

**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**

Факультет інженерії

Кафедра електричної інженерії

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

**до кваліфікаційної магістерської роботи
освітньо-кваліфікаційного рівня магістр**

**галузі знань 14 електрична інженерія
зі спеціальності 141 електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка**

**на тему: Особливості вибору схем електропостачання для
підприємства хімічної промисловості**

Виконав: студент групи ЕСЕ-19зм

Тищенко В. А.

(прізвище, та ініціали)

(підпис)

Керівник

доц. Філімоненко Н. М.

(прізвище, та ініціали)

(підпис)

В.о. Завідувача кафедри

доц. Руднев Є. С.

(прізвище, та ініціали)

(підпис)

Рецензент

рзввище, та ініціали)

(підпис)

Севєродонецьк, 2021 р.

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

Факультет інженерії
Кафедра електричної інженерії
Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр
Напрямок підготовки 14 "Електрична інженерія"
Спеціальність 141 "Електроенергетика, електротехніка та
Електромеханіка"

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри
доц. Руднев Є. С.

_____ 2020 року

ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКИЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТУ

Тищенко Валерії Анатоліївни

1. Тема проекту Особливості вибору схем електропостачання для підприємства хімічної промисловості

Спец. завдання релейний захист і автоматика

Керівник проекту доц. Філімоненко Ніна Миколаївна, доц., к.т.н.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом вищого навчального закладу від "09 "10. 2020 року № 144/15.26

2. Строк подання студентом проекту _____ 9 січня 2021 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) _____ Вихідні дані визначені в переліку питань, що підлягають розробці в магістерській роботі:

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки

Аналіз літературних джерел; Характеристики об'єкта проектування; Вибір схеми енергопостачання; Вибір трансформаторів струму; Вибір трансформаторів напруги; Релейний захист і автоматика; власні потреби підстанції.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслеників) – Презентація: Плакати, що пояснюють суть магістерської роботи в кількості 10 шт.

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1–5	доц. Філімоненко Н. М.		

7. Дата видачі завдання _____ 15 жовтня 2020 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської роботи	Строк виконання етапів	Примітки
1	Аналіз літературних джерел; характеристики об'єкта проектування	12.11-30.11.2020	
2	Вибір схеми енергопостачання	30.11-10.12.2020	
3	Вибір трансформаторів струму, напруги	05.12-20.12.2020	
4	Релейний захист і автоматика	20.12-30.12.2020	
5	Власні потреби підстанції	01.12-12.12.2020	
6	Висновки	13.12-30.12.2020	
7	Оформлення магістерської роботи	31.12-12.01.2021	

Студент

_____ Тищенко В.А.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту

_____ доц. Філімоненко Н. М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Магістерська робота на тему: «Особливості вибору схем електропостачання для підприємства хімічної промисловості» містить 81 сторінок тексту, 23 рисунків, 5 таблиць, 29 найменувань літературних посилань.

В магістерській роботі виконано аналіз та розрахунок електричних навантажень підстанції 6 кВ. Зроблено вибір вакуумних вимикачів VM1 і VM1-T, трансформаторів струму ТРУ4, трансформаторів напруги ТЈС4. Зроблено вибір електричної схеми підстанції. Проведено розрахунок струмів короткого замикання. Обрано номінальні параметри основного електрообладнання.

СИСТЕМА ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, ТРАНСФОРМАТОР, СИЛОВИЙ
ВИМИКАЧ, ТРАНСФОРМАТОР СТРУМУ, ТРАНСФОРМАТОР НАПРУГИ,
РЕЛЕЙНИЙ ЗАХИСТ

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ	6
ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1 ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБ'ЄКТА ПРОЕКТУВАННЯ	11
1.1 Відомості про виробництво	11
1.2 Характеристики джерел електропостачання об'єктів підприємства до мереж електропостачання	13
РОЗДІЛ 2 ВИБІР СХЕМИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ	23
2.1 Розрахунок струмів короткого замикання	24
2.2 Вибір електричних апаратів і провідників	27
2.3 Вакуумні силові вимикачі VM1-T	30
2.4 Вибір трансформаторів струму	34
2.5 Вибір трансформатора напруги	36
2.6 Вибір конструктивних рішень	39
РОЗДІЛ 3 РЕЛЕЙНИЙ ЗАХИСТ І АВТОМАТИКА	40
3.1 Вибір захисту основних елементів підстанції	40
3.2 Високошвидкісний перемикаючий пристрій SUE3000	60
РОЗДІЛ 4 ВЛАСНІ ПОТРЕБИ ПІДСТАНЦІЇ	66
4.1 Розрахунок потужностей власних потреб	66
4.2 Система вимірювань на підстанції	67
4.3 Розрахунок заземлення підстанції	68
4.4 Конструкція шафи КРП	69
ВИСНОВКИ	75
СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ПОСИЛАНЬ	77
SUMMARY	81

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

- СЕП – система електропостачання;
ПС – підстанція;
ГЗП – головна знижувальна підстанція;
КЗ – коротке замикання;
ПС – підстанція;
РП – розподільний пристрій;
РЗА – релейний захист і автоматика;
ВЛ – високовольтна лінія;
РПН – регулювання під напругою трансформаторів;
ВРП – відкритий розподільчий пристрій;
КРП – комплектний розподільний пункт;
РЗ – релейний захист;
ПА – протиаварійна автоматика;
ЕН – електричні навантаження;
АВР – автоматичне ввімкнення резерву;
ЛЕП – лінія електропередачі;
АПВ – автоматичне повторне включення;
ДВ – диференційна відсічка;
МСЗ – максимальний струмовий захист;

ВСТУП

Система електропостачання створена для забезпечення живлення електричною енергією промислових споживачів і приймачів. Це комплекс пристроїв для виробництва, передачі і розподілу електричної енергії. Він складається з джерел електричної енергії, ліній електропередач (ЛЕП), трансформаторних, перетворювальних і розподільних підстанцій. До цього комплексу також належить вимірювальне і захисне обладнання, що обслуговує керування пристроїв комплексу.

Джерелами електричної енергії є районні, теплові, гідравлічні та інші електростанції, які зазвичай розташовані на деякій відстані від споживачів електричної енергії. Робота електростанцій заснована на використанні різних природних енергетичних ресурсів. Об'єднання електростанцій та ЛЕП у єдину систему електропостачання сприяє збільшенню надійності забезпечення електричною енергією приймачів і споживачів. Це також дозволяє знизити пікове навантаження деяких електростанцій у різний час доби.

Основними приймачами електроенергії промислових підприємств є силові промислові установки – різноманітні машини і механізми з приводними електродвигунами (верстато-обробне та підйомно-кранове обладнання, вентилятори, компресори, насоси, транспортні засоби тощо); електричні освітлювальні пристрої; електролізні та електротермічні установки, перетворювальні агрегати для живлення двигунів низької машин і механізмів, внутрішньозаводського електричного транспорту; різні види електричних апаратів, які забезпечують керування технологічними процесами, електроприводами та ін.

З урахуванням різних категорій споживачів електричної енергії їх електропостачання повинно забезпечуватися на визначеному рівні, а головне, воно має бути якісним, надійним та економічним. При цьому напруга і частота електричної мережі не повинні відрізнятися від їх номінальних значень. До визначення категорій промислових підприємств необхідно ставитись дуже ретельно, оскільки це пов'язано з життям людей, випуском продукції промислового підприємства, з дорогими технологічними процесами.

Вибір електротехнічних установок промислових підприємств проводиться відповідно до споживаної потужності, яка при проектуванні підприємства повинна бути визначена з достатньою точністю, щоб не допускати аварійних ситуацій внаслідок перевантаження системи електропостачання й уникати підвищених капіталовкладень. У системах електропостачання широко використовуються пристрої захисту, що оберігають обладнання від перевантажень і обмежують струми КЗ.

Важливою особливістю системи електропостачання є практична неможливість створення запасів електричної енергії, тому що отримана електрична енергія негайно витрачається приймачами і споживачами. Крім того, під впливом різноманітних факторів відбуваються збурення, що призводять до зміни стану системи [1,2,3].

Електрична енергія є єдиним видом продукції, для переміщення якого від місць виробництва до місць споживання не використовуються інші ресурси. Для цього витрачається частина самої передаваної електроенергії, тому її втрати неминучі, завдання полягає у визначенні їх економічно обґрунтованого рівня. Зниження втрат електроенергії в електричних мережах до цього рівня - одне з важливих напрямків енергозбереження.

Втрати електроенергії в електричних мережах є економічним показником стану мереж. На думку міжнародних експертів в галузі енергетики відносні втрати електроенергії при її передачі в електричних

мережах не повинні перевищувати 4%. Втрати електроенергії на рівні 10% можна вважати максимально допустимими.

Показники оцінки стану розподільних електричних мереж України є не дуже добрими [4,5,6]:

- понад 6,6% (6 тис. км) ліній електропередач напругою 35-110 (150) кВ та 11,5% (20,7 тис. км) ліній електропередач напругою 0,4 — 10(6) кВ прийшли в технічно непрацездатний стан і потребують значних щорічних зростаючих витрат на технічне обслуговування та ремонт;

- фактично технологічні витрати електричної енергії в електричних мережах в середньому складають 12,1%, а в мережах окремих компаній — 18%;

- близько 22,3% (1,0 тис.од.) трансформаторних підстанцій напругою 35-110 (150) кВ і 14,9% (26,3 тис.од.) ТП 10(6) кВ підлягають реконструкції та заміні, трансформатори, встановлені на них відпрацювали передбачений технічною документацією термін експлуатації, мають значні втрати, недостатню надійність та потребують заміни.

Ці недоліки рівною мірою стосуються різноманітних апаратів для комутації електроенергії та засобів релейного захисту й автоматики.

На підставі рівня втрат електроенергії можна зробити висновки про необхідність і обсязі впровадження енергозберігаючих заходів які передбачені СОУ НЕК 20.261:2018 [5,6].

До заходів щодо зниження втрат є практичні дії, що призводять до реального зниження втрат.

Виходячи з особливостей отримання ефекту даних заходів, можуть бути розділені на наступні чотири групи:

- заходи щодо поліпшення режимів роботи електричних мереж;
- заходи щодо реконструкції електричних мереж, що здійснюються з метою зниження втрат;
- заходи щодо вдосконалення системи обліку електроенергії;
- заходи щодо зниження розкрадань електроенергії.

До заходів з реконструкції електричних мереж можна віднести оновлення трансформаторів, комутаційної апаратури та засобів РЗА.

Актуальність роботи. Спираючись на вищезазначене, можна стверджувати що актуальність роботи ґрунтується на необхідності підвищенні надійності електропостачання шляхом оновлення трансформаторів, комутаційної апаратури та засобів РЗА.

Об'єктом дослідження є процес підвищення якості постачання електричної енергії споживачам I категорії.

Предметом дослідження є трансформатори, комутаційне обладнання та засоби РЗА провідних фірм.

Мета дослідження – вдосконалення системи електропостачання підприємства.

Методи дослідження: порівняльний аналіз систем електропостачання, а також наявного парку сучасного електрообладнання провідних фірм; аналітичні розрахунки електричних параметрів методами ТОЕ; електромагнітні розрахунки; методи математичної статистики.

РОЗДІЛ 1

ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБ'ЄКТА ПРОЕКТУВАННЯ

1.1 Відомості про виробництво

1.1.1. До складу підприємства входять ділянки виробництва, представлені на рис. 1.1. Цехи, які входять до складу окремих ділянок технологічно пов'язані одне з одним.

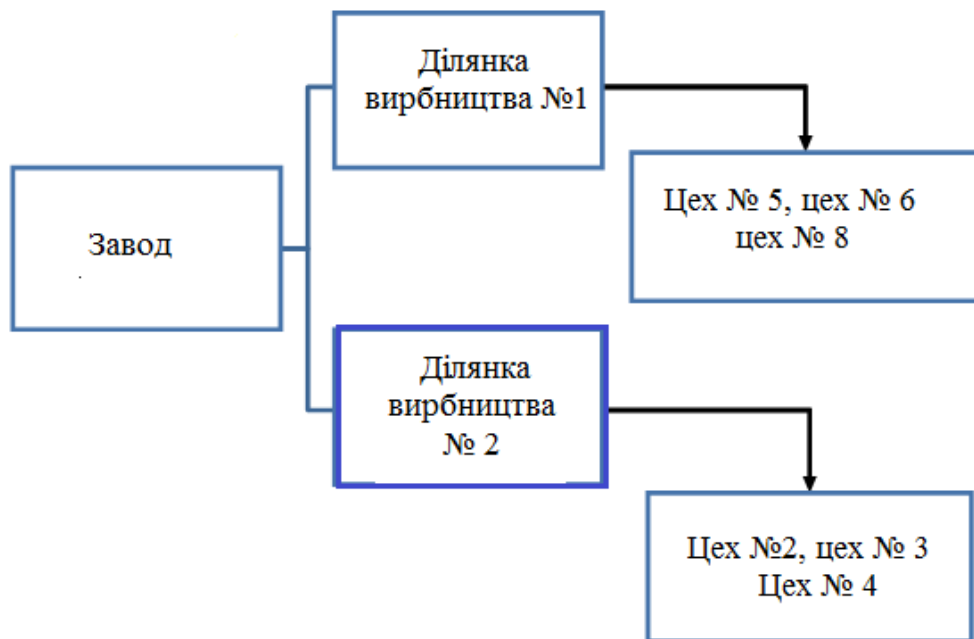


Рис. 1.1 – Структура заводу

1.1.2. Характеристика джерел електропостачання об'єктів підприємства до мереж електропостачання. Проектовані приймачі електричної енергії виробничих об'єктів підприємства щодо забезпечення надійності електропостачання відносяться до першої категорії і вимагають

забезпечення електричною енергією від двох незалежних джерел живлення, що взаємно-резервують одне одного.

Для надійного забезпечення електричною енергією споживачів виробничих об'єктів підприємства за першою категорією надійності електропостачання та технічних умов електропостачання знову встановленого і замінного електрообладнання передбачено:

- електропостачання на напругу 6 кВ виконати з існуючої ГЗП 2х32000 кВА - 110/6 кВ. Електропостачання ГЗП 110/6 кВ здійснюється від двох незалежних джерел за двома ВЛ -110 кВ, які живлять два силових трансформатора ГЗП 2х32000 кВА -110/6 кВ;

- прокладка кабелів живлення 6 кВ від різних секцій РП-6 кВ ГЗП-2 110/6 кВ до проектного РП-6 кВ. Проект трас живильних кабелів 6 кВ від ГЗП-2 110/6 кВ до проектного РП-6 кВ ПС-53;

- в будівлі цеху БК-8 у вільному приміщенні ПС № 53 розмістити проектоване 2-хсекційний РП-6 кВ на 28 комірок;

- прокладання кабельних трас 6 кВ від проектного РП-6 кВ до ПС №118-2 КТПП- 1600/6 / 0,4 кВ за існуючими естакадах;

- прокладання кабельних трас 6 кВ від проектного РП-6 кВ до ПС №45- 2 КТПП- 2500/6 / 0,4 кВ за існуючими естакадах;

- прокладання кабельних трас 6 кВ від проектного РП-6 кВ до ПС №109-2 КТПП- 1000/6 / 0,4 кВ за існуючими естакадах;

- прокладання кабельних трас 6 кВ від проектного РП-6 кВ в цех БК-4 (компресорне відділення) до компресорної відцентрової установки поз. М- 148 за існуючими естакадах;

- прокладання кабельних трас 6 кВ від проектного РП-6 кВ в цех БК-8 (корпус №2, компресорне відділення) до компресорної відцентрової установки (КУ) поз. ТК 107-3 за існуючими естакадах;

- реконструкція існуючої ПС №118 цех ІІ-19 з заміною існуючої 2 КТПП- -630 / 6 / 0,4 кВ на 2 КТПП-1600/6 / 0,4 кВ;

- прокладання кабельних трас 0,4 кВ від ПС №118-2 КТПП-1600/6 / 0,4 кВ в цех БК-6 до проектового технологічного устаткування за існуючими і проектованим естакадах;

- прокладання кабельних трас 0,4 кВ від проектової ПС №45-2 КТП-2500/6 / 0,4 кВ в цех БК-6 до проєктованих електроприймачів по існуючих естакадах.

