text{мережі}}$.

Номінальний робочий струм такого ізолятора: $I_{\text{ном}} = 8500 \text{ А}$ перевищує максимальний струм в шинах $I_{\text{роб.мах}} = 8000 \text{ А}$.

Вигинаюче зусилля прохідного ізолятора:

$$F_{\text{вигин}} = 0,5 \cdot F = 0,5 \cdot 162 = 81 \text{ Н}.$$

Умова задовольняється:

$$F_{\text{вигин}} \leq 0,6 \cdot F_{\text{руйн}}, 81 \text{ Н} < 0,6 \cdot 3750 = 2250 \text{ Н}.$$

Ізолятор дозволено використовувати для наведених умов.

За технічних умов для РП-6 кВ ТП 35/6 кВ ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ» вибрані:

- шини – алюмінієві, $2000 \times 20 \text{ мм}$ (8000 мм^2), $I_{\text{тр.доп}} = 8000 \text{ А}$;
- опорні ізолятори – ИОР-6 з номінальною напругою 6 кВ;
- прохідні ізолятори – ИП-6/8500 $U_{\text{ном}} = 6 \text{ кВ}$, $I_{\text{ном}} = 8000 \text{ А}$.

2.3. Методика розрахунку потужності споживачів енергії та вибору енергоефективного комутаційного та захисного обладнання цеху

2.3.1. *Визначаються основні техніко-економічні показники СЕП* об'єкту[8,13], такі як: від якої ТП, РП та фідера відбувається живлення цеху; якими засобами здійснюється облік спожитої електроенергії, застосовано АСКОЕ на об'єкті, якими проводами та кабелями здійснено монтаж СЕП та способи прокладки таких ЛЕП. Основні техніко-економічні дані відносно потужності цеху зведені в табл.2.4, та табл.2.5.

Таблиця 2.4

Техніко-економічні показники потужності кисневого цеху комбінату

Найменування показника	Одиниці вимірювання	Кількість
Розрахункова потужність електроспоживачів дослідного цеху:		
Електронагрівачі кисневого цеху (окрема група)	S (кВА)	2486
Всі групи та категорії електроспоживачів кисневого цеху	P (кВт)	2579
	S (кВА)	2804
Річні затрати електроенергії	МВтч	3200÷3500

Розрахункова максимальна потужність споживачів електроенергії кисневого цеху комбінату напругою 0,4 кВ становить: Активна - 2579 кВт; Повна - 2804 кВ·А; $\cos\phi = 0,92$. Розрахунок роботи СЕП має на увазі режим роботи цеху в одну зміну з нормованим річним використанням в 1700 годин для силових споживачів, та 750 годин роботи електроосвітлення враховуючи пори року та зміну добового часообліку в літній та зимній період.

Електромережа дослідного цеху трьох провідна, наругою 380/220 В, заземлення СЕП кисневого цеху типу TN-S (з виконанням окремих захисних зануляючих провідників). Розподільні кабельні ЛЕП прокладені в сталевих трубах по стінах. Припливно-витяжні установки працюють як місцево, так і дистанційно з можливістю відключення припливно-витяжних установок під час пожежі відповідно до сигналу пожежної сигналізації.

Таблиця 2.4.

Потужність основних споживачів електроенергії кисневого цеху з урахуванням розрахункових коефіцієнтів

Найменування	Встановлена потужність, кВт	Коефіцієнт попиту, K_c	Коефіцієнт потужності $\cos\varphi/\text{tg}\varphi$
Холодильна установка №1	280	0,85	0,95/0,33
Холодильна установка №2	280	0,85	0,95/0,33
Механічна майстерня	154	0,8	0,95/0,33
Кран	157	0,5	0,8/0,33
Пожежна станція	16	0,8	0,95/0,33
Насоси рідкого кисню	120	0,5	0,8/0,75
Водяні насоси	287	0,75	0,80/0,75
Електроосвітлення	50	0,82	0,8/0,48
Таль 3.2 т.	102	0,75	0,80/0,75
Задвижки	18	0,75	0,80/0,75
Нагрів тех. процесу	150	0,82	0,9/0,48
Насос рідкого аргону	17	0,75	0,80/0,75
Припливно-витяжні установки	16	0,8	0,95/0,33

2.3.2. Відповідно до методики розрахунку визначаємо потужність та робочі струми частини розгалуженої мережі 0,4 кВ кисневого цеху комбінату [8,13]. Потужність споживачів електроенергії кисневого цеху відповідно до табл. 2.4.

Номінальна напруга мережі: $U_{\text{ном}}=0,4$ кВ.

Потужність споживачів:

- $P_1=280$ кВт;

- $P_2=280$ кВт;

- $P_3=154$ кВт;

- $P_4=157$ кВт;

- $P_5=16$ кВт;

- $P_6=120$ кВт;

- $P_7=287$ кВт;

- $P_8=50$ кВт;

- $P_9=102$ кВт;
- $P_{10}=18$ кВт;
- $P_{11}=150$ кВт;
- $P_{12}=17$ кВт;
- $P_{13}=16$ кВт.

Струми, які споживає кожен основний споживач електроенергії кисневого цеху визначається за відомою формулою:

$$I=P/(\sqrt{3}\cdot U_H).$$

Максимальний робочий струм в лініях L1- L13 буде становити суму (нехтуючи відмінностями в значеннях $\cos\varphi$ окремих споживачів):

$$\sum = I_{\text{роб.мак}} (L1-L13).$$

2.3.3 Вибір енергоефективних автоматичних вимикачів СЕП дослідного цеху[8,13]. Як зазначалось в першому розділі даної роботи - автоматичні вимикачі призначені для захисту електроустановок напругою до 1000 та є самими досконалою захисною апаратурою захисту як від перевантажень, так і від КЗ в електромережах. Єдиним значним недоліком автоматичних вимикачів (окрім цінової складової) є те, що таке обладнання призначене для нечастих комутацій електромереж де вони встановлені.

Для забезпечення надійного захисту частини ліній СЕП за допомогою силових автоматичних вимикачів їхні параметри мають відповідати умовам, показаним на 32-33 сторінці цього диплому. Серії ВА88 та Compact NS задовільняє поставлені умови.

Визначимо умови живлення кожного електроспоживача відповідно до табл.

2.4. Приймаємо, що ЛЕП яка буде забезпечувати електроживлення споживачів буде вибиратись таким чином:

- Кожен потужний споживач живиться окремою ЛЕП;
- Споживачі, що мають відносно невеликі потужності можливо об'єднувати в одну ЛЕП для забезпечення паралельного ефективного захисту.

Пропонуємо встановити автоматичні вимикачі серії ВА88, або Compact NS, виходячи з цінової політики вартості серій на час встановлення. Для зручності, надамо характеристики автоматичних вимикачів серії ВА88 (табл. 2.5 2.6 та 2.7).

Таблиця 2.5

Технічні характеристики ВА88

Максимальний номінальний струм (базовий габарит) I_{nm} , А	100 125; 160; 250; 400; 800; 1600
Розчеплювач надструмів	Тепловий, електромагнітний, електронний
Найбільша номінальна робоча відключаюча здатність I_{cs} , кА	100 12.5; 17.5; 25; 35; 50
Найбільша номінальна придільна відключаюча здатність I_{cu} , за 220 В, кА	25; 35; 50
Найбільша номінальна придільна відключаюча здатність I_{cu} , за 690 В, кА	4; 6; 14; 18; 20
Механічна зносостійкість циклів Вкл.- Викл.	від 2500 до 8500
Електрична зносостійкість циклів Вкл.- Викл.	від 1500 до 2500
Значення кліматичного виконання	УХЛЗ;, УХЛЗ.1
Маса, кг	0,92 - 17,2
Термін служби.	не менше 15 років

Таблиця 2.6

Електротехнічні характеристики вимикачів серії ВА88-32 3Р, 25кА

Найменування	Номінальний струм, А	Кількість полюсів	Номінальна відключаюча здатність I_{cu}
ВА88-32 3Р 12,5 А 25 кА	12,5	3	25
ВА88-32 3Р 16 А 25кА	16	3	25
ВА88-32 3Р 25 А 25 кА	25	3	25
ВА88-32 3Р 32 А 25 кА	32	3	25
ВА88-32 3Р 40 А 25 кА	40	3	25
ВА88-32 3Р 50 А 25 кА	50	3	25
ВА88-32 3Р 63 А 25 кА	63	3	25
ВА88-32 3Р 80 А 25 кА	80	3	25
ВА88-32 3Р 100 А 25 кА	100	3	25
ВА88-32 3Р 125 А 25 кА	125	3	25

Електротехнічні характеристики вимикачів серії ВА88-35 3Р, 35кА

Найменування	Номинальний струм, А	Кількість полюсів	Номинальна відключаюча здатність I_{cu}
ВА88-35 3Р 63А 35кА	63	3	35
ВА88-35 3Р 80А 35кА	80	3	35
ВА88-35 3Р 100А 35кА	100	3	35
ВА88-35 3Р 125А 35кА	125	3	35
ВА88-35 3Р 160А 35кА	160	3	35
ВА88-35 3Р 200А 35кА	200	3	35
ВА88-35 3Р 250А 35кА	250	3	35

2.3.4. Відповідно до методики виконується перевірка вибору автоматичних вимикачів за такими умовами [8,13]:

1. За номінальною напругою відповідно до умови наведеного в паспорті значення напруги, яке повинно бути чисельно рівне напрузі електричної мережі. Наприклад.

$$U_{a\text{ ном}} = 400 \text{ В} \geq U_{\text{роб макс}} = 400 \text{ В}.$$

2. За номінальним струмом автоматичного вимикача, який встановлюється для захисту своєї ЛЕП.