1.2 Відомості про кількість електроприймачів, їх встановлені та електричні параметри

1.2.1. Основними приймачами електричної енергії виробничого підприємства, розглянутого в даній роботі, є асинхронні електродвигуни приводів технологічних установок, представлених на рис. 1.3.

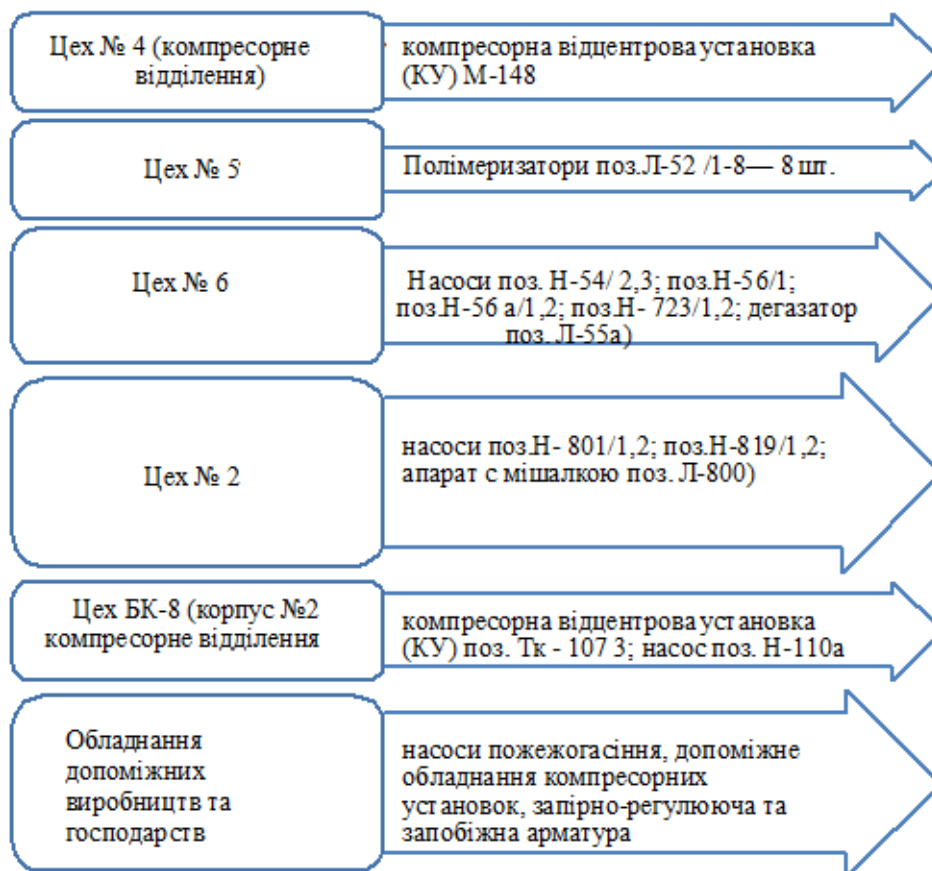


Рис. 1.3 – Технологічні установки приводів асинхронних електродвигунів.

Режим роботи заводу цілодобовий. Кількість годин роботи в рік основних споживачів становить 8256. Основні показники електропостачання і дані за встановленими і розрахунковим потужностям наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Основні показники електропостачання

№ з\п	Найменування показника	Од. вим.	Кіл.	Примітки
1.	Прийняті напруги:			
	Первинна	В	6300	
	Вторинна	В	400	
	Силових електроприймачів	В	380	
2.	Електроприймачі напругою 6 кВ			
2.1	РП-6 кВ. Цех БК-8. Компресор відцентровий поз.Тк-1073	кВт·шт	1250х1	
2.2	РП-6 кВ. Цех БК-4 Компресор відцентровий поз.М-148	кВт·шт	800х1	
2.3	Встановлена потужність силових електроприймачів	кВт	2050	
2.4	Максимум очікуваного навантаження	кВт/ кВА	1743/ 1904	
3	Електроприймачі напругою 0,4 кВ			
3.1	П/ст №45-2КТПП-1600/6/0,4кВ. Трансформатори Т-3, Т-4 (існ) Цех БК-6.			
3.1.1	Дегазатор поз.Л-55а (ЩСУ-2існ.)	кВт·шт	55х1	
3.1.2	Насоси (ЩСУ-1існ.):			
	- замінні поз. Н-54/2,3; поз.Н-56/1; поз.Н-723/1,2;	кВт·шт	40х5	
	- знов встановлюються 56а/1,2.	кВт·шт	40х2	
3.1.3	Встановлена потужність проєктованих силових електроприймачів на щитах			

Продовження таблиці 1.1

№ з/п	Найменування показника	Од. вим.	Кіл.	Примітки
	ЩСУ1	кВт	80	
	ЩСУ2	кВт	55	
3.1.4	Максимум очікуваної навантаження від проєктованого обладнання на щитах			
	ЩСУ 1	кВт/кВА	34/38	
	ЩСУ 2	кВт/кВА	33/43	
3.2	П / ст №45 2КТПП-2500/6 / 0,4 кВ. Трансформатори Т-1, Т-2. (Проектована) Цех БК-5. Відділення полімеризації.			існ. взамін існ. 172 кВт·б
3.2.1	Полімеризатори поз. Л52 / 1,8	кВт·шт	172x2	
3.2.2	Полімеризатори поз. Л52 / 2-7	кВт·шт	222x6	
3.2.3	Встановлена потужність силових електроприймачів	кВт	1676	
3.2.4	Максимум очікуваної навантаження Полімеризатори поз. Л52 / 2-7	кВт/ кВА	1341/ 1786	
	3.3 П / ст №118 2КТПП-1600/6 / 0,4 кВ проекування. Цех БК-6. Лінія сушіння і упаковки бутилкаучуку продуктивністю 4 т / год.			
3.3.1	Екструдер віджиму SDU поз. А-802	кВт·шт	161x1	
3.3.2	Сушарка TSU поз. А-804	кВт·шт	75x1	
3.3.3	Конвеєр передавальний поз. А-805	кВт·шт	5,5x1	
3.3.4	Конвеєр розподільний поз. А-806	кВт·шт	4x1	
3.3.5	Живильники пресів поз. А-807 / 1,2	кВт·шт	5,5x2	
3.3.6	Автомат, дозувальні ваги поз. А- 808 / 1,2			

Продовження таблиці 1.1

№ з\п	Найменування показника	Од. вим.	Кіл.	Примітки
3.3.7	Брикетувальний прес поз. А-809 / 1,2	кВт·шт	1x2	
3.3.8	Конвеєрна система обробки брикетів поз. А-810, А-811 - А-817	кВт·шт	49x2	
3.3.9	Металодетектор поз.А-811	кВт·шт	0,4x10	
3.3.10	Контрольні ваги поз.А-А-812	кВт·шт	0,55x1	
3.3.11	Плівкообертюча машина поз.А-814	кВт·шт	0,55x1	
3.3.12	Екструдер DWD поз.А-803	кВт·шт	5x1	
3.3.13	Компресор (вентилятор турбулятора) поз.К-821	кВт·шт	497·1	
	Додаткове технологічне обладнання. Щит ЩСУ-800 - проєктований	кВт·шт	55,4x1	
3.3.14	Ємність с мішалкою поз. А-800	кВт·шт	30x1	
3.3.15	Насоси поз.Н-801/1,2;поз.Н-819/1,2;	кВт·шт	40x4	
3.3.16	Вентиляційні системи В1,В2	кВт·шт	5,5x1+ 0,75·1	
	РАЗОМ:			
4	Встановлена потужність силових електроприймачів напруги 6 кВ.	кВт	2050	
5	Встановлена потужність силових електроприймачів напруги 0,4 кВ	кВт	2926,25	
6	Максимум очікуваної навантаження 6 кВ	кВт/ кВА	1743/ 1904	
7	Максимум очікуваної навантаження 0,4 кВ	кВт/ кВА	2300/ 3055	

Продовження таблиці 1.1

№ з\п	Найменування показника	Од. вим.	Кіл.	Примітки
8	Середній коефіцієнт завантаження силових трансформаторів			
8.1	ПС ДВ – 1 КТПП-2500/6/0,4кВ, трансформатори Т-1, Т-2 - 2х2500 кВА до реконструкції/ після реконструкції (з урахуванням існуючих електроспоживачів)	% / %	34/50	
8.2	ПС ДВ – 2 КТПП-1600/6/0,4 кВ трансформатори Т-1, Т-2 - 2х1600 кВА до реконструкції/ після реконструкції	% / %	16/37	
9	Природний середньозважений коефіцієнт реактивної потужності	tgφ	0,88	
10	Коефіцієнт реактивної потужності з урахуванням компенсації	tgφ	0,4	
11	Встановлена потужність статичних конденсаторів	кВАр	925	
12	Річне споживання електроенергії, - по стороні 6 кВ - по стороні 0,4 кВ	тис кВт·г.	14390 19000	
13	Кількість низьковольтних електроприймачів 0,4 кВ.	шт.	2	
14	Кількість високовольтних електроприймачів 6 кВ.	шт.	2	
15	Кількість проєктованих підстанцій, шт: розподільних пунктів високої напруги РП-6 кВ; трансформаторних підстанцій 6 / 0,4 кВ	шт. шт.	1 2	

Після реконструкції існуючого виробництва приріст потужності склав:
з високого боку 6 кВ - 1743 кВт; з низького боку 0,4 кВ - 2300 кВт.

1.2.2. Вимоги до надійності електропостачання та якості електроенергії. Проектовані приймачі електричної енергії виробничих об'єктів підприємства щодо забезпечення надійності електропостачання відносяться до першої категорії і вимагають забезпечення електричною енергією від двох незалежних взаєморезервуючих джерел живлення. Для електроприймачів першої категорії надійності електропостачання передбачається перерву живлення лише на час спрацьовування БАВР.

Зі складу приймачів електричної енергії першої категорії надійності електропостачання виділяється особлива група електроприймачів, безперебійна робота яких необхідна для безаварійної зупинки виробництва з метою запобігання загрози життю людей, вибухів, пожеж і пошкодження дорогого обладнання. Для цих електроприймачів використовується існуюче додаткове живлення від третього незалежного безперебійного джерела з акумуляторними батареями.

До приймачів особливої групи першої категорії надійності, що розглядаються даним проектом, відносяться засоби та апаратура системи протиаварійного захисту (ПАЗ).

1.2.3. Облік електроенергії та перелік заходів з економії електроенергії. Комерційний облік електроенергії передбачений на вводах і лініях РП-6 кВ. Для обліку електроенергії передбачені лічильники СЕТ-4.

У проекті розглянуті питання підвищення ефективності використання електроенергії, представлені на рис 1.4.

1.2.4. Відомості про потужності трансформаторних об'єктів. Вибір числа і потужності трансформаторних підстанцій, а також розміщення їх на генеральному плані обумовлені показниками, представленими на рис 1.5.



Рисунок 1.4 – Способи підвищення ефективності використання електроенергії

1.2.5. Відомості про потужності трансформаторних об'єктів. Вибір числа і потужності трансформаторних підстанцій, а також розміщення їх на генеральному плані обумовлені показниками, представленими на рис 1.5.

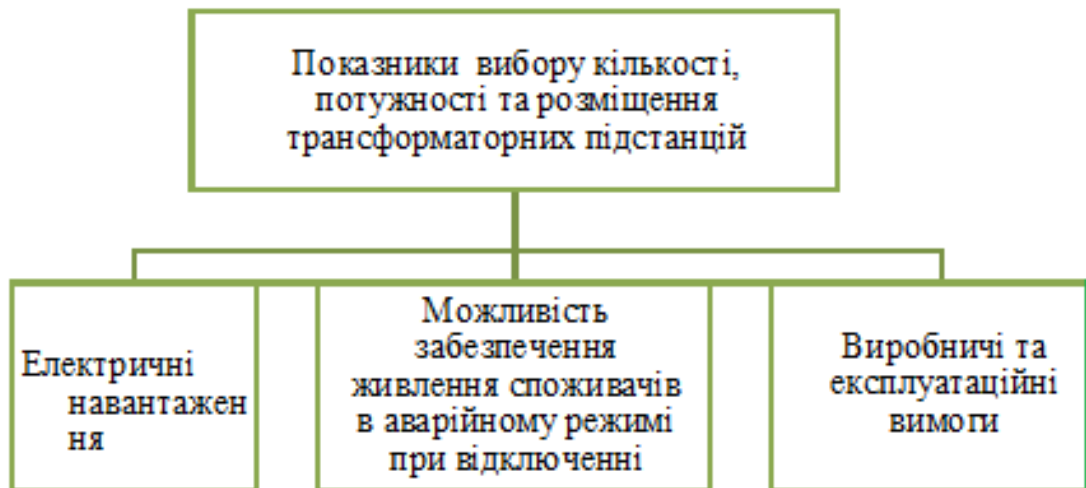


Рис. 1.5 – Показники вибору числа, потужності і розміщення трансформаторних підстанцій

У зв'язку зі збільшенням навантаження виробництва, що реконструюється, а також малими розмірами існуючої ділянки для живлення знов встановлених електроприймачів 380/220 В передбачається реконструкція існуючих підстанцій 6/0,4кВ(рис.1.6).