Номинальний струмом автоматичного вимикача – це найбільше діюче значення струму, який автоматичний вимикач здатний довгостроково проводити за номінальної напруги та нормованої температури навколишнього середовища. Наприклад.

$$L : I_{a\text{ ном}} = 125 \text{ А} \geq I_{L\text{ ном}} = 120 \text{ А} .$$

3. За номінальним струмом (струмом уставки ,або відсічки) теплового розчіплювача автоматичного вимикача:

Струм уставки (струмом відсічки) електромагнітного розчіплювача є мінімальний струм спрацювання розчіплювача. Коефіцієнт надійності приймається у межах від 1.1 до 1.3. Наприклад

$$L : I_{p\text{ ном}} = 125 \text{ А} \geq k_{np} \cdot I_{\text{роб макс}} = 1,1 \cdot 120 = 132 \text{ А}.$$

4. За граничним струмом, який автоматичний вимикач здатний вимкнути декілька разів, причому залишаючись у справному стані та бути стійким до струмів наскрізного КЗ. Ця властивість характеризується електродинамічною та термічною стійкістю. Приклад: якщо максимальний струм КЗ буде 10 кА, тоді:

$$L: I_{\text{гр.відк}}=35 \text{ кА} \geq I_{\text{кз max}}=10 \text{ кА}.$$

5. За електродинамічною стійкістю, що характеризується амплітудою ударного струму КЗ, після пропускання якого автоматичний вимикач залишиться без залишкових деформацій деталей або недопустимого відкиду контактів, які можуть призвести до приварювання або вигорання. Якщо значення електродинамічної стійкості не вказано в супроводжуваних документах на автоматичний вимикач, то стійкість визначається комутаційною спроможністю.

На термічну стійкість автоматичні вимикачі не перевіряються.

2.4. Розрахунок струмів короткого замикання на шинах 6-35 кВ та в кабельних ЛЕП 6 кВ

Вибір комутаційної, захисної апаратури, типи та види провідників ЛЕП, термічного та динамічного впливу на конструкції РП, вибір і перевірка уставки релейного захисту та автоматики супроводжуватися обов'язковим розрахунком струмів КЗ. Щодо ТП 35/6 кВ ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ» використовуємо такі значення (рис.2.5)[20]:

- Опір від джерела до місця КЗ – шини РП-35 кВ: активний, $R_{\text{min}}= 0,641 \text{ Ом}$, $R_{\text{max}}= 0,838 \text{ Ом}$; індуктивний, $X_{\text{min}}= 4,2 \text{ Ом}$, $X_{\text{max}}= 6,15 \text{ Ом}$;

- Опір від трансформатора (35/6 кВ) до місця КЗ – шини РП-6 кВ: активний, $R_{\text{min}}= 0,068 \text{ Ом}$, $R_{\text{max}}= 0,092 \text{ Ом}$; індуктивний, $X_{\text{min}}= 1,013 \text{ Ом}$, $X_{\text{max}}= 1,295 \text{ Ом}$.
Мінімальні та максимальні значення опору характеризують ЛЕП за початкового (максимального) та сталого струмів КЗ

- Характеристики погонних опорів кабельних ЛЕП [5], які приєднані до комірок РП-6 кВ приведено у табл. 2.8.

Характеристики погонних опорів кабелів комірок РП-6 кВ

Кабель кабельної ЛЕП	Переріз, мм ²	r_0 , мОм/м	x_0 , мОм/м
Алюмінієві жили в алюмінієвій оболонці	3×150	0,78	0,135
Алюмінієві жили в свинцевій оболонці	3×185	0,66	0,122
Алюмінієві жили в свинцевій оболонці	3×240	0,553	0,107
Алюмінієві жили в свинцевій оболонці	3×185	1,69	0,606

Застосуємо такі спрощення щодо розрахунку струмів КЗ (завищення показників струму КЗ приймаємо не більше 10%):

- джерела живлення, які відповідають місцю КЗ, працюють в номінальному режимі;
- насичення магнітних кіл не враховуються;
- струми холостого ходу (ХХ) трансформаторів не враховуються;
- , ємнісна провідність ліній електропередач не береться в розрахунок;
- втрати напруги в лініях і силових трансформаторах не враховуються;
- розрахункова напруга кожної ступені мережі приймається вище її номінального значення на 5%;
- активний (індуктивний) опір елементів мережі нехтується, якщо результуючий опір при цьому зменшується не більш ніж на 10%.

Методика розрахунку струмів КЗ на шинах РП-35 кВ[20]:

Початковий струм КЗ:

$$I_{n0}^{(3)} = \frac{U \cdot 105\%}{\sqrt{3} \cdot Z'} = \frac{35000 \cdot 1,05}{\sqrt{3} \cdot 4,2} = 5,1 \text{ кА},$$

де $Z' = X_{min} = 4,2 \text{ Ом}$.

Нехтуємо активним опором $r_{min} = 0,641 \text{ Ом}$.

Сталий струм КЗ становить:

$$I_{\infty}^{(3)} = \frac{U \cdot 105\%}{\sqrt{3} \cdot Z} = \frac{35000 \cdot 1,05}{\sqrt{3} \cdot 6,15} = 3,5 \text{ кА},$$

де $Z = X_{max} = 6,15 \text{ Ом}$ (активним опором нехтуємо $r_{max} = 0,838 \text{ Ом}$).

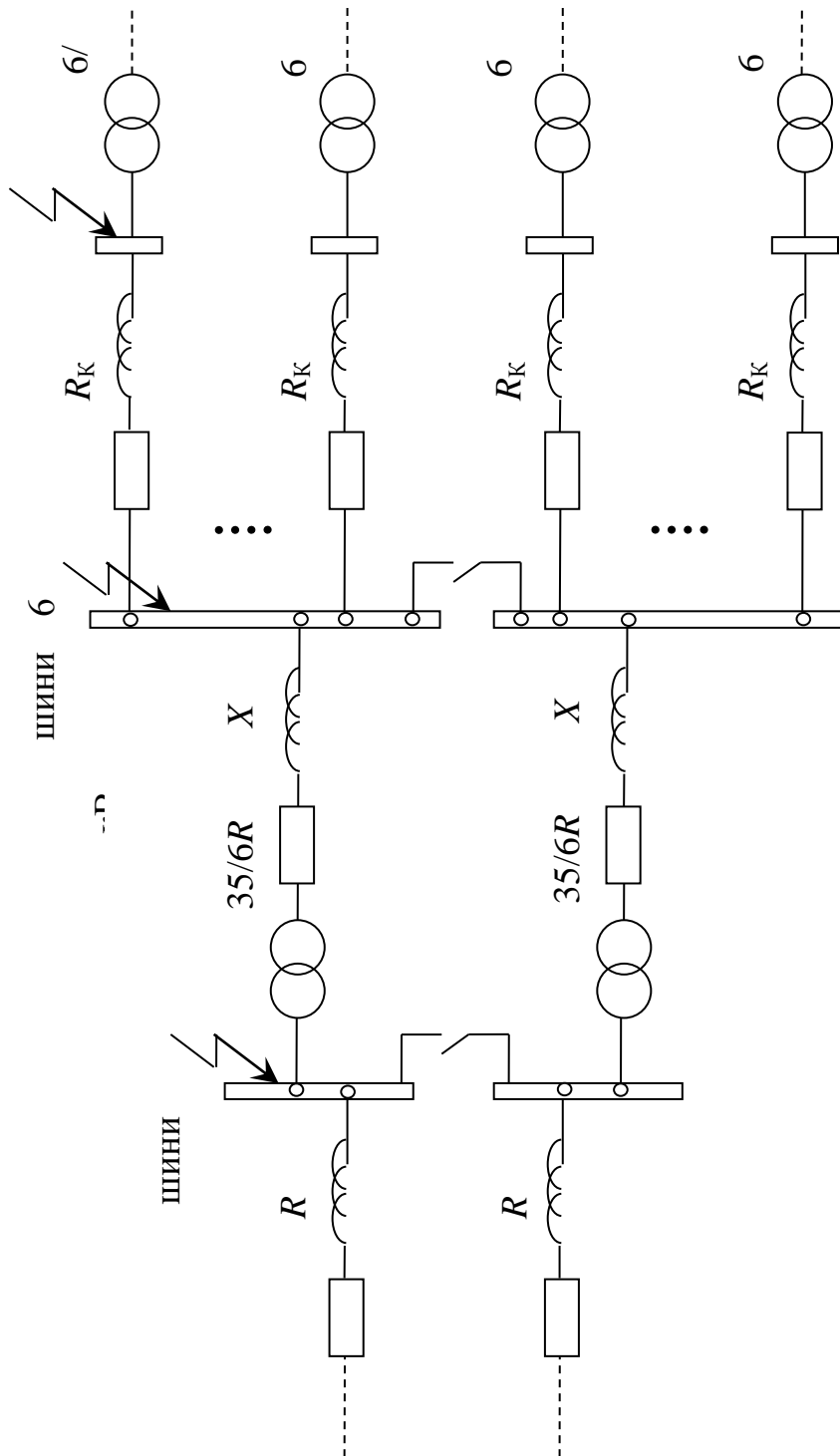


Рис.2.5. Схема розрахунку струмів КЗ в мережі ТП 35/6 кВ ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ»

Ударний струм КЗ становить:

$$i_y = \sqrt{2} \cdot I_{n0}^{(3)} \cdot \kappa_y = \sqrt{2} \cdot 5100 \cdot 1,6 = 11,5 \text{ кА},$$

де $\kappa_y = 1 + e^{-\frac{\Pi \cdot R_{\min}}{X_{\min}}} = 1,6$ - ударний коефіцієнт.

Методика розрахунку струмів КЗ на шинах РП-6 кВ аналогічна розрахунку струмів КЗ на шинах РП-35 кВ:

$$I_{n0}^{(3)} = \frac{U \cdot 105\%}{\sqrt{3} \cdot Z'} = \frac{10000 \cdot 1,05}{\sqrt{3} \cdot 1,013} = 6 \text{ кА};$$

$$I_{\infty}^{(3)} = \frac{U \cdot 105\%}{\sqrt{3} \cdot Z} = \frac{10000 \cdot 1,05}{\sqrt{3} \cdot 1,295} = 4,7 \text{ кА},$$

$$i_y = \sqrt{2} \cdot I_{n0}^{(3)} \cdot \kappa_y = \sqrt{2} \cdot 6000 \cdot 1,8 = 15,3 \text{ кА}.$$

Методика визначення струмів КЗ в ЛЕП 6 кВ.

Для визначення уставок релейного захисту ЛЕП та вибору шин і відповідних ізоляторів розраховуються опори кабелів та струми КЗ ліній 6 кВ.

З двох комірок РП відходить два кабелі, довжиною 600 м марки ААБ 3×150. Активний та індуктивний опори кожного кабелю становлять відповідно:

$$R_k = r_0 \cdot l = 0,78 \cdot 600 = 468 \text{ мОм} = 0,468 \text{ Ом},$$

$$X_k = x_0 \cdot l = 0,135 \cdot 600 = 81 \text{ мОм} = 0,081 \text{ Ом},$$

де r_0 – погонний активний опір, x_0 – погонний індуктивний опір, l – довжина кабелю.

Сумарний опір ЛЕП «Трансформатор 35/6 – шини – РП»:

$$Z_{\text{Л}} = \sqrt{(X_{\text{max}} + X_k)^2 + R_k^2} = \sqrt{(1,295 + 0,081)^2 + 0,468^2} = 1,45 \text{ Ом}.$$

Сталий струм КЗ:

$$I_{\infty}^{(3)} = \frac{U \cdot 105\%}{\sqrt{3} \cdot Z_{\text{Л}}} = \frac{10000 \cdot 1,05}{\sqrt{3} \cdot 1,45} \approx 4,2 \text{ Ом}.$$

Таким чином розраховуються струми КЗ для інших ЛЕП від комірок до ТП:

- Для ЛЕП комірочки на ТП 3036 з кабелем марки ААБ 3×150, довжиною 250 м):

$$R_k = 0,78 \cdot 250 = 0,195 \text{ Ом},$$

$$X_k = 0,135 \cdot 250 = 0,034 \text{ Ом},$$

$$Z_{\text{Л}} = 1,34 \text{ Ом},$$

$$I_{\infty}^{(3)} = \frac{10000 \cdot 1,05}{\sqrt{3} \cdot 1,34} = 4,5 \text{ кА.}$$

Для ЛЕП двох комірок живлення ТП 4688 (2 кабелі марки ААБЛ 3×185, з довжинами 166,2 м кожний):

$$R_k = 0,66 \cdot 166,2 = 0,11 \text{ Ом,}$$

$$X_k = 0,122 \cdot 166,2 = 0,02 \text{ Ом,}$$

$$Z_{\text{л}} = 1,32 \text{ Ом,}$$

$$I_{\infty}^{(3)} = \frac{10000 \cdot 1,05}{\sqrt{3} \cdot 1,32} \approx 4,6 \text{ кА.}$$

Для ЛЕП комірки живлення ТП 4642 (кабель марки ААБЛ 3×185, довжиною 267,9 м):

$$R_k = 0,66 \cdot 267,9 = 0,177 \text{ Ом,}$$

$$X_k = 0,122 \cdot 267,9 = 0,033 \text{ Ом,}$$

$$Z_{\text{л}} = 1,34 \text{ Ом,}$$

$$I_{\infty}^{(3)} = \frac{10000 \cdot 1,05}{\sqrt{3} \cdot 1,34} = 4,5 \text{ кА.}$$

Для ЛЕП двох комірок, від яких живиться ТП 4797 (2 кабелі марки ААБ 3×240, з довжинами 878 м обидва):

$$R_k = 0,553 \cdot 878 = 0,485 \text{ Ом,}$$

$$X_k = 0,107 \cdot 878 = 0,094 \text{ Ом,}$$

$$Z_{\text{л}} = 1,47 \text{ Ом,}$$

$$I_{\infty}^{(3)} = \frac{10000 \cdot 1,05}{\sqrt{3} \cdot 1,47} \approx 4,1 \text{ кА.}$$

Для ЛЕП комірки живлення ТП 3125 (кабель марки ААБ 3×150, довжиною 970 м):

$$R_k = 0,78 \cdot 970 = 0,757 \text{ Ом,}$$

$$X_k = 0,135 \cdot 970 = 0,131 \text{ Ом,}$$

$$Z_{\text{л}} = 1,6 \text{ Ом,}$$

$$I_{\infty}^{(3)} = \frac{10000 \cdot 1,05}{\sqrt{3} \cdot 1,6} \approx 3,8 \text{ кА.}$$

Для ЛЕП комірки живлення ТП 3218 (кабель марки ААБ 3×150, довжиною 820 м):

$$R_k = 0,78 \cdot 820 = 0,640 \text{ Ом},$$

$$X_k = 0,135 \cdot 820 = 0,111 \text{ Ом},$$

$$Z_{\text{л}} = 1,54 \text{ Ом},$$

$$I_{\infty}^{(3)} = \frac{10000 \cdot 1,05}{\sqrt{3} \cdot 1,54} \approx 3,9 \text{ кА}.$$

Для ЛЕП комірки живлення ТП 2745 (кабель марки ААБ 3×185, довжиною 1101 м):

$$R_k = 0,66 \cdot 1101 = 0,727 \text{ Ом},$$

$$X_k = 0,122 \cdot 1101 = 0,134 \text{ Ом},$$

$$Z_{\text{л}} = 1,6 \text{ Ом},$$

$$I_{\infty}^{(3)} = \frac{10000 \cdot 1,05}{\sqrt{3} \cdot 1,6} \approx 3,8 \text{ кА}.$$

Для ЛЕП комірки живлення ТП 2830 (кабель марки ААБ 3×150, довжиною 450 м):

$$R_k = 0,78 \cdot 450 = 0,351 \text{ Ом},$$

$$X_k = 0,135 \cdot 450 = 0,061 \text{ Ом},$$

$$Z_{\text{л}} = 1,4 \text{ Ом},$$

$$I_{\infty}^{(3)} = \frac{10000 \cdot 1,05}{\sqrt{3} \cdot 1,4} = 4,3 \text{ кА}.$$

Для ЛЕП комірки живлення ТП 2746 (кабель марки ААБ 3×185, довжиною 1188 м):

$$R_k = 0,66 \cdot 1188 = 0,784 \text{ Ом},$$

$$X_k = 0,122 \cdot 1188 = 0,145 \text{ Ом},$$

$$Z_{\text{л}} = 1,64 \text{ Ом},$$

$$I_{\infty}^{(3)} = \frac{10000 \cdot 1,05}{\sqrt{3} \cdot 1,64} \approx 3,7 \text{ кА}.$$

Для ЛЕП комірки живлення ТП 1865 (кабель марки АСБ 3×185, довжиною 194 м):

$$R_k = 1,69 \cdot 194 = 0,328 \text{ Ом},$$

$$X_k = 0,606 \cdot 194 = 0,118 \text{ Ом},$$

$$Z_{\Sigma} = 1,45 \text{ Ом},$$

$$I_{\infty}^{(3)} = \frac{10000 \cdot 1,05}{\sqrt{3} \cdot 1,45} = 4,2 \text{ кА}.$$

Для ЛЕП комірки живлення РП-95 (кабель марки ААБ 3×185, довжиною 1450 м):

$$R_k = 0,66 \cdot 1450 = 0,957 \text{ Ом},$$

$$X_k = 0,122 \cdot 1450 = 0,177 \text{ Ом},$$

$$Z_{\Sigma} = 1,76 \text{ Ом},$$

$$I_{\infty}^{(3)} = \frac{10000 \cdot 1,05}{\sqrt{3} \cdot 1,76} \approx 3,4 \text{ кА}.$$

Передбачено дві комірки, до яких увімкнено заземлювальні дугогасні реактори, також передбачена частина резервних комірок.

Таблиця 2.9

Результати розрахунку струмів короткого замикання

Місце КЗ	Усталений струм ($I_{\infty}^{(3)}$), кА	Ударний струм (i_y), кА
Шини 35 кВ	3,5	11,5
Шини 6 кВ	4,7	15,3
Лінії ЛЕП СЕП комбінату:		
- комірка РП	4,2	-
- комірка ТП-3036	4,5	-
- комірка ТП-4688	4,6	-
- комірка ТП-4688	4,6	-
- комірка ТП-4642	4,5	-
- комірка РП-56	4,2	-
- комірка ТП-4797	4,1	-
- комірка ТП-4797	4,1	-
- комірка ТП-3125	3,8	-
- комірка ТП-3218	3,9	-
- комірка ТП-2745	3,8	-
- комірка ТП-2830	4,3	-
- комірка ТП-2746	3,7	-
- комірка ТП-1865	4,2	-
- комірка РП-95	3,4	-

Висновок до розділу №2

В другому розділі даної роботи було досягнуто таких результатів:

1. Охарактеризовані особливості електропостачання СЕП кисневого цеху ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ»;
2. Визначена основна захисна та комутаційна апаратура, яка використовується на теперішній час для цехів промислового призначення, а саме:
 - Плавкі запобіжники різних серій;
 - Роз'єднувачі (рубильники);
 - Трансформатори струму;
 - Автоматичні вимикачі.
3. Показані структури схеми ЦРП секцій №1 та №2 електроспоживачів кисневого цеху ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ»;
4. Наданий розрахунок електричних параметрів та обладнання підводу електроенергії від ПР 6 кВ до кисневого цеху ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ»;
5. Застосовано методику розрахунку потужності споживачів енергії та вибору енергоефективного комутаційного та захисного обладнання дослідного цеху;
6. Здійснено розрахунок струмів КЗ на шинах 6-35 кВ та в кабельних ЛЕП 6 кВ від комірок до споживачів ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ».