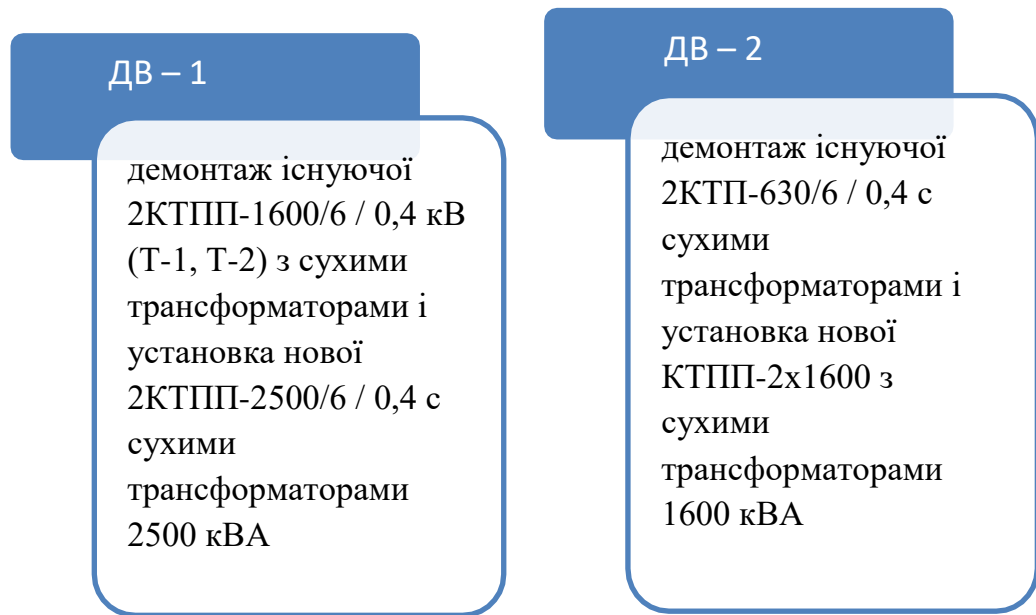


Рис. 1.6 – Реконструкція підстанцій 6/0,4 кВ

Встановлено комплектні трансформаторні підстанції потужністю 2500 та 1600 кВА виробництва ПАТ "Укрелектроапарат" [8]. Ці КТП виробляються у відповідності до ДСТУ – 3399 та стандартів МЕК (ІЕК 62271 – 202). Підстанції відповідають сучасному технічному рівню, вимогам щодо надійності електропостачання та задовольняють міжнародним екологічним нормам.

Комплектація КТП відбувається у відповідності до вимог замовника обладнанням вітчизняних та провідних іноземних фірм (ABB, Siemens, F&G тощо).

Зокрема ні КТП встановлено сухі трансформатори марки ТСЛГ виробництва ПАТ "Укрелектроапарат" [9]: два трансформатори ТСЛГ – 1600, потужністю 1600 кВА, та два трансформатори ТСЛГ – 2500, потужністю 2500 кВА, з номінальними напругами ВН = 6 кВ, НН = 0,4 кВ. головні технічні характеристики наведені у табл. 1.2., а конструкція трансформатора на рис. 1.7.

Таблиця 1.2 – Технічні характеристики трансформаторів.

Потужність ,кВА	Втрати ХХ, Вт	Втрати КЗ	Напруга КЗ, %
1600	3410	1180	6
2500	4700	1760	6

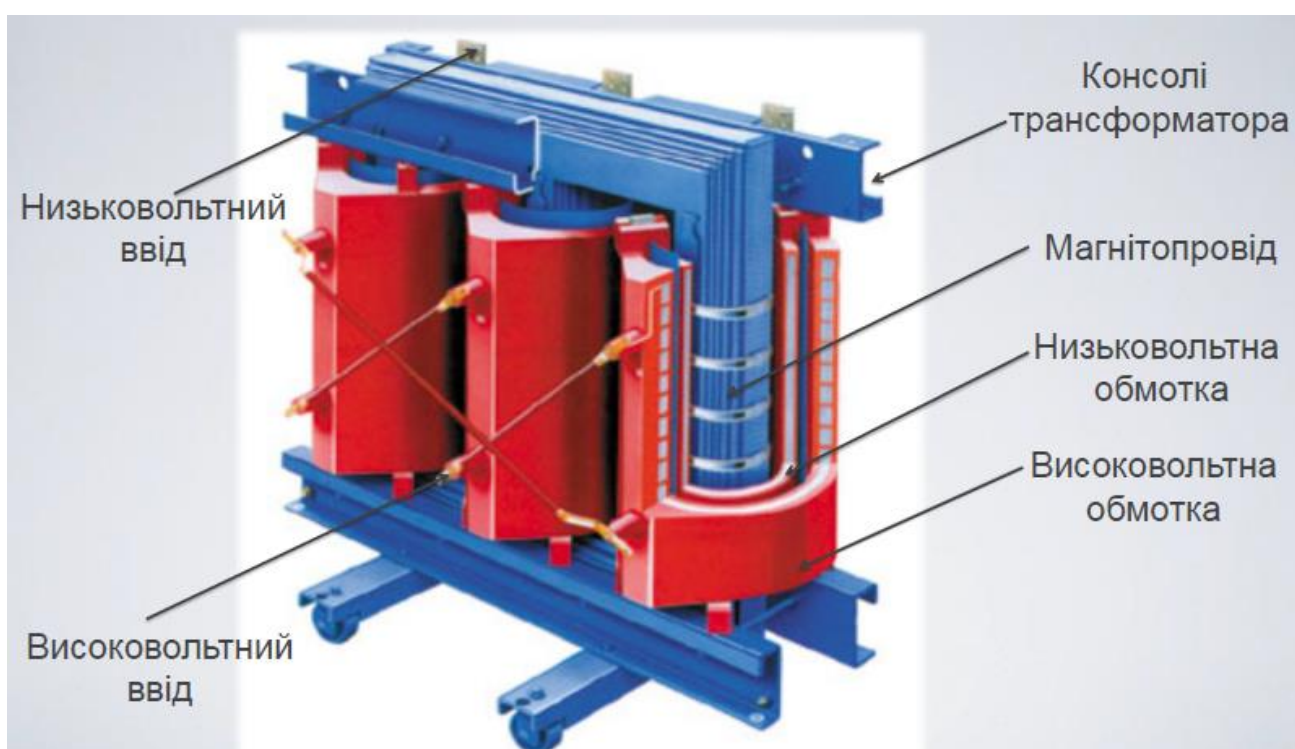


Рис.1.7 – Конструкція трансформатора ТСЛГ

РОЗДІЛ 2

ВИБІР СХЕМИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ

Електропостачання поставленого і замінного електрообладнання здійснюється по двох кабельних лініях 6 кВ від РП-6 кВ ГЗП-2 110/6 кВ кабелями марки АСБГ -3 (3x185).

Проектована РП-6кВ вбудовується в цех БК-8 [13-20].

Схема електропостачання складається з РП-6кВ, трансформаторних підстанцій і електричних мереж високої та низької напруги. В РП-6 кВ встановлено комплектний розподільний пристрій, що складається з 24 шаф КРП типу UniGearZS1 одностороннього обслуговування з викатними елементами.

РП -6 кВ має дві секції збірних шин.

Номінальний струм збірних шин 3150 А. Номінальний струм головних ланцюгів 1600 А.

РП-6 кВ укомплектовано вакуумними вимикачами типу VM-1Т фірми АВВ[10, 11], пристроєм БАВР і захистом чарунок на базі мікропроцесорних пристроїв фірми АВВ.

Трансформаторні підстанції підключені за радіальною схемою. Проектована схема електропостачання виконана, виходячи з мінімуму втрат електроенергії, максимуму надійності та з урахуванням можливості розвитку підприємства без значних витрат на реконструкцію схеми.

Всі елементи схеми постійно перебувають під навантаженням.

При виході з ладу одного з елементів схеми електропостачання, навантаження електроспоживачів першої категорій за надійністю електропостачання перерозподіляється між рештою в роботі з урахуванням

допустимого перевантаження.

З метою зменшення струмів короткого замикання і спрощення комутації і захисту проектом передбачається роздільна робота ліній і трансформаторів.

Передбачено секціонування шин РП -6 кВ і трансформаторних підстанцій.

Живить лінія 6 кВ, підключена до однієї секції РП-6 кВ, розрахована на повне навантаження проєктованих об'єктів (після-аварійний режим).

2.1 Розрахунок струмів короткого замикання

При виборі і перевірці апаратів і провідників зазвичай є трифазної струм КЗ, (в мережах 110 кВ і вище) - однофазний струм КЗ.

При розрахунках струмів КЗ допускається не враховувати:

- зсув по фазі ЕРС різних синхронних машин і зміна їх частоти обертання, якщо тривалість КЗ не перевищує 0,5 с;

- струм намагнічування силових трансформаторів і автотрансформаторів;

- насичення магнітних систем електричних машин;

- вплив активних опорів різних елементів вихідної розрахункової схеми на амплітуду періодичної складової струму КЗ, якщо активна складова результуючого еквівалентного опору розрахункової схеми щодо точки КЗ не перевищує 30% від індивідуальної складової результуючого еквівалентного опору [21,22].

Складемо розрахункову схему електроустановки (рис. 2.1), що розглядається і на підставі розрахункової складемо еквівалентну схему.

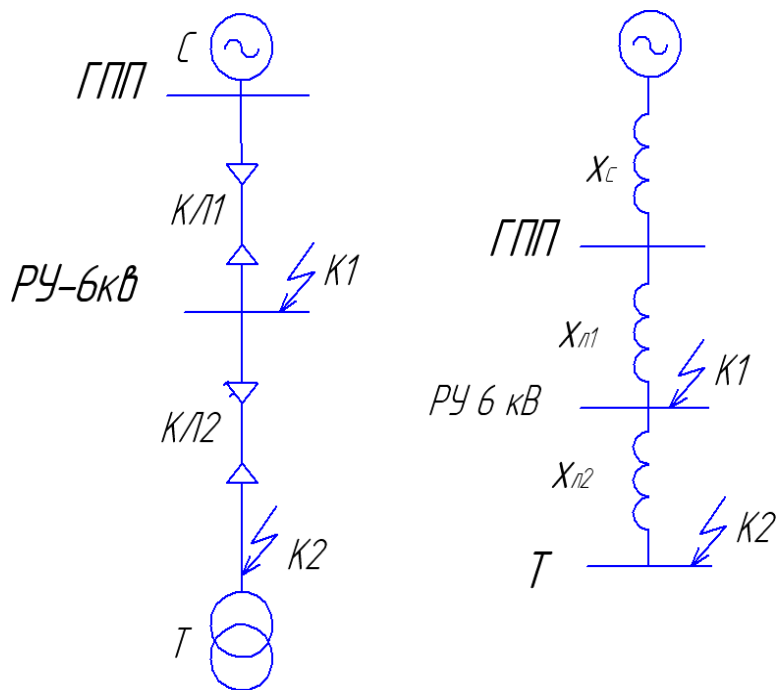


Рис. 2.1 – Розрахункова схема і схема заміщення

Розрахунок опорів схеми заміщень з використанням формул для системи шин ГПП-2:

де струм КЗ на збірних шинах $I_k = 8,26$ кА,

тоді опір системи обчислимо за формулою 2.1:

$$x_{*6,c} = \frac{E_{*c}''}{I_{no}^3} \cdot I_6 = \frac{1}{8,26} \cdot 92 = 11,14; \quad (2.1)$$

для лінії Л1,

$$x_{*6,л1} = x_{y\delta} \cdot l \cdot \frac{S_6}{U_{cp}^2} = 0,073 \cdot \frac{2,3}{3} \cdot \frac{1000}{6,3^2} = 1,41;$$

для лінії Л2:

Коротке зами- К1 визначимо за формулою 2.2:

$$X_{*\delta,л2} = X_{y\delta} \cdot l \cdot \frac{S_{\delta}}{U_{cp}^2} = 0,074 \cdot 0,4 \cdot \frac{1000}{6,3^2} = 0,746.$$

$$X_{*рез(\delta)} = X_{*\delta,c} + X_{*\delta,л1} = 11,14 + 1,41 = 12,55. \quad (2.2)$$

Базисний струм визначимо за формулою 2.3:

$$I_{\delta} = \frac{S_{\delta}}{\sqrt{3} \cdot U_{\delta}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 92 \text{ кА}. \quad (2.3)$$

Початкове діюче значення періодичної складової струму К3 за формулою 2.4:

$$I_{n,\sigma}^3 = \frac{E_{*\delta}^n}{X_{*рез(\delta)}} \cdot I_{\delta} = \frac{1}{12,55} \cdot 92 = 7,33 \text{ кА}. \quad (2.4)$$

Ударний струм К3 слід визначити за формулою 2.5:

$$i_{y\delta} = \sqrt{2} \cdot I_{n,\sigma}^3 \cdot k_{y\delta} = \sqrt{2} \cdot 7,33 \cdot 1,4 = 14,51 \text{ кА}, \quad (2.5)$$

де $k_{уд} = 1,4$ – ударний коефіцієнт по табл.

Коротке замикання в точці К2. Результуючий опір до точки К2 визначимо за формулою 2.6:

$$X_{*рез(\delta)} = X_{*\delta,c} + X_{*\delta,л1} + X_{*\delta,л2} = 11,14 + 1,41 + 0,746 = 13,296. \quad (2.6)$$

Початкове діюче значення періодичної складової струму К3 за формулою 2.7:

$$I_{n,\sigma}^3 = \frac{E_{*\delta}^n}{X_{*рез(\delta)}} \cdot I_{\delta} = \frac{1}{13,296} \cdot 92 = 6,92 \text{ кА}. \quad (2.7)$$

Ударний струм КЗслід визначити за формулою 2.8:

$$i_{y\delta} = \sqrt{2} \cdot I_{n.o} \cdot k_{y\delta} = \sqrt{2} \cdot 6,92 \cdot 1,4 = 13,7 \text{ кА}, \quad (2.8)$$

2.2 Вибір електричних апаратів і провідників

Вибір апаратів і провідників для проектованої установки починається з визначення за заданою електричній схемі розрахункових умови, а саме: розрахункових струмів приєднань та струмів КЗ.

Розрахункові величини зіставляються з відповідними номінальними параметрами апаратів, які обирають по каталогам і довідників.

2.2.1. Вибір увідного вимикача в РП-6 кВ на ГЗП-2. Вибираємо вимикач фідера, що відходить з ГЗП-2 у бік РП -6 кВ. Середнє навантаження споживачів $S_{ном} = 6000 \text{ кВ}\cdot\text{А}$.

Розрахункові струми тривалого режиму з урахуванням 40% перевантаження визначимо за формулою 2.9:

$$I_{max} = 1,4 \cdot \frac{S_{Тннo}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = 1,4 \cdot \frac{6000}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 770 \text{ А}. \quad (2.9)$$

Термічна стійкість з тривалістю КЗt = 0,2 с визначимо за формулою 2.10:

$$B_k = I_{n.o}^3 \cdot (t_{откл} + T_a) = 7,33^2 \cdot (0,2 + 0,12) = 17,19 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}. \quad (2.10)$$

Розрахункові струми КЗприймаємо за результатами формули 2.11:

$$I_{n.o}^3 = 7,33 \text{ кА}, i_{y\delta} = 14,51 \text{ кА}. \quad (2.11)$$

Вибираємо з офіційного сайту АВВ вакуумний вимикач VM1- 1600 [10,11], для подальшого збільшення потужності. Розрахункові і каталожні дані зведемо в таблицю 2.1.

Максимальне значення аперіодичної складової струму КЗ для $\tau = 0,01 + t_c$, $v = 0,01 + 0,025 = 0,035$ с визначається за формулою 2.12:

$$i_{a,\tau} = \sqrt{2} \cdot I_{н.о} \cdot e^{-\tau/T_a} = \sqrt{2} \cdot 7,33 \cdot 2,71^{-0,035/0,12} = 7,75 \text{ кА}. \quad (2.12)$$

Термічна стійкість вимикача визначимо за формулою 2.13:

$$I_T^2 \cdot t_{откл} = 20^2 \cdot 0,2 = 80 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} \quad (2.13)$$

Таблиця 2.1 - Розрахункові каталожні дані вимикача 10 кВ

№	Найменування величин	Розрахункові данні	Каталожні данні	Умови вибору
1	Номинальна напруга	6 кВ	10 кВ	$U_{ном} \leq U_{сет. ном}$
2	Номинальний струм	770 А	1600 А	$I_{ном. дл.} \leq I_{ном}$
3	Здатність відключення	7,33 кА	20 кА	$I_{нт} \leq I_{откл. ном.}$
4	Граничний наскрізний струм	14,51 кА	50 кА	$i_{уд} \leq I_{прс}$
5	Термічна стійкість	17,19 кА ² ·с	80 кА ² ·с	$B_k \leq I_T^2 \cdot t_T$

2.2.2. Вибір вимикач 6 кВ на фідері, що виходить від РП-6 кВ. Сумарне навантаження споживачів $S_{ном} = 2500$ кВА. Розрахункові струми тривалого режиму з урахуванням 40% перевантаження визначимо за формулою 2.14:

$$I_{маа} = 1,4 \cdot \frac{S_{ТННО}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = 1,4 \cdot \frac{2500}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 321 \text{ А}. \quad (2.14)$$

Термічна стійкість з тривалістю $K3t = 0,2$ с визначимо за формулою 2.15:

$$B_k = I_{n,o}^3 \cdot (t_{откл} + T_a) = 6,92^2 \cdot (0,2 + 0,12) = 15,32 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}. \quad (2.15)$$

Розрахункові струми КЗ приймаємо за результатами рішення за формулою 2.16:

$$I_{n,o}^3 = 6,92 \text{ кА}, i_{y\delta} = 13,7 \text{ кА}. \quad (2.16)$$

Вибираємо з офіційного сайту АВВ вакуумний вимикач VM1- Т розрахункові та каталожні дані зведемо до таблиці 2.2.

Максимальне значення аперіодичної складової струму КЗ для $\tau = 0,01 + t_c$, $v = 0,01 + 0,025 = 0,035$ с визначається за формулою 2.17:

$$i_{a,\tau} = \sqrt{2} \cdot I_{n,o} \cdot e^{-\tau/T_a} = \sqrt{2} \cdot 6,92 \cdot 2,71^{-0,035/0,12} = 7,32 \text{ кА}. \quad (2.17)$$

Таблиця 2.2 – Розрахункові каталожні дані вимикача 10 кВ

№	Найменування величин	Розрахункові дані	Каталожні дані	Умова вибору
1	Номінальна напруга	6 кВ	10 кВ	$U_{ном} \leq U_{сет. ном}$
2	Номінальний струм	321 А	630 А	$I_{ном. дл.} \leq I_{ном}$
3	Здатність відключення	6,92 кА	20 кА	$I_{нт} \leq I_{откл. ном.}$
4	Граничний наскрізний струм	13,7 кА	50 кА	$i_{y\delta} \leq I_{прс}$
5	Термічна стійкість	15,32 кА ² ·с	80 кА ² ·с	$B_k \leq I_T^2 \cdot t_T$

Термічну стійкість вимикача визначимо за формулою 2.18:

$$I_T^2 \cdot t_{откл} = 20^2 \cdot 0,2 = 80 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} \quad (2.18)$$

2.3 Вакуумні силові вимикачі VM1-T

Вакуумні силові вимикачі, тип VM1-T, передбачені для установки в закритому приміщенні в розподільних пристроях з повітряною ізоляцією. Вони мають комутаційної здатністю, якої досить, щоб витримати навантаження, що виникає під час включення і вимкнення електрообладнання та елементів установки в збудженому і не збудженому стані, особливо в умовах короткого замикання, відповідно до їх технічних характеристик. Вакуумні силові вимикачі мають особливі переваги при використанні в електричних мережах з великим числом комутацій за годину і/або в таких мережах, де буває певна кількість роз'єднань з коротким замиканням. Вакуумні силові вимикачі, тип VM1-T(рис 2.2), зроблені для автоматичних повторнихвключень, і для них характерні особливо висока експлуатаційна надійність і досить тривалий термін служби при повній відсутності необхідності у технічному обслуговуванні, вони мають колонкову конструкцію і можуть бути поставлені у вигляді окремого апарату для стаціонарного монтажу або можуть бути встановлені на ходову частину.

Коли якір 14 притиснутий до нерухомої частини магнітопроводу 11 з нижньої сторони, він утримується в цьому положенні при знеструмлених котушках 12 і 15 завдяки дії магнітного потоку, що створюється постійними магнітами 13. При цьому контакти ВДК 2 замкнені.

Якщо пропустити струм відповідної величини й напрямку через котушку вимикання 15, якір почне рухатися вгору. Коли якір упреться в нерухливу частину магнітопроводу з верхньої сторони, він залишиться в цьому положенні й після вимикання котушки 15 завдяки магнітному потоку постійних магнітів. Електромагніт є бістабільним, оскільки має два сталі

положення при знеструмлених котушках. До основного недоліку вимикача можна віднести невелику силу утримання електромагніту при знеструмлених котушках, тому що сила утримання в кожному сталому положенні створюється лише в одному робочому зазорі та обмежується значенням магнітної індукції насичення матеріалу магнітопроводу, що для сучасних магнітом'яких матеріалах складає 2 Тл, а відповідне значення сили утримання 160 Н/см^2 .

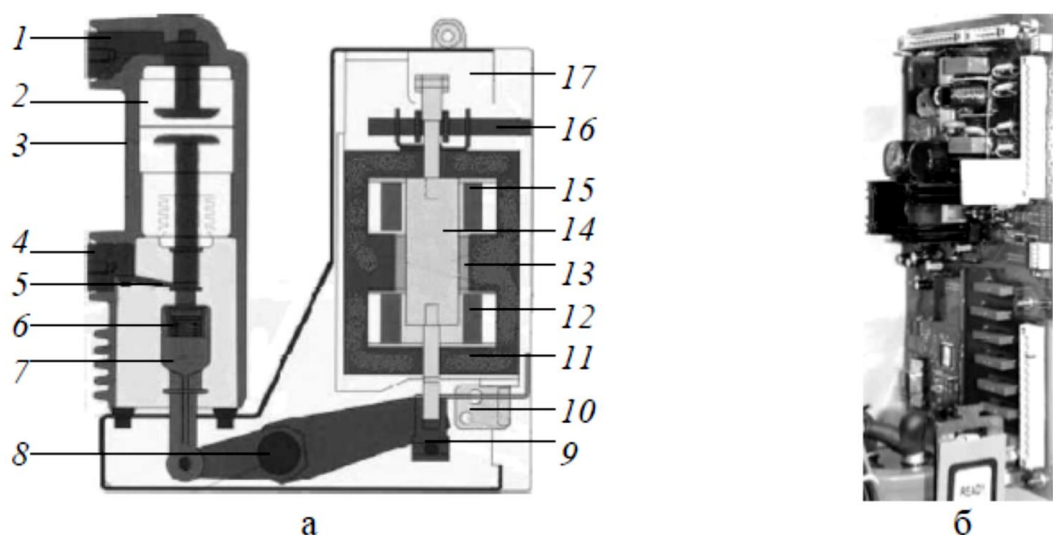


Рис. 2.2 – Вакуумний силовий вимикач VM1-T. Конструкція двопозиційного електромагніту (а) та зовнішній вигляд модуля керування (б).

На рис. 3 (а) позначено: 1 – верхній термінал; 2 – ВДК; 3 – епоксидна ізоляція; 4 – нижній термінал; 5 – гнучкий контакт; 6 – контактна пружина; 7 – тяговий ізолятор; 8 – важіль; 9 – протиударний вузол; 10 – датчики положення вимикача; 11 – нерухома частина магнітопроводу; 12 – котушка вмикання; 13 – постійні магніти; 14 – яркір; 15 – котушка вимикання; 16 – аварійний ручний привід вимикання; 17 – корпус.

Принцип роботи приводу вимикача. Магнітний актуатор є основою приводу силового вимикача. Він виконує функції, представлені на рис. 2.3.

Актуатор є бістабільною постійною електромагнітною системою, в якій переміщення якоря виникає шляхом підключення котушки, що включає і відключає. У крайніх положеннях якор утримується електромагнітним полем за допомогою поля двох постійних магнітів. Спрацювання комутаційної операції відбувається шляхом порушення однієї з котушок до короткочасного перевищення сили постійних магнітів, яка утримує.

Процесами включення і виключення можна управляти дистанційно шляхом підведення напруги на входах. На місці це можна зробити шляхом натискання кнопок. Під час процесу включення переміщення якоря впливає через важільний вал прямо на обурений комутаційний контакт до зіткнення з контактом.



Рис. 2.3 - Функції магнітного актуатора

В ході подальшого руху попередньо напружені пружини натягуються на 100%, і таким чином досягається необхідна контактна електрорушійна сила. При цьому наявний надлишковий хід більше, ніж максимальне обгорання контактів під час терміну служби вакуумної комутаційної камери.

Послідовність автоматичного повторного включення (АПВ). Привід спеціально зроблений для автоматичних повторних включень (експлуатації в режимі АПВ) і за рахунок того, що накопичувальні конденсатори мають короткий час перезарядження (макс.15 сек.), Він підходить також для багаторазових автоматичних повторних включень.

Принцип гасіння вакуумної комутаційної камери. Внаслідок надзвичайно низького статичного тиску в комутаційній камері від 10^{-4} до 10^{-8} гПа, для досягнення високої діелектричної міцності, потрібно відносно невелику відстань між контактами. При одному з перших фізичних проходжень через нуль вакуумна дуга гасне. Через незначного відстані між контактами і високої електропровідності плазми парів металу напруга горіння і додатково також пов'язана з цим енергія дуги через її короткої тривалості дуже незначні, що сприятливо позначається на терміні служби контактів, а разом з ними і вакуумних комутаційних камер.

Блокувальні пристрої/захист від неправильних дій при комутації для висувного елемента силового вимикача. Для запобігання небезпечним ситуаціям і неправильних комутаційних операцій для захисту людей і обладнання є цілий ряд блокувальних пристроїв. Для системи панелей розподільного пристрою ZS і відведеної від неї Powerbloc/монтажної рами передбачені блокувальні пристрої (що стосуються силового вимикача), представлені на рис. 2.4.

Висувний елемент можна пересувати тільки при вимкненому силовому вимикачі і підведеній напрузі живлення до блокувального електромагніту з положення перевірки /роз'єднання в робоче положення (і навпаки)

Силовий вимикач можна включити тільки в тому випадку, якщо висувною елемент знаходиться точно в положенні перевірки або робочій позиції (в проміжних положеннях вимикач заблокований електрично)

Без підведеної напруги ланцюга управління в робочому положенні або положенні перевірки силовий вимикач можна тільки вимкнути за допомогою ручного аварійного вимикача; включити його неможливо

На комутаційній панелі штекер проводу ланцюга управління можна вставляти і від'єднувати тільки тоді, коли відважний елемент знаходиться в положенні перевірки роз'єднання

Рисунок 2.4 - Блокувальні пристрої системи панелей розподільного пристрою ZS і відведеної від неї Powerbloc / монтажною рами

2.4 Вибір трансформаторів струму

2.4.1. Вибір трансформаторів струму на стороні ГПП-2 і введення РУ 6 кВ. Вибираємо трансформатор струму TPU40.13 [23]. Каталожні та розрахункові величини зведені в таблиці 2.3.

За довідником вибираємо TPU 4, $I_{1\text{ном}} = 1600$. А, $K_{\text{ЕД}} = 160$, $K_{\text{T}} = 63$, $t_{\text{T}} = 1$ с, $Z_{2\text{ном}} = 1,2$ Ом.

Таблиця 2.3 – Розрахункові та каталожні дані трансформатора струму

№	Найменування величин	Розрахункові дані	Каталожні дані	Умова вибору
1	Номинальна напруга	6 кВ	6 кВ	$U_{ном} \leq U_{сет.ном}$
2	Номинальний струм	770 А	1600 А	$I_{ном.дл.} \leq I_{ном.}$
3	Електродинамічна стійкість	9,5 кА	453 кА	$i_{уд} \leq K_{эд} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{1ном}$
4	Термічна стійкість	$7,37 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$252 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$	$B_k \leq K_T^2 \cdot I_{1ном}^2 \cdot I_T$

2.4.2. Вибір трансформатора струму на фідері, щовідходить, РП 6 кВ. Вибираємо трансформатор струму ТРУ4. Каталожні та розрахункові величини зведені в таблиці 2.4.

За довідником вибираємо ТРУ 4, $I_{ном} = 400 \text{ А}$, $КЕД = 160$, $К_T = 63$, $t_T = 1 \text{ с}$, $Z_{2ном} = 1,2 \text{ Ом}$.

Для перевірки трансформатора струму з вторинної навантаженні, користуючись схемою включення і каталожними даними приладів, визначаємо навантаження по фазах для найбільш завантаженого трансформатора струму.

2.4.3. Вибір трансформатора струму на відходить фідера РП 6 кВ. Вибираємо трансформатор струму ТРУ4. Каталожні та розрахункові величини зведені в таблиці 2.4.

За довідником вибираємо ТРУ 4, $I_{ном} = 400 \text{ А}$, $КЕД = 160$, $К_T = 63$, $t_T = 1 \text{ с}$, $Z_{2ном} = 1,2 \text{ Ом}$.

Для перевірки трансформатора струму з вторинної навантаженні, користуючись схемою включення і каталожними даними приладів,

визначаємо навантаження по фазах для найбільш завантаженого трансформатора струму.

Таблиця 2.4 – Розрахункові та каталожні дані трансформатора струму

№	Найменування величин	Розрахункові дані	Каталожні дані	Умова вибору
1	Номінальна напруга	6 кВ	6 кВ	$U_{ном} \leq U_{сет.ном}$
2	Номінальний струм	321 А	400 А	$I_{ном.дл.} \leq I_{ном.}$
3	Електродинамічна стійкість	9,5 кА	90,5 кА	$i_{уд} \leq K_{эд} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{1ном}$
4	Термічна стійкість	5,92·с	25,2 кА ² ·с	$B_k \leq K_T^2 \cdot I_{1ном}^2 \cdot I_T$

Найбільше навантаження припадає на трансформатор фази А. Загальний опір приладів фази А (таблиця 2.5) за формулою 2.19:

$$R_{прил} = \frac{S_{прил}}{I_2^2} = \frac{3,1}{5^2} = 0,124 \text{ Ом} \quad (2.19)$$

Опір контактів $R_k = 0,1$ Ом, тоді опір проводів за формулою 2.20:

$$R_{пр} = Z_{2ном} - R_{прил} - R_k = 1,2 - 0,124 - 0,1 = 0,976 \text{ Ом.} \quad (2.20)$$

Таблиця 2.5 – Вторинне навантаження трансформатора струму

Прилад	Тип	Навантаження, В · А, фази		
		А	В	С
Амперметр	Э-335	0,5		
Блок REF	542 plus	0,1	0,1	0,1
Лічильник активної та реактивної енергії	СЭТ-4ТМ	2,5	2,5	2,5
Разом		3,1	2,6	3,0

Беручи довжину сполучних проводів 40 м з мідними жилами, визначаємо перетин за формулою 2.21:

$$s = \frac{\rho \cdot l_p}{R_{np}} = \frac{0,0175 \cdot \sqrt{3} \cdot 40}{0,976} = 1,24 \text{ мм}^2, \quad (2.21)$$

де $l_p = \sqrt{3} \cdot l$ - розрахункова довжина, що залежить від схеми з'єднання трансформаторів струму. Приймаємо стандартний перетин 1,5 мм².