РОЗДІЛ №3

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ КИСНЕВОГО ЦЕХУ ПАО «МЕТАЛУРГІЙНИЙ КОМБІНАТ АЗОВСТАЛЬ»

3.2. Засоби компенсації реактивної потужності та економічна доцільність вибору таких засобів для кисневого цеху ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ»

В даній дипломній роботі розглянемо ще один з важливих та дієвих шляхів енергозбереження в цехах промислового призначення, та цілком прийнятний для кисневого цеху ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ» - це є компенсація реактивної потужності.

Повна потужність вираховується за формулою[13]:

$$S = \sqrt{P^{(2)} + PQ^{(2)}}$$

Суть заходів з компенсації реактивної потужності зводиться до зменшення споживання реактивної потужності та збільшення активної потужності в загальному показнику повної потужності.

Виходячи з рис.3.1. зменшення реактивної складової повної потужності збільшить активну складову. Чим більше $\cos \varphi$, тим краще з точки зору енергоефективності.

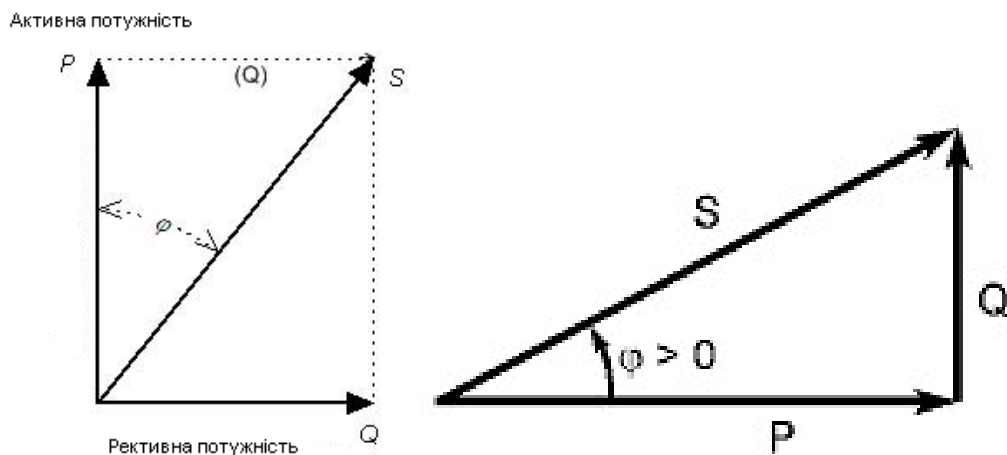


Рис. 3.1. Залежність повної потужності від зміни кута φ

Чим більша реактивна потужність за постійної активної складової, тим нижче коефіцієнт потужності ($\cos \varphi$).

На рис.3.2 показана частина загальної схеми СЕП ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ» з асинхронним двигуном дуже великої потужності. Як відомо, асинхронні двигуни є джерелом реактивної потужності яку в цілях забезпечення енергоефективності потрібно компенсувати.

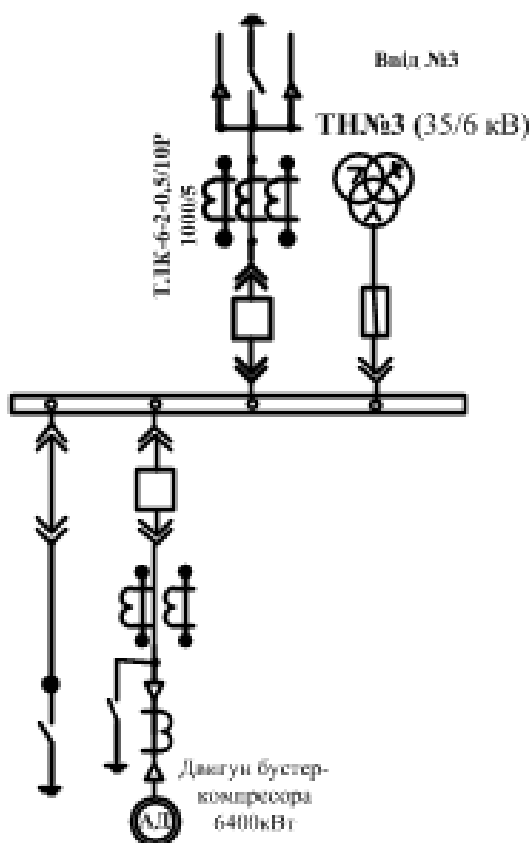


Рис.3.2. Частина загальної схеми СЕП ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ» з АД великої потужності.

На даний час снують дві групи заходів з підвищення коефіцієнта потужності[17,18]:

1 група – встановлення компенсуючих пристроїв не доцільне а заходи зводяться до:

- підвищення завантаження асинхронних двигунів;
- ліквідація режиму роботи асинхронних двигунів з малим навантаженням та режимах «холостого ходу»;

- реалізація перемикання обмоток статора асинхронних електродвигунів (стосується електроспоживачів з напругою до 1000 В та з'єднання обмоток «трикутником» на «зірку» за їх завантаження менше 40%;
- вибір потужності трансформаторів не менше ніж 30% номінальної потужності;
- забезпечення плавного регулювання напруги (наприклад за допомогою тиристорних пристроїв);
- підвищення завантаження споживачів відповідно до часу роботи;
- заміна асинхронних двигунів синхронними з точки зору економічної доцільності ;
- експлуатація перетворювачів електроенергії з великим числом фаз випрямлення, тощо;

2 група – встановлення компенсуючих пристроїв доцільне та необхідне та зводиться до таких заходів застосування відповідних компенсуючих пристроїв, а саме:

- синхронні двигуни (компенсатори);
- комплектні конденсаторні батареї;
- фільтрокомпенсуючі пристрої;
- статистичні компенсатори (керовані тиристорами реактори або комутовані тиристорами конденсатори);
- найбільш дієвий та ефективний спосіб є застосування установок компенсації реактивній потужності (спеціальних конденсаторних установок).

Прийнятним значенням коефіцієнту потужності $\cos \varphi$ є показник вищий за 0.9, а сам коефіцієнт потужності нижче 0.9 любого об'єкту за рахунок компенсації реактивної складової необхідно підвищити вище 0,9 до (як найблище до значення одиниці). На практиці часто застосовуються штучні компенсуючі пристрої.

Показники потужності споживачів електроенергії кисневого цеху, $\cos \varphi$ яких менший 0.9 - показані в табл..3.1. Відповідно до даних цієї таблиці до цих споживачів потрібно застосовувати заходи з підвищення коефіцієнта потужності, описані вище.

Таблиця 3.1.

Показники потужності споживачів електроенергії кисневого цеху з коефіцієнтом потужності нижче 0.9

Найменування	Встановлена потужність, кВт	Коефіцієнт попиту, K_c	Коефіцієнт потужності $\cos\varphi/\text{tg}\varphi$
Кран	157	0,5	0,8/0,33
Насоси рідкого кисню	120	0,5	0,7/0,55
Водяні насоси	287	0,75	0,80/0,75
Електроосвітлення	50	0,82	0,8/0,48
Таль 3.2 т.	102	0,75	0,80/0,75
Задвижки	18	0,75	0,80/0,75
Нагрів тех. процесу	150	0,82	0,9/0,48
Насос рідкого аргону	17	0,75	0,80/0,75

За способом розміщення компенсуючі пристрої можуть підключатись як на ввводі в корпус, на шинах ТП так і безпосередньо біля електроспоживачів.

Для деяких споживачів кисневого цеху комбінату прийнятний найбільш ефективний та дешевий спосіб компенсації реактивної складової - безпосередньо біля електрообладнання за допомогою конденсаторних батарей (рис. 3.3). Конденсаторні батареї – є спеціалізованими ємнісними компенсуючи ми пристроями, та призначені для вироблення реактивної потужності.

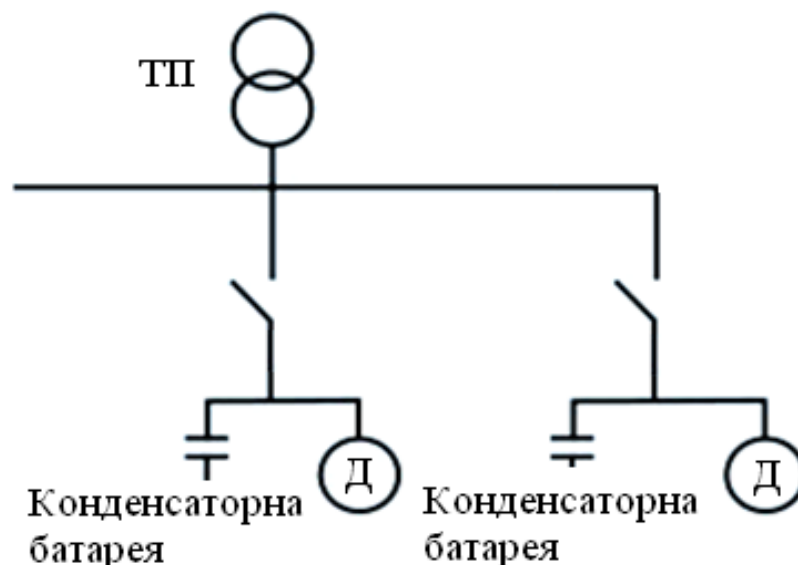


Рис.3.3. Індивідуальна компенсація реактивної потужності

У разі застосування централізованої компенсації (рис 3.4 та рис.3.5) конденсаторна установка має комплектуватись спеціальним контролером, який називають - автоматичний регулятор реактивної потужності, та комутаційно-захисною апаратурою в ланцюзі спеціалізованої конденсаторної установки.