Трансформатори ТРУ4 є опорними і призначені для перетворення струму в трифазних мережах з ізольованою або заземленою нейтраллю до 10 кВ з частотою 50 Гц. Вони електрично відокремлюють кола вторинних з'єднань від ланцюгів високої напруги в електричних установках змінного струму промислової частоти і використовуються в вимірювальних системах для передачі сигналу вимірювальної інформації вимірювальним приладам і пристроям захисту і управління, включаючи прилади обліку електроенергії.

2.5 Вибір трансформатора напруги

У ланцюзі встановлюємо трансформатор напруги типу ТУС4 [24], до якого приєднуються вимірювальні прилади і прилади контролю ізоляції. Підрахунок навантаження наведено в таблиці 2.6.

За формулою 2.22 визначимо:

$$S_{2\Sigma} = \sqrt{(\sum S_{\text{прил}} \cdot \cos \varphi)^2 + (\sum S_{\text{прил}} \cdot \sin \varphi)^2} = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{90^2 + 50^2} = 102,9 \text{ В}\cdot\text{А} \quad (2.22)$$

Каталожні та розрахункові величини зведені до таблиці 2.7.

Таблиця 2.6 – Вторинне навантаження трансформатора напруги

Прилади	Типи приладів	Споживана потужністьод нієї котушки,ВА	Число котушок	$\cos\varphi$	$\sin\varphi$	Число приладів	Загальна споживана потужність	
							P , Вт	Q , вар
Вольтметр	Э-335	2,0	1	1	0	1	2	
Блок REF	542 plus	2,5	3	1	0	9	67,5	
Лічильник активної і реактивної енергії	СЭТ-4ТМ	2	3	0,38	0,925	9	20,52	49,95
Разом							90,02	49,95

Таблиця 2.7 - Розрахункові та каталожні дані трансформатора напруги

№	Найменування величин	Розрахункові дані	Каталожні дані	Умова вибору
1	Номінальна напруга	6 кВ	6 кВ	$U_{ном} \leq U_{мер.ном}$
2	Клас точності	0,5	0,5	$\%_{розр} \geq \%_{ном}$
3	Номінальна потужність	102,9 ВА	400 ВА	$S_{2\Sigma} \leq S_{ном}$

Трансформатори напруги ТЈС4 є однофазними трансформаторами з первинними і вторинними обмотками, залитими в епоксидний компаунд. Епоксидне лиття виконує, одночасно, функції ізолятора і несучої конструкції.

Трансформатори ТЈС4 оснащені двома вторинними обмотками, де перша обмотка використовується або в ланцюгах вимірювання, або в ланцюгах захисту, а друга обмотка підключається до схеми відкритого трикутника в трифазній системі. Під час експлуатації трансформатора один затиск кожної вторинної обмотки, а також один із затискачів, підключений в схему відкритого трикутника, повинні бути заземлені.

2.6 Вибір конструктивних рішень

Склад обладнання і споруд підстанції залежить від її параметрів і прийнятої схеми електричних з'єднань. Силові трансформатори напідстанції розташовуються так, щоб електричні зв'язки з РУ були коротше і простіше, тобто у центрі майданчика.

Збірні і сполучні шини виконуються голими проводами. Надійність РП досягається дотриманням ізоляційних відстаней між струмоведучими, а також струмоведучими та заземленими частинами.

На стороні 6 кВ споруджується ЗРП, яке виконано у вигляді комплектних розподільних пристроїв зовнішнього виконання типу КРПН. Розміщення обладнання в ЗРП має забезпечувати безпеку під час ремонтів і оглядах, зручність експлуатації. Для безпеки необхідно дотримуватися мінімальна відстань від струмопровідних частин до різних елементів РУ. Устаткування в ЗРУ встановлюється у відкритих камерах, захищених з боку коридору огорожею. Будівля, перегородки виконуються з вогнестійких матеріалів. Пожежна безпека забезпечується за рахунок застосування апаратів і обладнання без масла або з невеликим його кількістю.

РОЗДІЛ 3

РЕЛЕЙНИЙ ЗАХИСТ І АВТОМАТИКА

3.1 Вибір захисту основних елементів підстанції

Проводимо вибір захисту основних елементів проекрованої ПС – трансформаторів, ліній тощо. Дається коротка характеристика застосовуваних захистів. Захист лінії здійснюється в залежності від схеми живлення, числа ланцюгів, їх конструктивного виконання тощо.

Для парних ліній одностороннього живлення використовуються:

- максимальний струмовий захист;
- максимальний струмовий захист каскадного дії в поєднанні захистом мінімальної напруги;
- засоби автоматики –БАР.

Для захисту кабельних ліній застосовують струмові відсічення без витримки часу. Кабельні лінії захищаються від замикання на землю, для чого використовують трансформатори струму нульової послідовності з дією на сигнал. На даній нашій підстанції будемо використовувати REF 542 plus [12].

REF 542 plus – багатофункціональна захист і блок управління розподільним пристроєм, причому даний блок є подальшим удосконаленням попереднього багатофункціонального блоку REF 542. Подібно до свого попередника, блок надає можливості, показані на рис. 3.1.

Всі згадані вище функції, а також функції контролю якості електроенергії вбудовані в програмовану середу. Виняткові гнучкість і масштабованість цього пристрою нового покоління надають інтелектуальне

рішення для випадків, де традиційний підхід був би неефективним і дорогим.

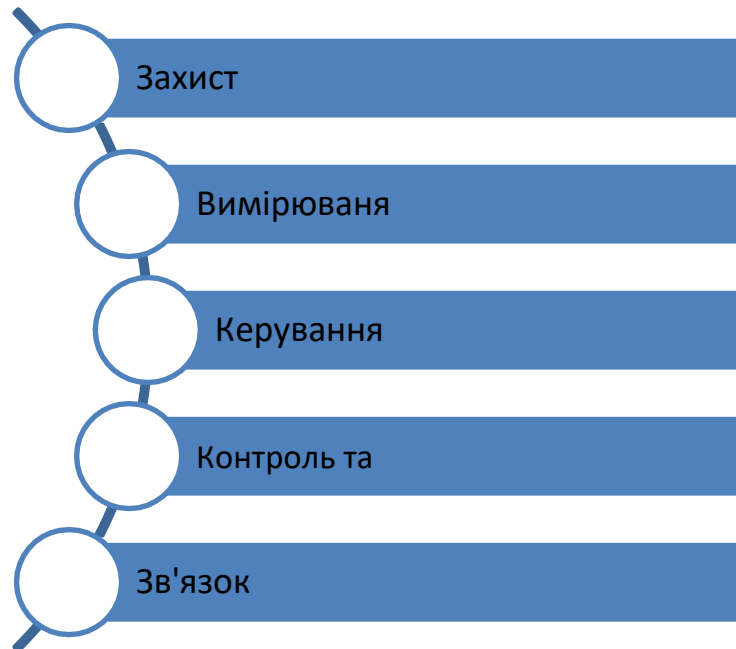


Рис.3.1– Можливості блоку REF 542

На рис. 3.2, що наводиться нижче, показані приклади монтажу REF 542 plus у розподільних пристроях.

Багатофункціональний блок REF 542 plus складається з двох частин: базового блоку і окремого інтерфейсу людина-машина (НМІ). Базовий блок містить джерело живлення, процесорну плату, плату аналогового входу, модулі двійкових входів/виходів (Вх/Вих), а також з замовлених модулів, що надають додаткові функції. Базовий блок і інтерфейс НМІ з'єднані кабелем послідовної зв'язку.

Інтерфейс НМІ є автономним блоком з власним джерелом живлення. Він може встановлюватися на двері низьковольтного (LV) відсіку або в спеціалізованому відділенні, недалеко від центрального блоку. Інтерфейс

НМІ може використовуватися з метою встановлення параметрів захисту для локального управління перемикаючими приладами в розподільчому пристрої і для візуального контролю подій і вимірювань. Відповідно до стандартного інтерфейсу RS-485 блок НМІ з'єднується з базовим блоком за допомогою екранованої й ізольованої крученої пари. На рис. 3.3 показана установка центрального блоку і блоку управління НМІ в низьковольтному відсіку комутаційної панелі для розподільного пристрою.



Рис.3.2 – Багатофункціональний блок REF 542 plus встановлений в КРП

Цифровий сигнальний процесор (DSP) виконує функції вимірювання і захисту, а мікроконтролер (MC) реалізує функції управління. Завдяки розподілу завдань відсутній взаємовплив між реалізованою схемою захисту і змінною схемою управління. Процесорпередачі даних (CP),що поставляється окремо, необхідний при підключенні системи автоматики станції. Блок-схема реле REF 542 plus показана на рис.3.4.

Основний модуль оснащений процесором DSP і мікроконтролером. В основному модулі також знаходяться інтерфейс CANOpen, інтерфейс Ethernet для вбудованого веб-сервера, а також порт оптичного входу для тимчасової синхронізації. Додатковий модуль зв'язку забезпечує зв'язок з системою автоматики підстанції. Модулі довічних входів і виходів обслуговують первинний процес і призначені для відправки команд і отримання відомостей про стан процесу. Модуль аналогового входу приймає сигнали струму і напруги як від вимірювальних трансформаторів, так і від безіндуктивних датчиків. Додатковий модуль аналогових виходів 4 ... 20 мА і модуль аналогових входів 4 ... 20 мА уможливають обмін даними за допомогою струмової петлі 4 ... 20 мА або 0 ... 20 мА.

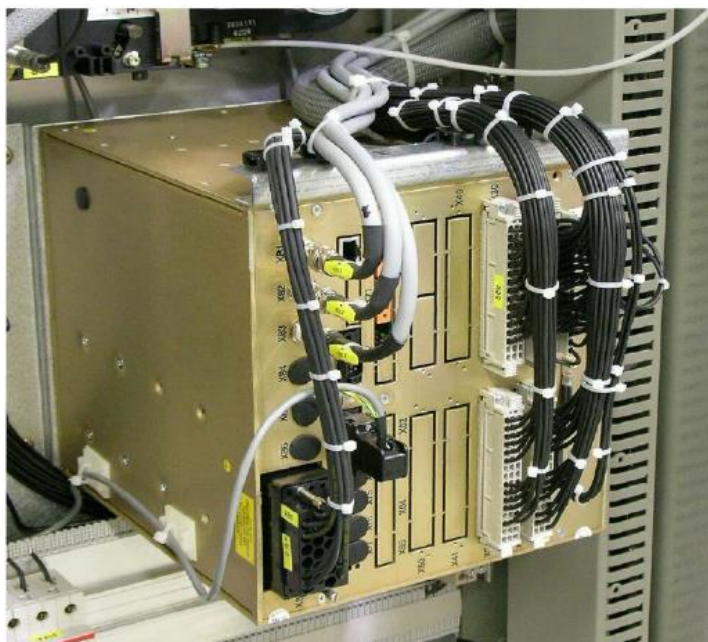


Рис.3.3 – Базовий блок в системі РП

Блок управління НМІ, як показано на рис. 3.5, має рідкокристалічний дисплей (РК) із заднім підсвічуванням, вісім кнопок, кілька світлодіодів і інтерфейс електронного ключа. Мову телефону можна вибрати за допомогою відповідного програмного засобу налаштування, яке використовується також для визначення схеми захисту і управління.

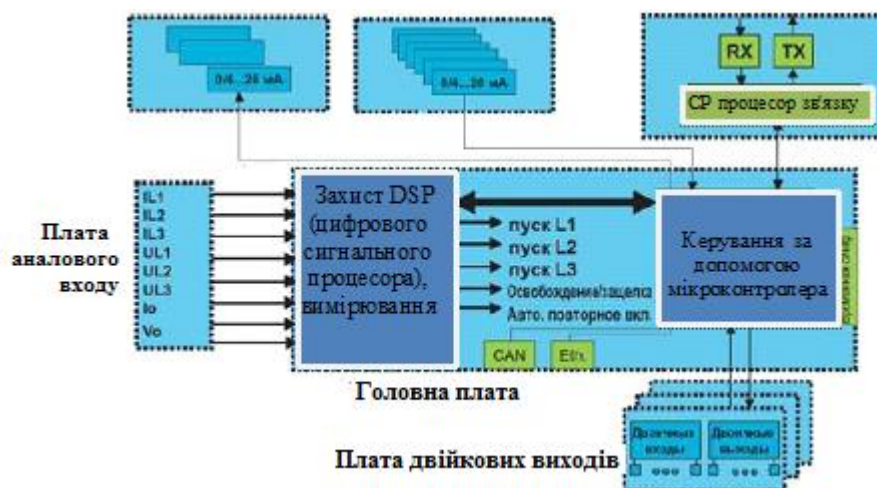


Рис.3.4 – Блок-схема реле REF 542 plus

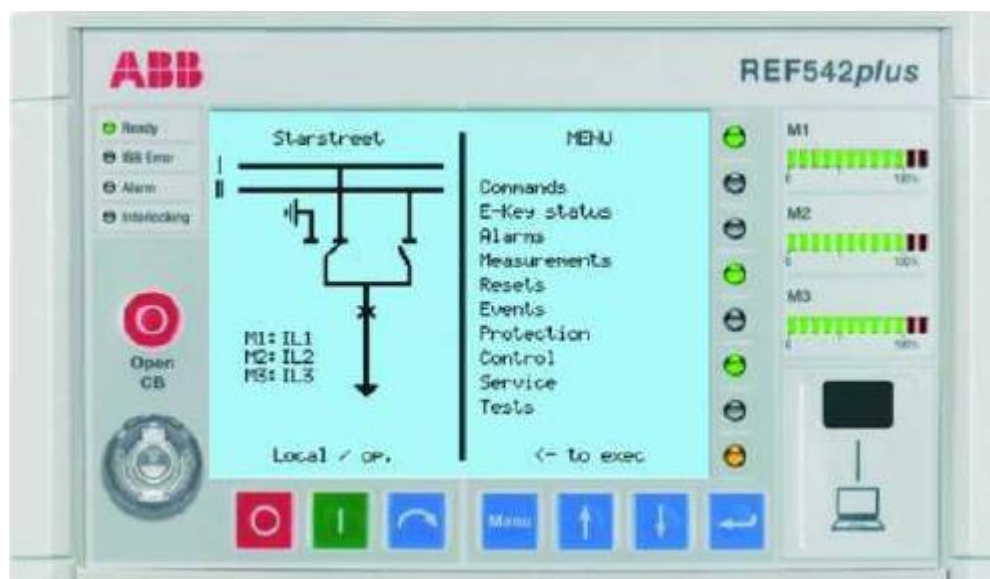


Рис.3.5 – Блок управління НМІ

Ліва частина РК (рідкокристалічного дисплея) зарезервована для однолінійної мнемосхеми. Права частина призначена для візуалізації простого тексту, наприклад, подій вимірювання і захисту. Підсвічування РК вимикається автоматично після 20 хвилин бездіяльності.