Рис. 3.4. Комплексна конденсаторна установка з комутаційно-захисною апаратурою та можливістю автоматичного регулювання реактивної потужності

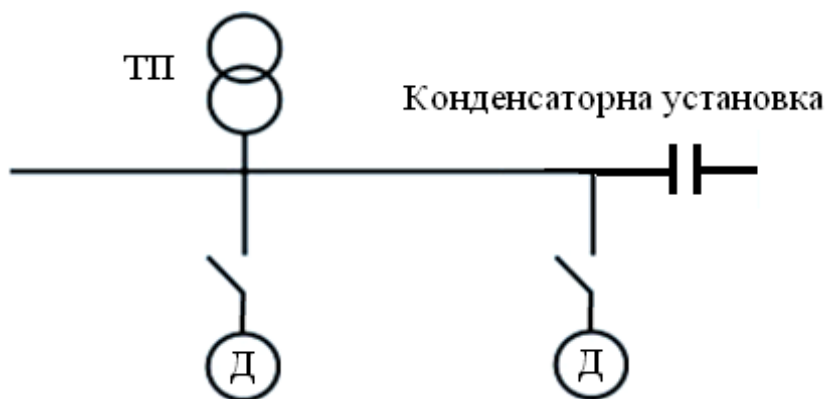


Рис. 3.5. Централізована компенсація реактивної потужності

Після фіксації відхилення $\cos \varphi$ нижче, або вище заданого значення, контролер автоматично підключає або відключає певні секції конденсаторних батарей. Тобто процес має ступінчастий характер. Контроль здійснюється

автоматично, а потужність підключених секцій КБ відповідає споживаній в даний конкретний момент часу реактивній потужності, що виключає генерацію реактивної потужності в мережу і появу перекомпенсації.

Використання конденсаторних установок має такі позитивні наслідки:

- розвантаження ЛЕП, трансформаторів та РП;
- зниження рівня вищих гармонік;
- пониження несиметрії фаз, тощо.

Установка комплексних конденсаторних установок зі сторони 6-10 кВ цехових ТП, ЦРП та РП, як правило, економічно недоцільне. Їх доцільно встановлювати на головних РП.

Ще один дієвий спосіб компенсації реактивної потужності застосовують на етапі проектування та перегрупування під час модернізації. Зв'язаний цей спосіб розподіленням навантаження трансформаторів в ТП. Заміна трансформаторів на менш потужні є доцільною у випадку навантаження їх менше ніж на 30%, а їх робота у вихідні, неробочі та святкові дні взагалі недоцільна.

Під час вибір засобу компенсації реактивної потужності кисневого цеху комбінату варто звернути увагу на такі аспекти[17,18]:

- врахування не тільки структурного розподілу електроспоживачів та конструктивної побудови СЕП ПАО (та кисневого цеху як підсистеми загальної СЕП), а й техніко-економічних розрахунків споживання електроенергії кожним споживачем кисневого цеху;
- врахування таких показників економічності, як питомі витрати активної потужності на збільшення реактивної складової в повній потужності;
- не доцільне економічним та доцільним отримання реактивної потужності за рахунок великих затрат активної потужності;
- вибір та розрахунок компенсуючих пристроїв по доцільності та мінімуму строку окупності затрат економічності вважати критерієм економічності.

На рис. 3.5. показана змішана схема компенсації реактивної потужності СЕП кисневого цеху ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ» з використанням як конденсаторних установок, так і конденсаторних батарей.

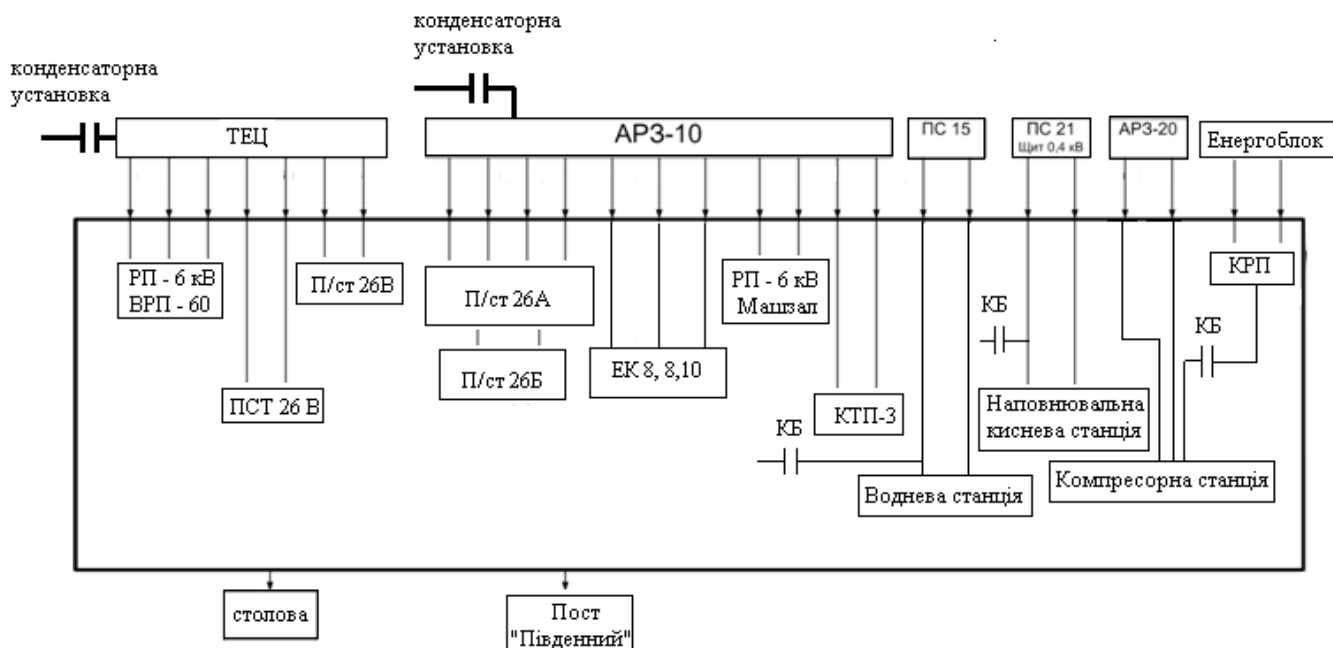


Рис.3.5. Змішана схема компенсації реактивної потужності СЕП кисневого цеху ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ»

3.2. Вибір автономного безперебійного джерела живлення на основі дизель-електричного генератора для електроспоживачів першої категорії електропостачання кисневого цеху комбінату

Електростанція (установка) на основі дизельний генератору різної потужності – електростанція, яка забезпечує автономне перетворення механічної енергії обертання валу дизельного двигуна в електричну енергію, що виробляється генератором змінного струму, та використовується в умовах:

- для резервного електропостачання;
- забезпечення електроенергією аварійних СЕП;
- комплектації основних потужностей СЕП під час пікових навантажень;
- як основні джерела електропостачання за відсутності основних промислових електромереж [1].

Способи реалізації безперебійного живлення з допомогою дизель-генераторної установки з забезпеченням АВР, які підходять для кисневого цеху ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ», показані на рис. 3.6.

Такі способи забезпечать живлення електроприймачів першої категорії, перерва в роботі яких може призвести до таких тяжких наслідків:

- загроза життю та здоров'ю технічного персоналу;
- в результаті аварійного відключення СЕП гарантовані великі матеріальні збитки від затримки випуску продукції, або масовий брак продукції;
- псування технологічного обладнання, з довготривалим відновленням складного технологічного процесу;
- існування технологічних процесів, де передбачена перерва електроспоживання має становити від 0.3 -10 сек.

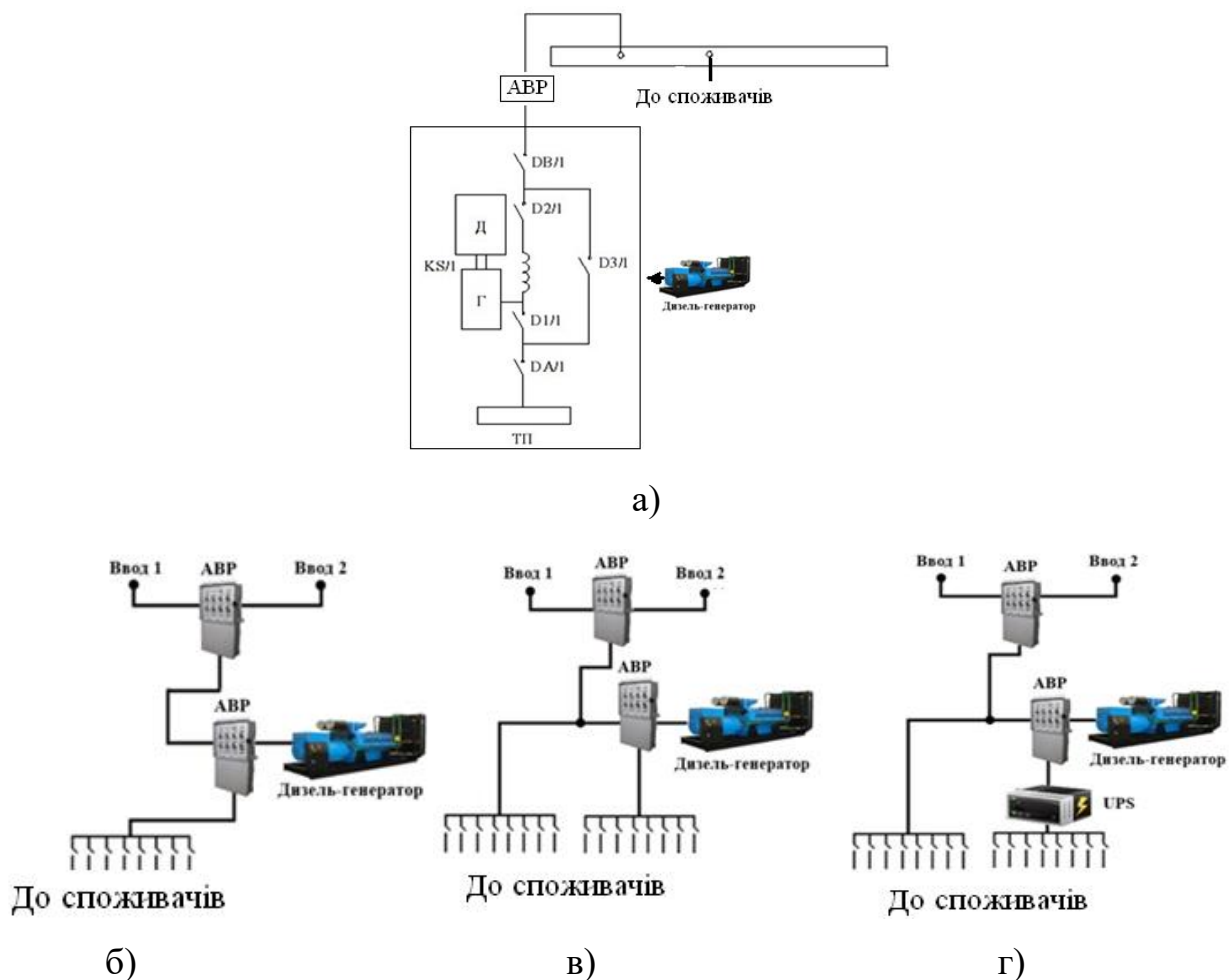


Рис. 3.6. Способи реалізації безперебійного живлення з допомогою дизель-генераторної установки з чотирма різними прикладами забезпечення АВР

Дизельний динамічний ДБЖ в своєму складі містить:

- дизельний двигун;
- електромагнітну муфту зчеплення;
- синхронну електричну машину;
- маховик на одному валу.

Такий ДБЖ містить спеціальний дросель з функцією фільтру, що забезпечує «чисту» відфільтровану напругу після проходження її через ДБЖ (рис 3.7).

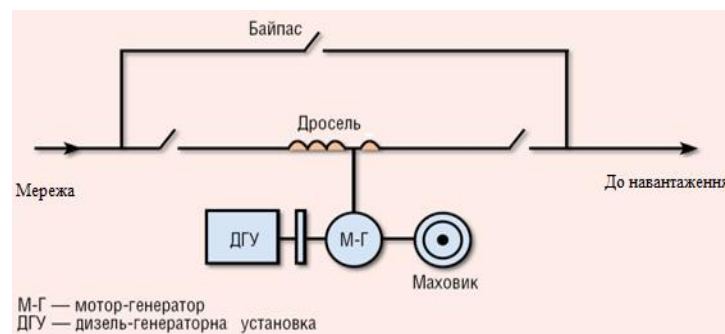


Рис. 3.7. Схематична робота ДБЖ (Diesel Rotary UPS)

Останнім часом вибір автономної електростанції відбувається між статичними ДБЖ та дизельними динамічними ДБЖ. З точки зору енергоефективної експлуатації динамічні ДБЖ є більш ефективними, що демонструє рис. 3.8.

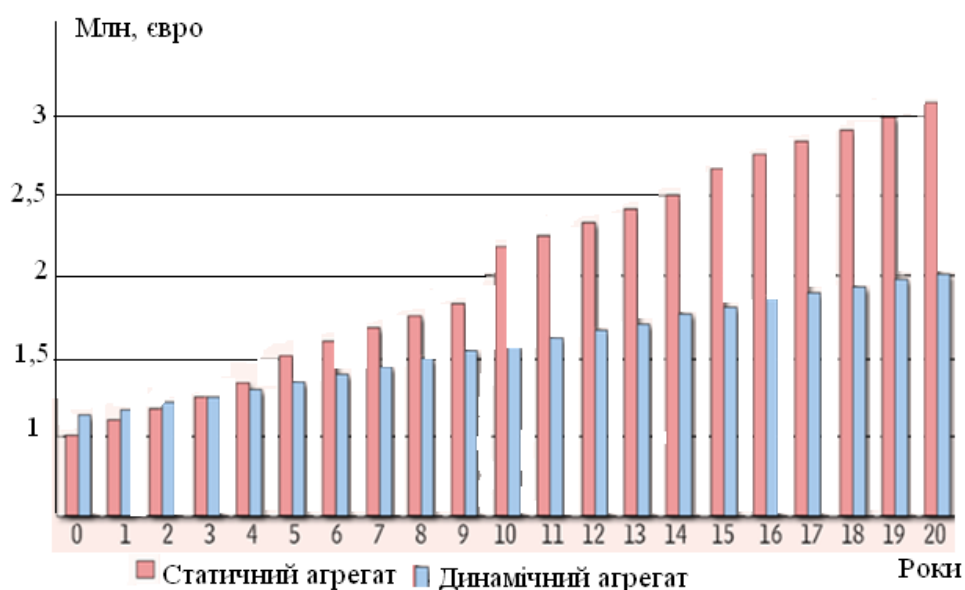


Рис. 3.7. Вартість тривалої експлуатації статичного ДБЖ потужністю 1,6 МВА, та дизельного динамічного ДБЖ потужністю 1 МВА

Обґрунтуємо необхідність застосування динамічного дизельного агрегату з можливістю застосування АВР (рис .3.9), з такими переваги:

- автономність та можливість забезпечення першої категорії необхідних груп електропостачання дослідного кисневого цеху;
- прийнятна ціна та термін окупності (забезпечення енергоефективності випуску продукції);
- енергоефективна експлуатація з точки зору ціни дизельного палива в 2020 році.

Основні фірми-виробники ДБЖ, це всесвітньо-відомі компанії EuroDiesel, Hitec Power Protection і Hitzinger та Piller.

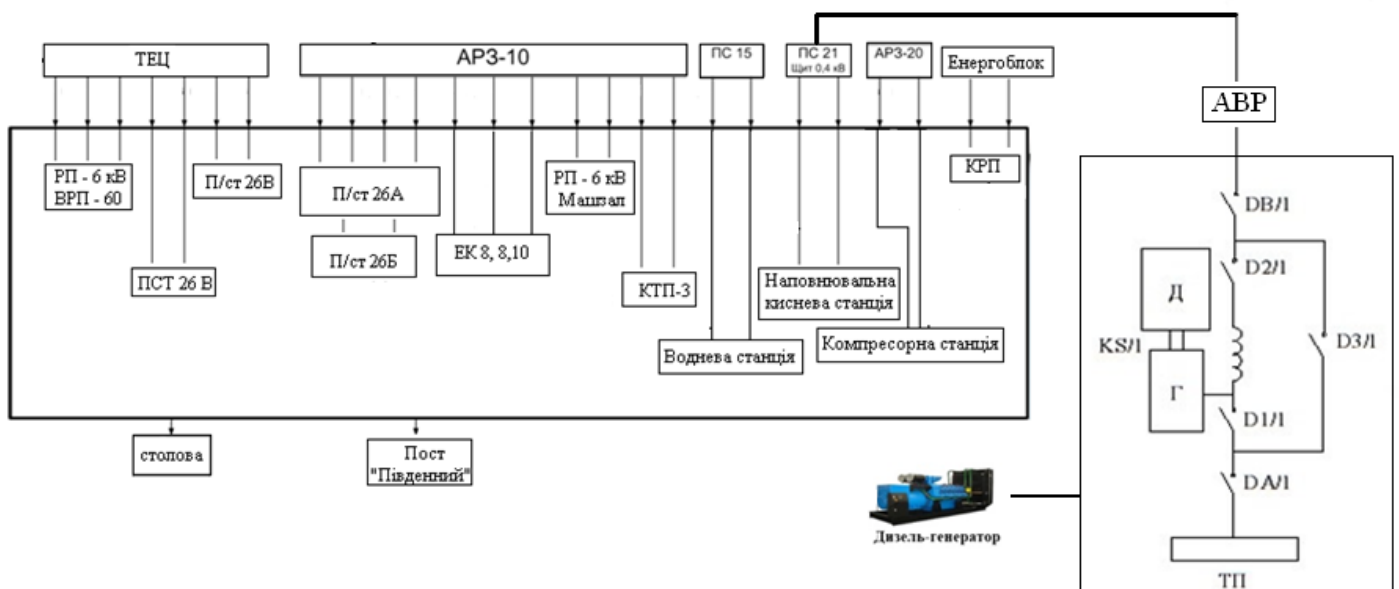


Рис. 3.9. Схема підключення динамічної дизель-генеративної установки до фідеру РП СЕП дослідного кисневого цеху

Після глибокого аналізу продукції, представленої на ринку ДБЖ України, виходячи з доцільності використання в умовах, зазначених для кисневого цеху ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ», обираємо динамічне ДБЖ фірми «EURO DIESEL» - серії NO-BREAK з такими основними параметрами роботи:

- накопичення кінетичної енергії, коли зовнішній ротор обертається з швидкістю 3000 об/хв, а вал - зі швидкістю 1500 об/хв.;

- автономний режим до запуску дизельного двигуна - кінетична енергія зберігається в маховиці, що коротко тривало (з 3000 об/хв до 1500 об/хв) виконує функцію генератора, та живить лінію на час запуску дизельного двигуна;
- режим живлення споживачів – це режим після запуску дизельного двигуна без живлення основної мережі;
- регулювання напруги за зміни навантаження в $10\% \pm 1\%$, в $50\% \pm 3\%$, в $100\% \pm 5\%$, та за обриву живлення від мережі $\pm 5\%$;
- фазний кут за збалансованого навантаження $120^\circ \pm 0^\circ$ за розбалансу до 25%, якщо більше 25% - $120^\circ \pm 1^\circ$;
- частота за зміни навантаження на $10\% \pm 0,5\%$, та $50\% \pm 1\%$;
- ККД від 93 до 96,4%;
- 100% гарантія запуску;
- регламентна заміна підшипників - кожні 10 років;
- термін експлуатації не менше 25 років;
- дроселя має функцію поглинання реактивних та пускових струмів, а також фільтрує мережеві вищі гармоніки;
- номінальна потужність серії - 200÷2500kVA частотою 50Hz.