Блок НМІ є повною системою для локального управління розподільним пристроєм. Інтерфейс НМІ надає можливість установки функцій захисту, роботи з первинними об'єктами, візуалізації вимірювань і подій, скидання аварійної сигналізації і зміни робочого режиму блоку.

Інтерфейс НМІ містить компоненти, представлені на рис. 3.6.

Світлодіод готовності блоку, цей зелений світлодіод світиться, коли блок знаходиться в робочому режимі. Цей світлодіод вимикається, коли відсутнє живлення або, коли блок не функціонує.

Світлодіод мережевий зв'язку функціонує тільки в тому випадку, коли реле REF 542 plus оснащено модулем зв'язку і налаштоване на його використання. При виявленні модуля зв'язку всередині блоку світлодіод загоряється зеленим світлом. Якщо модуль зв'язку не виявлено або непрацездатний, світлодіод перемикається з зеленого на червоне світло. Коли блок не налаштований для зв'язку, світлодіод вимикається.

Світлодіод аварійної сигналізації світиться червоним світлом, коли виникають аварійні стани, які визначаються користувачем. С допомогою сервісної програми можуть бути визначені і налаштовані кілька довільних аварійних умов. Аварійні умови можуть викликати спрацьовування функції захисту, витік газу SF₆ в вимикачі тощо. Коли цей світлодіод світиться, замикання вимикача і завантаження нової конфігурації неможливі. Спочатку необхідно усунути аварійну ситуацію і підтвердити отримання аварійного сигналу.

Помилка блокування – зазвичай світлодіод помилки блокування світиться зеленим світлом. Світлодіод короткочасно загоряється червоним світлом, коли користувач намагається виконати операцію, яка порушила б запрограмовані умови блокування, наприклад, перемикавання роз'єднувача,

коли вимикач знаходиться в замкнутому положенні.



Рис.3.6 – ІнтерфейсНМІ

Датчик електронних ключівпізнає електронні ключі. Надаються два різних електронних ключа. Один ключ дозволяє змінювати параметри функцій захисту. Інший ключ використовується для зміни режимів управління. Датчик автоматично виявляє, який ключ вставлений. Для того щоб можна було розрізняти ключі, вони маркуються «Protect» (Захист) і «Control» (Управління). При необхідності для доступу до обох режимів може використовуватися універсальний ключ. Є також можливість програмування в ключах 8-символьного настроюється коду для підвищення рівнів безпеки або для будь-яких інших спеціальних застосувань. Це можна легко зробити за допомогою програми, доступної на замовлення.

Управління об'єктом - кнопки управління об'єктами дозволяють управляти первинними об'єктами.

Переміщення по меню – кнопкипереміщення по меню дозволяють пересуватися по пунктах меню реле REF 542 plus.

Програмовані світло діоди – вісімнезалежно програмованих світлодіодів трьох кольорів використовуються для індикації. Існує 4 сторінки цих світлодіодів. Призначення функцій світлодіодів для конкретних умов виконується за допомогою сервісної програми.

Інтерфейс ПКє інфрачервоним (IrDa) послідовним інтерфейсним портом, призначеним для підключення реле REF 542 plus до персонального комп'ютера. При використанні відповідного кабелю і сервісної програми можна виконувати операції, представлені на рис.3.7.

Діаграми вимірювань.Для швидкої перевірки навантаження розподільного пристрою надаються 3 довільно програмованих лінійних індикатора. Три лінійних індикатора маркуються M1, M2 і M3. Кожен лінійний індикатор складається з дванадцяти світлодіодів: десяти зелених і двох червоних світлодіодів. Десять зелених світлодіодів зазвичай призначені для відображення номінального значення між 0% і 100% настроюється вимірювання, при цьому кожен світлодіод відповідає 10% номінального значення. Два червоних світлодіода показують перевантаження, рівну 20%.

Вимірюється величина, яка виводиться на лінійний індикатор, встановлюється за допомогою сервісної програми. Довідковий текст M1 ... M3 може налаштовуватися і відображатися на дисплеї в його графічній частині.

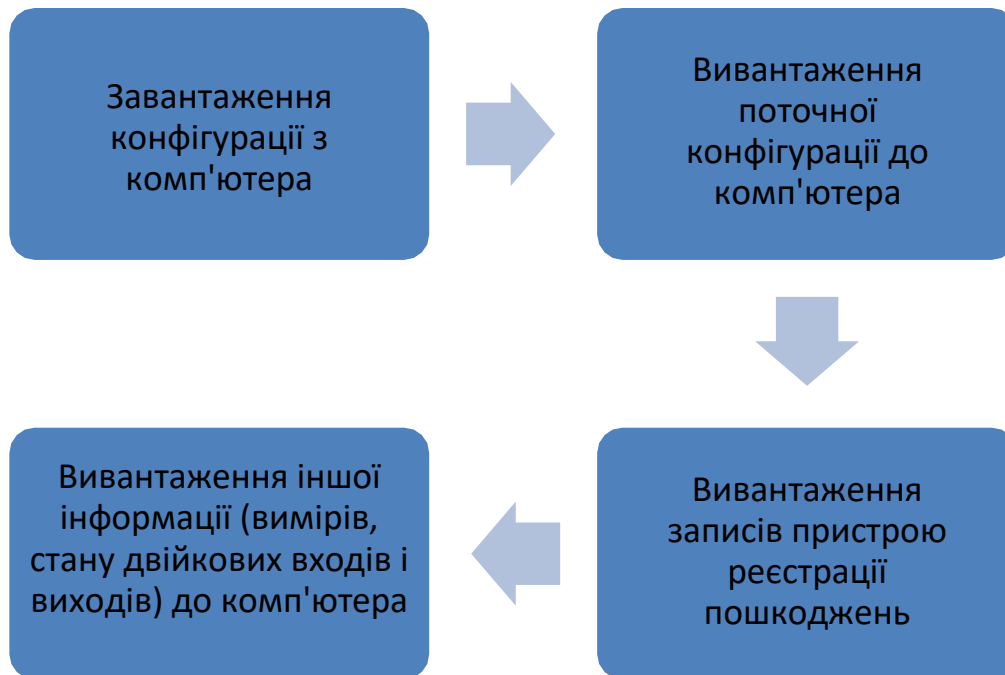


Рис.3.7 – Операції, що виконуються при використанні відповідного кабелю і сервісної програми

Текстовачастина РК, в якій відображаються меню, значення вимірювань, події і всі відомості, доступні за допомогою структури меню.

Представлення однолінійних мнемосхем графічною частиною екрана. У цій частині дисплея відображається однолінійна схема розподільного пристрою. Стан фізичних об'єктів динамічно оновлюється після кожної операції: наприклад, якщо вимикач розімкнений, це відбивається в поданні однолінійних мнемосхем.

При одночасному натисканні на кнопку, розімкнуту в нормальному стані, кнопка OpenCB дозволяє швидко розмикати вимикач незалежно від

обраного режиму управління. Ця функція повинна бути активізована в пристрої за допомогою сервісної програми.

Крім того, є можливість мати кілька командних кнопок, які повністю визначаються користувачем в інтерфейсі НМІ. Ці віртуальні кнопки доступні в спеціалізованому меню НМІ. Під час налаштування реле REF 542 plus користувач визначає, які командні кнопки необхідні. Можливі типові приклади: пуск передавального ключа або будь-які інші процедури автоматизації, активізація пристрою реєстрації несправності, пуск процедури скидання навантаження тощо.

Завдяки командним кнопкам, визначеними користувачем, можливості автоматизації реле REF 542 plus дозволяють задовольнити будь-які вимоги.

Блок управління і захисту розподільного пристрою REF 542 plus об'єднує всі допоміжні функції в одному блоці. Цей багатофункціональний блок характеризується також функцією самоконтролю. Всі функції розроблені як програмні модулі, що довільно настроюються. Тому REF 542 plus може з легкістю задовольнити широкий діапазон вимог для станцій середньої напруги. Універсальність програмного забезпечення робить можливим використання реле REF 542 plus в кожному розподільчому пристрої незалежно від необхідного конкретного додатка.

Конфігурація блоку. Блок REF 542 plus налаштовується під конкретні умови застосування за допомогою сервісної програми, встановленої на персональному комп'ютері. Необхідні функціональні блоки об'єднуються разом з допомогою графічного редактора. Доступні функції захисту представлені у вигляді конкретних функціональних блоків, які можна об'єднувати за допомогою логічної функції для побудови необхідної схеми захисту і автоматики. Гнучкість реле REF 542 plus корисна для визначення функцій управління і автоматики, які можуть, наприклад, включати в себе блокування комутаційних апаратів, блокування спрацьовування конкретних функцій захисту, а також запуск послідовностей перемикання.

Блок реле REF 542 plus надає широкий діапазон логічних функцій для

зручності виконання кожного конкретного вимоги. До даних функцій відносяться логічні елементи, такі як І, АБО, таймери, лічильники, імпульсні генератори, тригери тощо. Всі функції розподільчого пристрою визначені відповідно до стандартів АВВ. Конфігурація реле REF 542 plus являє собою файл, який завантажується в пристрій через оптичний послідовний порт інтерфейсу НМІ (людина-машина). Після підключення до блоку інтерфейсу НМІ за допомогою кабелю послідовного зв'язку сервісна програма також надає додаткові функції, представлені на рис.3.8.

Сервісна програма дозволяє виконувати контроль в режимі реального часу внутрішніх керуючих сигналів і логічних станів - потужний засіб для налагодження додатків.

Конкретне конфігурація програмного забезпечення для необхідної схеми захисту може виконуватися тільки компанією АВВ.

Вимірювання. Реле REF 542 plus може мати максимум 8 аналогових вхідних каналів для вимірювання сигналів струму і напруги. Ці канали розбиті на три групи.



Рис.3.8 – Додаткові функції сервісної програми

Групи 1 і 2 повинні бути однотипними; це означає, що вони можуть вимірювати 3 струму або 3 напруги. Наприклад, вимір одного струму і двох напруг не допускається. Група 3 може отримувати сигнали будь-якого типу, наприклад, 2 струму, 2 напруги або 1 струм і 1 напруга. Аналоговий вхід реле REF 542 plus спроектований таким чином, щоб підтримувати всі функції захисту самого пристрою.

Групи 1 і 2 можуть використовуватися для однотипних вимірювань струму або напруги, що надходять від вимірювальних трансформаторів і нестандартних датчиків. Група 3 може використовуватися для різномірних вимірів, але в більшості випадків тільки з вимірювальними трансформаторами. Наприклад, канал 7 в групі 3 може використовуватися для вимірювання струму замикання на землю в якості входу трансформатора струму або для функції контролю синхронізму в якості входу трансформатора напруги.

У найбільш поширеною конфігурації використовуються три струмових входи, три входи напруги і один вхід струму замикання на землю. Усі значення показуються на дисплеї в первинних величинах. Значення, які реєструються протягом тривалого періоду часу, наприклад, енергія, кількість операцій вимикача, а також граничні значення і значення вимірювань, зберігаються постійно. Навіть після зникнення живлення ці дані будуть як і раніше доступні. Ця поширена конфігурація дозволяє відображати наступні вимірювані значення.

Безпосередньо вимірювані величини:

- струми фаз, три фази;
- фазні напруги лінії, три фази;
- залишковий струм (може бути розрахований);
- залишкову напругу (може бути розраховане);
- частота.

Величини, які розраховуються. На основі виміряних значень,

перерахованих вище, можуть розраховуватися такі величини:

- фазні або лінійні напруги, три фази;
- середнє значення/максимальнє значення струму, трифазного (визначається за період в декілька хвилин);
- повна, активна і реактивна потужність;
- коефіцієнт потужності.

Крім того, для цілей контролю можуть надаватися такі величини:

- напрацювання (години);
- цикли комутації;
- сумарні комутовані струми;
- вимірювальні імпульси від зовнішнього вимірювального пристрою (до 10).

Контроль і самодіагностика. Реле REF 542 plus надає кілька функцій для контролю первинних компонентів, а також для самодіагностики. Для контролю первинних компонентів доступні обчислювані величини, показані на рис.3.9.

Реле REF 542 plus оснащено алгоритмами самодіагностики, які безперервно контролюють стан апаратних і програмних модулів. Кожен модуль двійкових входів і виходів реле REF 542 plus оснащений контрольним контактом, який переключається в разі несправності або зникнення живлення. Цей контакт може використовуватися для виявлення несправності пристрою і для ініціювання відповідних дій. При необхідності можуть контролюватися аналогові входні канали. Є можливість контролю обриву проводу телефонної лінії від вимірювального трансформатора або датчика і можливість приведення в дію аварійної сигналізації.

Захист. Реле REF 542 plus надає широкий діапазон функцій захисту. Як згадувалося раніше, можна налаштувати широкий діапазон схем захисту різних компонентів енергосистеми. Для побудови необхідної схеми захисту доступні функції можуть комбінуватися. Види захистів представлені на рис. 3.10 -3.17.

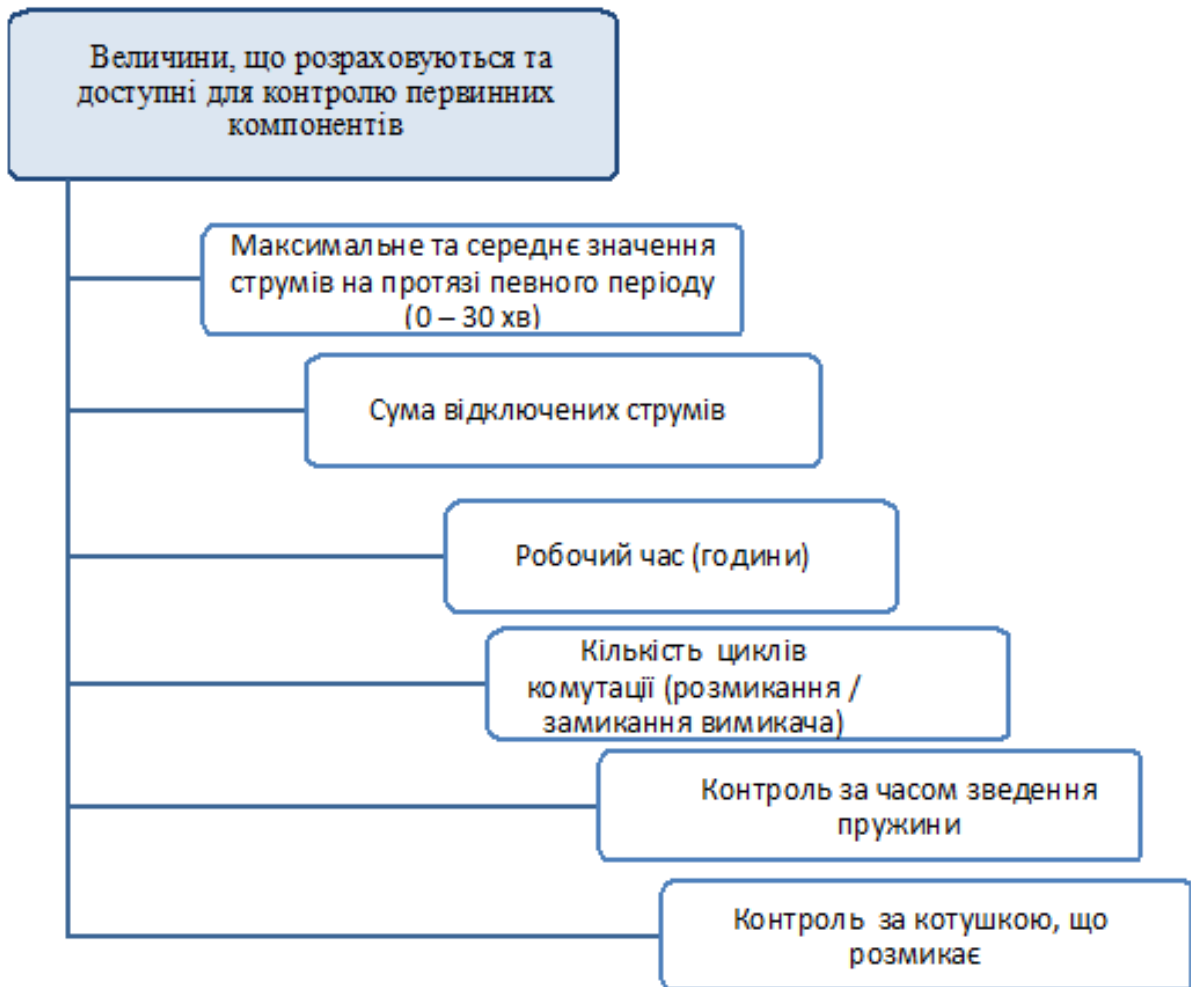


Рис.3.9 – Обчислювані величини, доступні для контролю первинних компонентів

Блок REF 542 plus дозволяє встановити не більше 24 функцій захисту. Однак конкретне максимальну кількість так чи інакше залежить від доступної продуктивності системи.

Управління. Можливості управління і автоматизації, які має REF 542 plus, надзвичайно широкі. Можливості управління, що надаються реле REF 542 plus, дозволяють легко реалізувати як прості схеми блокування від помилок при комутації, так і складні схеми скидання навантаження.

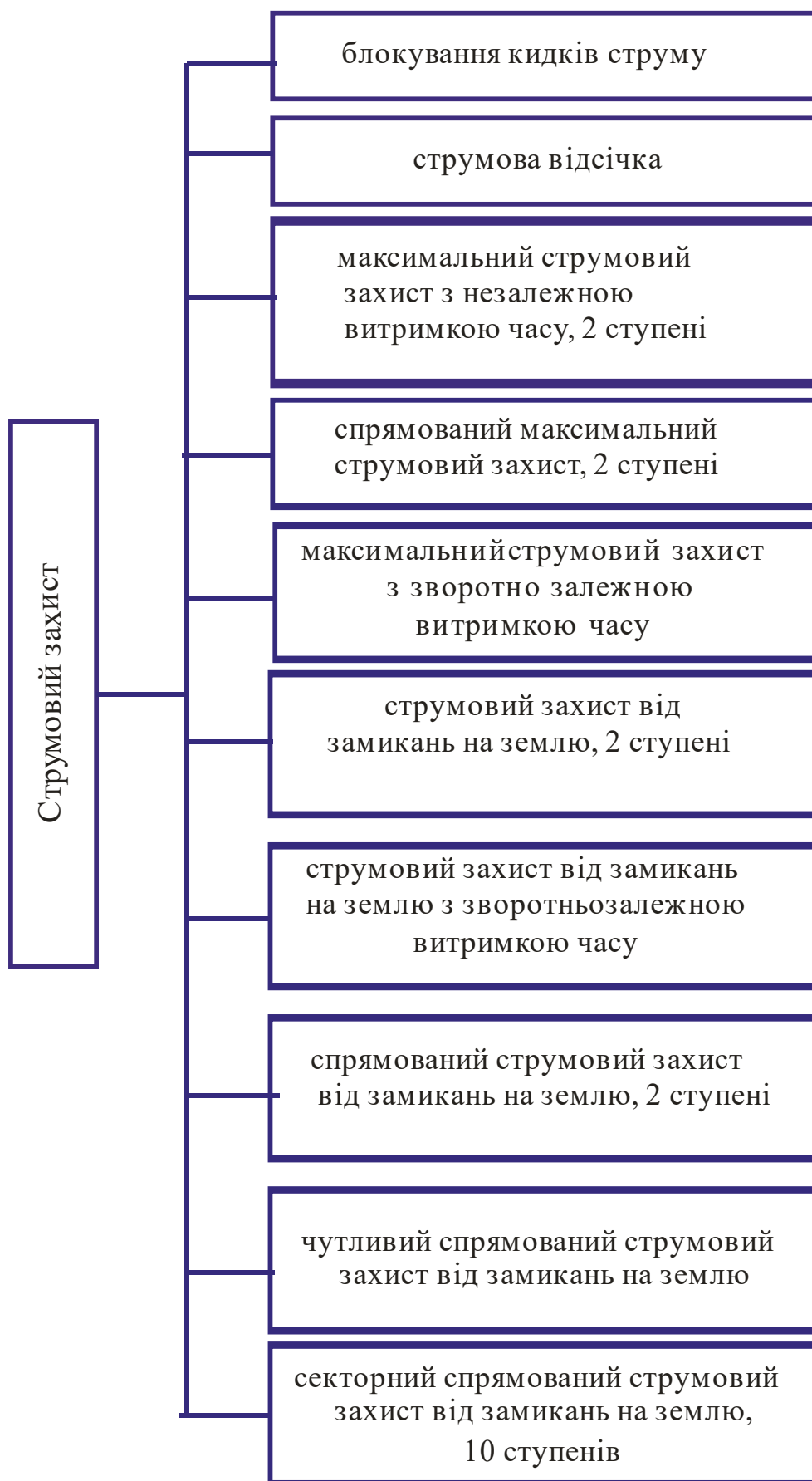


Рис.3.10 – Струмовий захист

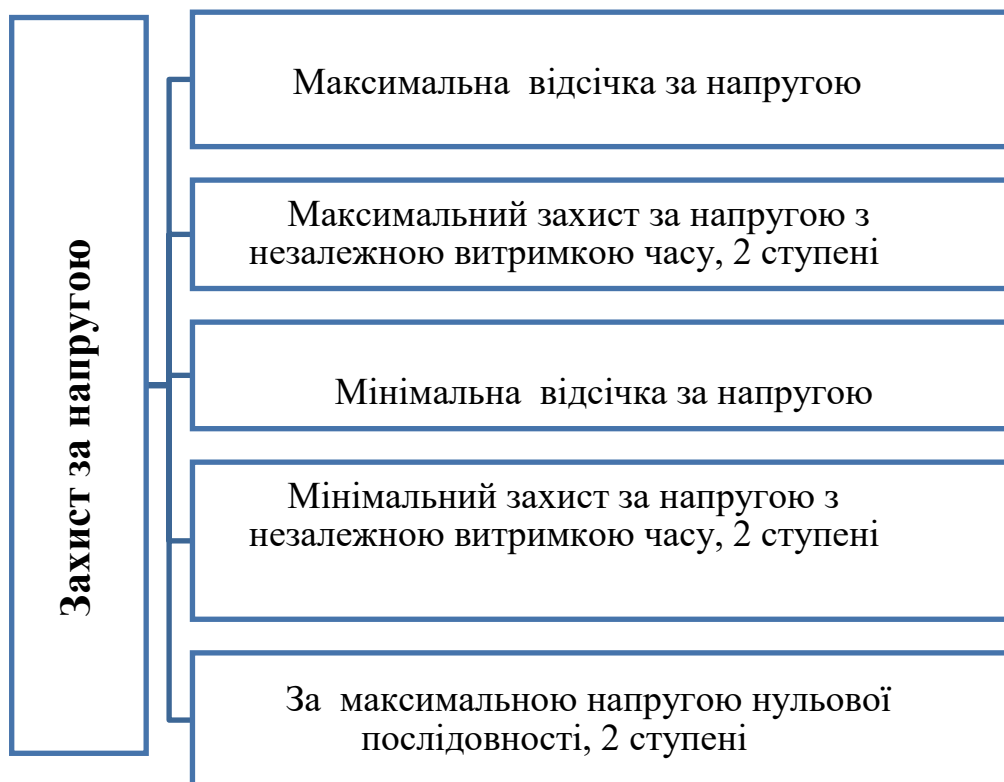


Рис.3.11 – Захист за напругою

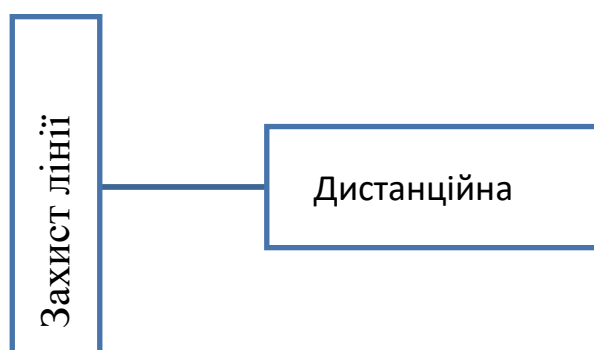


Рис.3.12 – Захист лінії



Рис.3.13 – Захист лінії

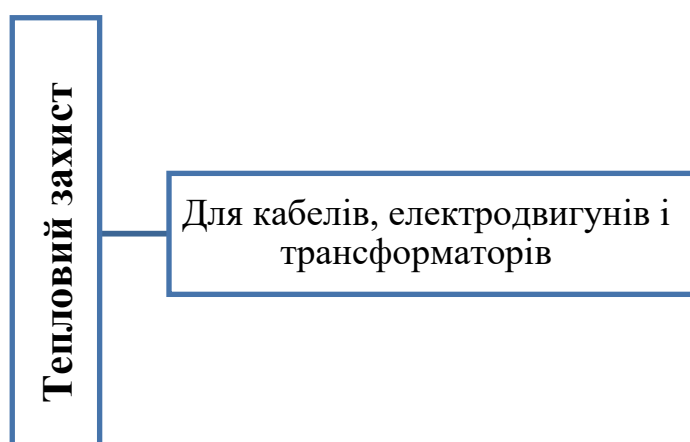


Рисунок 3.14 – Тепловий захист



Рис.3.15 – Захист, характерний для електродвигунів



Рис.3.16 – Функція якості електроенергії. Захист за сумарним коефіцієнтом нелінійних спотворень.

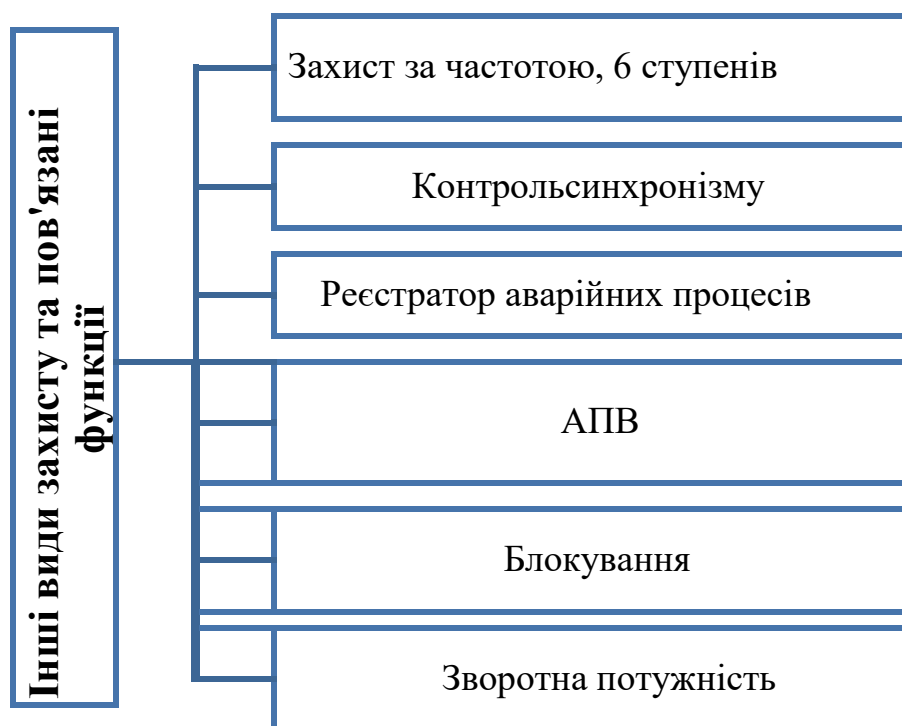


Рис.3.17 – Інші види захисту та пов'язані функції

Можна також виконати схему блокування між розподільними пристроями, підключеними до однієї системи шин. Для цього між даними розподільними пристроями повинен відбуватися обмін інформацією про стани їх комутаційних апаратів. Відомості про стан повинні надаватися за допомогою засобів, представлених на рис. 3.18.

Реле REF 542 plus передбачає використання різних режимів управління, які вибираються за допомогою ключа управління. У локальному режимі кнопки управління інтерфейсу НМІ використовуються для роботи з первинними об'єктами. Дистанційне керування заборонено. В режимі дистанційного керування дозволені тільки операції комутації від пульта дистанційного управління, наприклад, системи автоматизації станції. Локальне управління через інтерфейс НМІ заборонено. Всі можливості

роботи з первинними об'єктами можуть бути заборонені шляхом переведення пристрою в режим відключення управління.

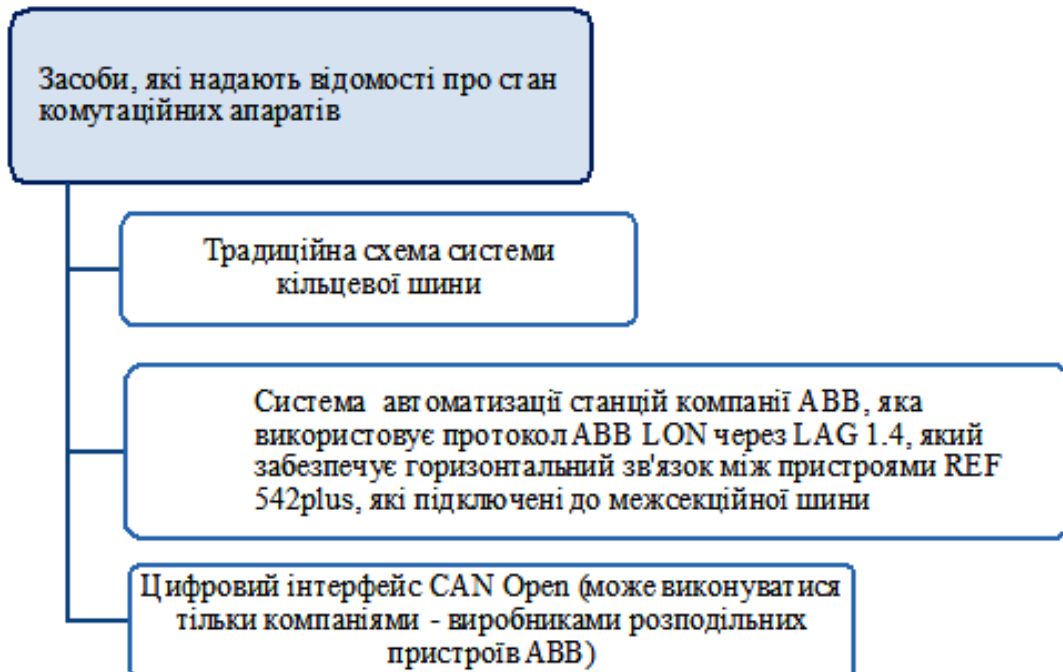


Рис.3.18 – Засоби, які надають відомості про стан комутаційних апаратів

Реєстрація подій. Останні 30 зареєстрованих подій можуть відображатися локально на екрані НМІ. Більшість подій пов'язані з діями функцій захисту. Крім відображення назви події надаються додаткові відомості про подію, час, дату і чинному значенні струму короткого замикання, що відключається вимикачем. Кожна подія позначається часом і датою. Події зберігаються в незалежній пам'яті, тому вони не губляться навіть в разі зникнення живлення.