3.3. Обґрунтування вибору енергоефективної системи освітлення кисневого цеху комбінату

Система освітлення кисневого цеху ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ» проектувалась та вводилась в експлуатацію тоді, коли вводився в експлуатацію весь цех, а загальна потужність цієї системи була настільки малою, що нехтувалась в умовах планової економіки СРСР.

Слід зауважити, що загальна потужність системи освітлення на даний час складає 50 кВт., а основними джерелами світла є люмінесцентні лампи типу ARCTIC потужністю 2x58 Вт, та ступеня захисту IP65. Приміщення кисневого цеху ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ» відносяться до приміщень з нормальними умовами роботи, та передбачено аварійне переносне освітлення.

Напруга мережі робочого освітлення складає - 380/220 В, а напруга мережі аварійного освітлення складає 24 В. Наявність ПРА обґрунтовує реактивну складову потужності, яка досягає 20%, з показником $\cos\phi$ в межах 0,8. Живлення груп світильників забезпечується кабелями з мідними жилами марки ПВЗ, які прокладені по стінах з захистом кабелю шляхом використання сталевих труб.

Застосувавши ДБН В.2.5-27-2006 «Захисні заходи електробезпеки в електроустановках будинків і споруд» та ПУЕ глави 1-7. забезпечуємо заземлення металевих неструмоведучих частини системи освітлення, що надійно захистить людей від ураження електричним струмом. Окремі РЕ провідники, прокладені від шин РЕ розподільних щитів до споживачів, використовуються як захисні зануляючі провідники. Окрім занулення, в розподільчому щитку проектом передбачено застосування пристрою захисного відключення (УЗО) на розеточній групі, що дасть змогу захисту від струму витоку.

Методика розрахунку [4,10] загальної системи освітлення буде застосовуватись для нашого дослідного кисневого цеху. Відповідно до цієї методики, спочатку потрібні дані про територію та розміри цеху.

Розрахунок буде проводитись для ділянки цеху, які мають такі параметри:

1. Габарити ділянки кисневого цеху:

- довжина ділянки цеху $a = 168\text{м}$;

- ширина ділянки цеху $b = 96\text{м}$;

висота ділянки цеху $h_{ц} = 12\text{м}$;

2. Коефіцієнт відбиття: стелі $\rho_{пот} = 0,5$; стін $\rho_c = 0,3$; підлоги $\rho_{п} = 0,1$;

3. Мінімальне значення освітленості:

- робочого освітлення $E_{раб} = 300$ лк;

- аварійного $E_{ав} = 0,05 \cdot 300 = 15$ лк.;

4. Напруга живлення – 220В;

Висота підвісу джерел світла розраховується наступним чином:

$$H_p = h_{ц} - (h_{р.п} + h_c) = 12 - (0,8 + 1,0) = 10,2 \text{ м}$$

де $h_{р.п} = 0,8\text{м}$ – висота робочої поверхні, а $h_c = 1,0\text{м}$ – висота звісу джерел світла.

Світловий потік кожного джерела світла розраховується за стандартною формулою:

$$\Phi_{л} = \frac{E_{\min} \cdot S_p \cdot K_3 \cdot Z}{K_u \cdot N \cdot n}$$

де $S_p = a \times b = 168 \times 96 = 16128 \text{ м}^2$ – площа цеху;

K_3 – коефіцієнт запасу невілювання пилового шару, та становить:

– для ламп ДРІ- $K_3 = 1,8$;

– для люмінесцентних ламп - $K_3 = 1,5$;

Z – коефіцієнт мінімальної освітленості:

– для ламп ДРІ - $Z = 1,15$;

– для люмінесцентних ламп - $Z = 1,1$;

N – кількість джерел світла;

n – кількість ламп в джерелі світла;

K_u – коефіцієнт використання світлового потоку

$$K_u = f(i, \rho_{\text{пот}}, \rho_c, \rho_{\text{п}});$$

i – індекс приміщення, що становить:

$$i = \frac{a \times b}{N_p \cdot (a + b)} = \frac{168 \times 96}{10,2 \cdot (168 + 96)} = 5,99.$$

Методика розрахунку аварійного освітлення (використовується як переносне освітлення для забезпечення точкового ремонту).

Світильники аварійного освітлення (типу НСП20) як джерела світла, використовують одну лампу накалювання кривої сили світла М зі ступенем захисту IP53. Потужність лампи $P_{л} = 300 \text{ Вт}$, світловий потік лампи $\Phi_{л} = 4610 \text{ лм}$.

Коефіцієнт використання світлового потоку $K_u = 0,75$.

Відповідно до методики, кількість світильників аварійного освітлення $N_{\text{ав}}$ визначається за формулою:

$$N = \frac{E_{\min} \cdot S_p \cdot K_3 \cdot Z}{K_u \cdot \Phi_{л} \cdot n}$$

$$N_{\text{ав}} = \frac{15 \cdot 168 \times 96 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{0,75 \cdot 4610} = 115 \quad \text{шт.}$$

$N_{ав}$ приймається рівним кількості 112 шт., на основі лампи накаливання типу Г215-225-300, зі значенням світлового потоку $\Phi_n = 4610$ лм.

Освітленість ламп аварійного освітлення визначається наступним чином:

$$E_{ф ав} = E_{minai} \cdot \frac{N_{ав}}{N_{ав.розр}} = 15 \cdot \frac{112}{115} = 14,6 \text{ лк.}$$

Загальна потужність аварійного освітлення становить:

$$P_{ав} = N_{ав} \cdot P_n = 112 \cdot 300 = 33,6 \text{ кВт}$$

Мінімальна освітленість робочого освітлення становить:

$$E_{min роб} = E_{раб} - E_{ф ав} = 300 - 14,6 = 285,4 \text{ лк}$$

Для загального робочого освітлення вибрані світильники типу ГСП10 з однією лампою ДРІ. Ступінь захисту складає IP53. Коефіцієнт використання світлового потоку $K_n = 0,75$. Потужність лампи становить $P_l = 700$ Вт, а світловий потік складає $\Phi_l = 60000$ лм.

Розраховуємо кількість світильників робочого освітлення $N_{роб}$ за формулою:

$$N_{роб} = \frac{285,4 \cdot 168 \times 96 \cdot 1,8 \cdot 1,15}{0,75 \cdot 60000} = 211,7 \text{ шт.}$$

$N_{ав}$ приймається рівним 224 шт завдяки конструктивним особливостям ділянки дослідного кисневого цеху.

Фактична освітленість робочого освітлення складає:

$$E_{ф роб} = E_{minрin} \cdot \frac{N_{раб}}{N_{раб.расч}} = 285,4 \cdot \frac{224}{212} = 301,5 \text{ лк.}$$

Фактична освітленість робочого і аварійного освітлення складає:

$$E_{ф} = E_{ф роб} + E_{ф ав} = 301,5 + 14,6 = 316,1 \text{ лк.}$$

Загальна потужність робочого освітлення складає:

$$P_{роб} = N_{роб} \cdot P_n = 224 \cdot 700 = 156800 \text{ Вт.}$$

Загальна активна потужність загального освітлення складає:

$$P_{осв} = P_{раб} + P_{ав} = 156800 + 33600 = 190400 \text{ Вт.}$$

Загальна реактивна потужність загального освітлення складає:

$$Q_{\text{осв}} = Q_{\text{раб}} + Q_{\text{ав}}$$

$$Q_{\text{роб}} = P_{\text{роб}} \cdot \text{tg}\varphi_{\text{роб}} = 156800 \cdot 0,48 = 75264 \text{ ВАр.}$$

$$Q_{\text{ав}} = P_{\text{ав}} \cdot \text{tg}\varphi_{\text{ав}} = 33600 \cdot 0 = 0 \text{ ВАр.}$$

$\text{tg}\varphi_{\text{роб}} = 0,48$ оскільки, як зазначалось вище, пускові ПРА понижають $\cos\varphi$ ламп ДРІ 0,8;

$$Q_{\text{осв}} = 75264 + 0 = 75264 \text{ ВАр.}$$

Активне та реактивне навантаження загального освітлення цеху:

$$P_{\text{р.о.і}} = K_{\text{п.о}} P_{\text{уст.о.і}}, \text{ кВт}, \quad Q_{\text{р.о.і}} = P_{\text{р.о.і}} \text{tg}\varphi_{\text{о.і}}, \text{ кВАр},$$

де $K_{\text{п.о}}$ – коефіцієнт попиту загального освітлення для окремих великих прольотів $K_{\text{п.о}} = 0,95$;

Отримуємо:

$$P_{\text{р.о.1}} = 0,95 \cdot 80 \cdot 0,02 = 1,52 \text{ кВт.}$$

$$P_{\text{р.о.1}} = 0,95 \cdot 95 \cdot 0,04 = 3,61 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{р.о.1}} = 5,1 \cdot 1,73 = 8,82 \text{ кВАр.}$$

Повне навантаження загального освітлення ділянки цеху:

$$S_{\text{р.о.і}} = \sqrt{P_{\text{р.о.і}}^2 + Q_{\text{р.о.і}}^2}, \text{ кВА} \quad S_{\text{р.о.1}} = \sqrt{5,1^2 + 8,82^2} = 10,2 \text{ кВА.}$$

Розрахунок показав, що застосування люмінесцентних джерел світла з ПРА є недоцільним в умовах широкого застосування LED джерел світла з значним пониження споживаної потужності та збереженням світлових характеристик. Автор для заміни ламп, застосованих в розрахунку, пропонує застосувати освітлення ділянки цеху на основі світлодіодних джерел світла, відповідно маркування LED G13 100W та 200 W. Потужність системи освітлення понизиться до 35-40%.

Висновок до розділу №3

В третьому розділі даної роботи було розглянуто підвищення ефективності експлуатації системи електропостачання кисневого цеху ПАО «Металургійний комбінат Азовсталь», та досягнуто таких результатів:

1. Обґрунтовано засоби компенсації реактивної потужності та економічна доцільність вибору таких засобів для дослідного кисневого цеху комбінату. Представлена змішана схема компенсації реактивної потужності СЕП;

2. Обґрунтований та здійснений вибір автономного безперебійного джерела живлення на основі дизель-електричного генератора для окремих електроспоживачів першої категорії електропостачання кисневого цеху комбінату, а саме динамічне ДБЖ фірми «EURO DIESEL» - серії NO-BREAK;

3. Обґрунтований вибір енергоефективної системи освітлення кисневого цеху комбінату з використанням LED технологій освітлення.

ВИСНОВКИ

Під час роботи над тематикою даної магістерської роботи та в результаті застосування наукових та інженерно-технічних підходів щодо забезпечення якісного електропостачання та енергоефективної експлуатації системи електропостачання кисневого цеху в структурі ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ» було досягнуто таких результатів:

1. Наведений глибокий аналіз системи електропостачання ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ», та охоплені такі напрямки:

- склад, будова та експлуатаційні характеристики СЕП ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ»;

- показана схема розподілу силової частини ТП СЕП;

- надана територіальна схема розподільчих мереж 35/6 кВ та аналіз роботи розподільчих пристроїв РП-35 кВ та РП-6 кВ;

- проаналізовані та надані характеристики силового трифазного двох обмоткового трансформатора ТДН-16000/35/6, який знаходиться на вході №1, розраховано його вихідні робочі параметрами;

2. Представлений аналіз загальних кабельних ЛЕП ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ» та їх технічні характеристики мереж 6 кВ;

3. Проведений аналіз способів прокладання кабельних ЛЕП та кабельних конструкцій в умовах ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ», надано значення напруги при проведенні випробувань кабельної продукції.

4. Охарактеризовані особливості електропостачання СЕП кисневого цеху ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ»;

5. Визначена основна захисна та комутаційна апаратура, яка використовується на теперішній час для цехів промислового призначення, а саме: плавкі запобіжники різних серій; роз'єднувачі (рубильники); трансформатори струму; автоматичні вимикачі;

6. Показані в структурі схеми ЦРП секцій №1 та №2 електроспоживачів кисневого цеху комбінату;

7. Наданий розрахунок електричних параметрів та обладнання підводу електроенергії від ПР 6 кВ до кисневого цеху ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ»;

8. Застосовано методику розрахунку потужності споживачів енергії та вибору енергоефективного комутаційного та захисного обладнання дослідного цеху;

9. Здійснено розрахунок струмів КЗ на шинах 6-35 кВ та в кабельних ЛЕП 6 кВ від комірок до споживачів ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ»;

10. Обґрунтовано засоби компенсації реактивної потужності та економічна доцільність вибору таких засобів для дослідного кисневого цеху комбінату. Представлена змішана схема компенсації реактивної потужності СЕП;

11. Обґрунтований та здійснений вибір автономного безперебійного джерела живлення на основі дизель-електричного генератора для окремих електроспоживачів першої категорії електропостачання кисневого цеху комбінату, а саме динамічне ДБЖ фірми «EURO DIESEL» серії NO-BREAK;

12. Обґрунтований вибір енергоефективної системи освітлення кисневого цеху комбінату з використанням LED технологій освітлення;

13. Здійснених заходів достатньо, щоб обґрунтувати енергоефективність експлуатації підсистеми СЕП кисневого цеху ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ».

Слід зазначити, що СЕП ПАО «Металургійний комбінат АЗОВСТАЛЬ», та підсистема СЕП кисневого цеху в її складі, повині відповідати вимогам надійності, зручності обслуговування та ремонту, наявності АВР та резервних (аварійних) джерел живлення для забезпечення окремих електроспоживачів першої категорії дослідного кисневого цеху.

СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Електрична частина станцій та підстанцій аеропортів / В.Д. Козлов, В.П. Захарченко, О.М. Тачиніна; за аг. ред. В.Д. Козлова – К.:НАУ, 2018. – 312 с.
2. «Правила Устройства Электроустановок». К.: изд. Форт – 2009. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL:https://ttn-energo.com.ua/assets/files/downloads/PUE_2009-11ukr.pdf
3. Электрическая часть электростанций: Учебник для вузов/Под ред. С.В.Усова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Энергоатомиздат. 1987. – 616 с.
4. Коновалова Л.А., Рожкова Л.Д. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 528с.
5. Електропостачання промислових підприємств. Підручник. 2-е вид. / Князівська Б.А. - М.: Вища школа, 1982. - 431 с.
6. Федоров А.А., Каменева В.В. Основы электроснабжения промышленных предприятий: Учебник для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 472 с.
7. Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий: Учебник для студентов высших учебных заведений./ Б.И. Кудрин. – М.: ИнтерметИнжиниринг, 2006. – 672 с.
8. Родштейн Л.А. Электрические аппараты: Учебник для техникумов. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л.: Энергоиздат. Ленингр. отд-ние, 1981. – 304 с.
9. Неклепаев Б.Н. Электрическая часть электростаций и подстанций: Учебник для вузов. / Б.Н. Неклепаев. – Л.: Энергоатомиздат, 1986. – 584 с.
10. Атабеков В.Б., Крюков В.И. Городские электрические сети: Справочник. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1987. – 384 с.
11. Норми випробування електрообладнання – К., 2002. – 267 с.
12. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию: В 2т. Т.1. Электроснабжение / Под общ. ред. А.А. Федорова. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 568с.

13. Зуєв Е.М. Задачи выбора экономически целесообразных сечений проводов и жил кабелей. – М.: Изд-во МЭИ, 2005.
14. Технічне обслуговування, ремонт електрообладнання та мереж промислових підприємств: Учеб. для поч. проф. освіти: / М.Ю. Сібікін. - М.: Видавничий центр «Академія».
15. Монтаж, технічна експлуатація та ремонт електричного й електромеханічного обладнання. Навчальний посібник для студентів закладів середньої проф. освіти. / Акімова Н.О. - М.: Майстерність, 1982. - 296 с.
16. Зуєв Е.М. Основы техники подземной передачи электроэнергии: Учебное пособие для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1999. – 256 стр.
17. Богаенко И. Н., Борисенко В. Я., Розинский Д. И., Рюмшин Н. А. Регулируемые компенсирующие устройства реактивной мощности / Справочник. – К.: Техніка, 1992. – 152с.
18. Красник В.В. Автоматические устройства по компенсации реактивной мощности в электросетях предприятий. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 136с.
19. Александров К. К., Кузьмина Е. Г. Электротехнические чертежи и схемы. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 288с.
20. Рябченко Д.В. «Електричні частини підстанції 35/6 кВ комбінату «Азовсталь» м. Маріуполь» дипломний проект на здобуття освітнього ступеню «Бакалавр» зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», 2019 р. - 65 с.
21. Ісаєнко В.М., Криворотько В.М., Франчук Г.М. Екологія та охорона навколишнього середовища. Дипломне проектування: Навчальний посібник. – К.: Книжкове видавництво НАУ, 2005. – 192 с.
22. Рябікова Г.В. Охорона природи і екологізація виробництва як передумова сталого розвитку //Екологічний вісник. - 2005. - Січень-лютий. - С. 20-22.
23. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. - Київ, 2000.

24. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення.
25. Жидецький В.Ц. Практикум з охорони праці: Навчальний посібник. – Л.: Афіша, 2000. – 352 с.
26. Протоєрейський О.С., Запорожець О.І. Охорона праці в галузі: Навчальний посібник. – К.: Книжкове видавництво НАУ, 2005. – 267 с.
27. ДНАОП 0.01-1.01-95. Правила пожежної безпеки в Україні.
28. ДСН 3.3.6.037-99. Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.
29. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. Державний нормативний акт про охорону праці. – К.: Основа, 1998. – 387с.
30. Кучерявий В.П. Екологія: Навчальний посібник. – Л.: Світ, 2000. – 500 с.
31. ДСТУ 2293 – 93. ССБП. Охорона праці. Терміни та визначення. – К.: Держстандарт України, 1994. – 16 с. – Запровад. 01.04.93.
32. Денисенко Г. Ф. Охрана труда: Учебное пос. для вузов. – М.: Высшая школа, 1985. – 319с.
33. ГОСТ 12.1.003-86. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.- М.: Госстандарт, 1990. – 4 с. – Введ. 01.01.86.
34. ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования.- М.: Госстандарт, 1992. – 77 с. – Введ. 01.03.98.
35. ГОСТ 12.1.019-79. ССБТ. Электробезопасность. Общие требования. – М.: Госстандарт, 1981. – 4 с. – Введ. 01.02.79.