Запропонований варіант і схема підстанції задовольняє вимогам надійності споживачів і умові тривалого режиму роботи.

3.2 Високошвидкісний перемикаючий пристрій SUE3000

Сьогодні зниження напруги або повне відключення електропостачання є найбільш серйозними критичними проблемами для якості енергопостачання. Відповідає істині твердження про те, що різкі відхилення напруги в електронних системах управління та інших чутливих установках, можуть стати причиною повної зупинки виробничого процесу і тривалих періодів простою. Високошвидкісний перемикаючий пристрій SUE3000 гарантує оптимальний захист енергопостачання[25]. Пристрій забезпечує безперервне постачання споживача за допомогою автоматичного перемикачання на резервний ввід і забезпечує захист допоміжного технологічного процесу від довготривалого простою. Більш того, завдяки можливості ручного перемикачання, наприклад, для запланованих відключень, в значній мірі спрощується експлуатація установки.

Високошвидкісний перемикаючий пристрій SUE3000 може застосовуватися практично повсюдно, де відключення електропостачання може призвести до зупинки виробничого процесу і, відповідно, до додаткових витрат.

Схема з двома вхідними і секційним вимикачами (рис. 3.19). Загальний вигляд пристрою показаний на рис. 3.20. У разі використання даної конфігурації навантаження розділене між двома секціями збірних шин для забезпечення резерву. Секційний вимикач зазвичай відключений. Включені обидва вводи. У разі порушення роботи одного з вводів, відповідний йому вимикач відключається і включається секційний вимикач. Після цього обидві секції збірних шин живляться від одного вводу. Після введення в роботу вводу, який вийшов з ладу, з метою відновлення нормального стану, може бути використане зворотне перемикачання в ручному режимі.

Ініціація роботи SUE3000. Вкрай важливим для оптимальної роботи перемикаючого пристрою є швидке і пряме отримання команди на роботу

пристрою без найменших затримок. Зазвичай це забезпечується підключенням пристрою.

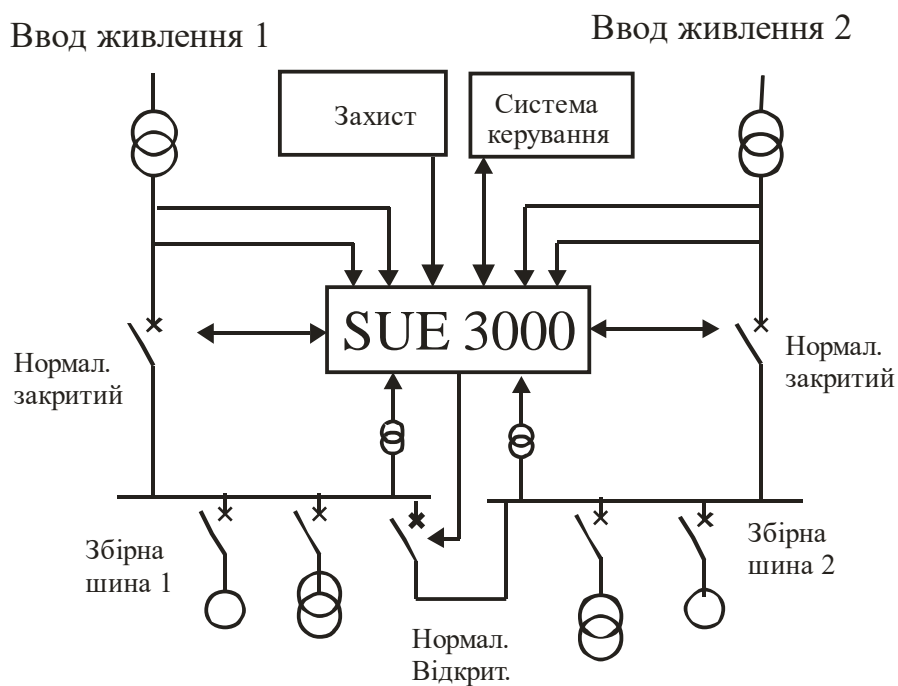


Рис.3.19 – Схема з двома входними і секційним вимикачами



Рис. 3.20 – Загальний вигляд пристрою

SUE3000 належить до швидкодіючих пристроїв РЗА. При роботі захисних функцій відповідний пристрій РЗА дає команду на відключення вводу і, таким чином, припиняє подачу напруги на збірні шини. Паралельно ця ж команда використовується як сигнал ініціації перемикачів на SUE3000. Предусмотрени вхідні і вихідні сигнали управління для повного дистанційного керування і сигналізації.

Конструкція SUE3000. Робота SUE3000 заснована на використанні мікропроцесора, що працює в режимі реального часу. Функції вимірювання й обробки аналогових сигналів здійснюються процесором цифрових сигналів (DSP), а мікроконтролер (MC) забезпечує логічну обробку та зв'язок з пристроєм вводу/виводу двійкових сигналів. Процесор передачі даних (CP) необхідний для підключення до системи автоматизації підстанції.

Пристрій SUE3000 складається з двох частин: центрального пристрою і дисплея. Центральний пристрій складається з плати джерела живлення, процесора ат модулів вводу/виводу аналогових і двійкових сигналів, а також додаткових модулів для виконання допоміжних функцій. Дисплей є автономним, обладнаним власним джерелом живлення. Він може бути встановлений на двері релейної відсіку або в окремому відсіку, поруч з центральним пристроєм. Дисплей зазвичай використовується для установки параметрів роботи пристрою і місцевого управління. Дисплей з'єднаний з центральним пристроєм екранованої кручений парою через інтерфейс RS 485.

Дисплей складається з рідкокристалічного екрана з підсвічуванням, чотирьох світлодіодних індикаторів стану, семи клавіш, восьми (32 віртуальних) світлодіодних індикаторів сигналів, трьох шкальних світлодіодних індикаторів для відображення аналогових значень і інтерфейсу електронного ключа. Мова дисплея може бути обрана за допомогою програмного засобу конфігурації, який також використовується для конфігурації функціональної схеми високошвидкісного перемикаючого пристрою. Ліва частина рідкокристалічного дисплея виділена для

однолінійної схеми. Права частина використовується для відображення або вимірних, або розрахованих аналогових значень, а також для відображення відповідних меню або підменю, визначених користувачем. Передбачено використання двох електронних ключів з різними ступенями доступу. На дисплеї є один програмований і два фіксованих шкальних світлодіодних індикатора. Кожен шкальний індикатор складається з десяти зелених і двох червоних індикаторів. Конфігурацію третього шкального індикатора задає користувач для відображення будь-якого необхідного аналогового значення. Червоні індикатори використовуються для відображення значень, що перевищують номінальні. Функції пристрою SUE3000 можуть бути пристосовані для забезпечення відповідності вимогам системи за допомогою настройки користувача конфігурації. Обумовлена користувачем конфігурація завантажується під час введення в експлуатацію.

Функції перемикаючого пристрою SUE3000. Високошвидкісний перемикаючий пристрій SUE3000 інтегрує всі необхідні функції в одному блоці. Це багатофункціональний пристрій також виконує функцію самоконтролю. Всі функції виконуються вільно конфігуруються програмними модулями. Таким чином, забезпечується виконання широкого діапазону експлуатаційних вимог без особливих проблем. Універсальність програмного забезпечення забезпечує можливість використання SUE3000 практично з будь-розподільчої апаратурою незалежно від області конкретного застосування.

Режим роботи SUE3000. Основним завданням SUE3000 є забезпечення мінімальної тривалості перемикання в разі виникнення сигналу ініціації, перехідні ефекти якого не становлять небезпеки для підключених користувачів. З цією метою в SUE3000 передбачена швидкодіюча логіка обробки, а також високоточна обробка аналогових сигналів. Пристрій постійно порівнює напруга на секції з напругою резервного введення. Наступні критерії синхронності виведені з амплітуд напруг, а також різниці частоти і кутів зсуву фази.

$\varphi < \varphi_{\max}$ Кут фазового зсуву.

Кут фазового зсуву визначається між напругою на секції і напругою резервного вводу. Граничні значення для критеріїв синхронності можуть змінюватися індивідуально для шин з відставанням і випередженням. Типове значення $\pm 20^\circ$.

$\Delta f < \Delta f_{\max}$ Різниця частот

Система визначає різницю частот між напругою основного і резервного вводу. З точки зору процесу перемикавання, різниця частот забезпечує відображення можливого режиму обертання за інерцією підключених споживачів (наприклад, двигунів середньої напруги), а також відображення їх динамічних навантажень. Звичайна заводська установка 1 Гц.

$U_{\text{Stand-by}} > U_{\text{min1}}$ Напруга резервного введення

Контроль рівня напруги резервного вводу є важливим критерієм оцінки перемикавання: Пристрій SUE3000 готовий до перемикавання, якщо в наявності є справний резервний ввід. U_{Min1} встановлено на заводі-виробнику на рівні $80\% U_{\text{nominal}}$.

$U_{\text{busbar}} > U_{\text{min2}}$ Напруга на шинах

Значення напруги на шинах грає важливу роль у виборі режиму перемикавання. У тому випадку, якщо напруга на шинах опуститься нижче встановленого значення (U зазвичай встановлюється на рівні $70\% U_{\text{Nominal}}$), швидке переключення не виконується.

Постійне визначення стану мережі. Винятково важливою характеристикою роботи високошвидкісного перемикаючого пристрою SUE3000 є постійна доступність перерахованих вище критеріїв синхронності, тобто, вони розраховуються в режимі реального часу самим пристроєм SUE3000. З цієї причини, при надходженні команди на перемикавання, режим перемикавання вже визначено і може бути запущений негайно. Це означає значне підвищення готовності до швидкого переключення. Системи, які очікують визначення статусу мережі в момент приходу команди, не володіють можливістю виконати швидке переключення з мінімальною

тривалістю перерви електропостачання.

Вибір оперативного струму. Управління вимикачами, сигналізацією, автоматикою, зв'язком здійснюється оперативним струмом. Для живлення оперативних ланцюгів підстанції може застосовуватися змінний або постійний струм.

На підстанції 6 кВ з вимикачами на стороні високої напруги застосовуємо постійний оперативний струм. Установки постійного оперативного струму дозволяють здійснювати надійну та оперативну роботу електрообладнання. Електротехнічна промисловість серійно випускає апаратуру до приводів вимикачів для роботи безпосередньо на постійному оперативному струмі.

РОЗДІЛ 4

ВЛАСНІ ПОТРЕБИ ПІДСТАНЦІЇ

4.1 Розрахунок потужностей власних потреб

Залежно від типу, потужності підстанції живлення споживачів власних потреб здійснюється від двох спеціально встановлених трансформаторів.

До споживачів власних потреб підстанції відносяться оперативні ланцюга, підігрів ділянок КРП, вентиляція, опалення, освітлення тощо. Потужності електроприймачів власних потреб підстанції наведені в табл. 4.1.

Живлення оперативних ланцюгів постійного струму здійснюється від АОУТ-2 -220, який живиться від ЩС-1 і ЩС-2. ЩС-1,2 живляться зі збірних шин 0,4 кВ. Так само від ЩС живиться основне, аварійне освітлення ПС і ящик власних потреб.

Таблиця 4.1 – Потужність електроприймачів власних потреб

№ п/п	Найменування споживачів	Загальна споживана потужність P , кВт
1	Підогрів і освітлення шаф КРПН	10
2	Апаратикерування оперативним струмом (АОУТ)	0,1
3	Освітлення підстанції	0,2
	Разом	10,3 кВт
	З урахування коефіцієнту завантаження $k_3=$ 0,7, разом	7,21 кВт

4.2 Система вимірювань на підстанції

Контроль за режимом роботи основного і допоміжного обладнання на підстанції здійснюється за допомогою контрольно-вимірювальних приладів, що встановлюються на щитах управління.

На лініях високої напруги встановлюються прилади, що фіксують параметри необхідні для визначення місць пошкодження.

Контрольно-вимірювальні прилади, прийняті для установки на підстанції перераховані в табл.4.2.

Таблиця 4.2 – Контрольно-вимірювальні прилади

Коло	Місце установки	Перелік приладів
Зборні шини 6 кВ	Лицева панель	Вольтметр для вимірювання міжфазної напруги
Секційний вимикач	Лицева панель	Амперметр
Лінія 6 кВ до споживачів	Лицева панель	Амперметр, лічильники активної та реактивної енергії для ліній, які належать споживачеві, REF542 plus
ЩО	Дверцята шафи	Амперметр, вольтметр

4.3 Розрахунок заземлення підстанції

Всі металеві частини електроустановок, які не перебувають під напругою, необхідно заземлювати.

Залежно від місця розміщення заземлювачів щодо обладнання, яке заземлюється, розрізняють два типи заземлюючих пристроїв: виносне і

контурне [1-3,26,27].

При контурному заземлювальному пристрої електроди заземлювача розміщують по контуру (периметру) площадки, на якій знаходиться обладнання, яке заземлюється, а також всередині цієї площадки.

У відкритих електроустановках корпуси приєднують безпосередньо до заземлювача проводами. У будівлях прокладається магістраль заземлення, до якої приєднуються заземлюючі проводи. Магістраль заземлення з'єднують з заземлювачем не менше ніж у двох місцях.

В якості заземлювачів використовують природні і штучні заземлювачі. У даному випадку використовуємо штучні заземлювачі, до них відносяться: стрижні з кутової сталі, сталеві труби, пруткова сталь.

Заземлювачі забивають в ряд або по контуру на таку глибину, при якій від верхнього кінця заземлювача до поверхні землі залишається 0,5-0,8 м. Відстань між вертикальними заземлювачами повинна бути не менше 2,5- 3 м.

Розрахуємо заземлюючих пристроїв для підстанції 6 кВ площею 6 м x 18 м.

Опір одиночного вертикального заземлювача з кутової сталі розміром 50x50x5 мм довжиною 3 м визначається за формулою 3.1:

$$R_B = \frac{0,366 \cdot \rho}{L} \cdot \left(\lg \cdot \frac{2l}{b} + 0,5 \cdot \lg \cdot \frac{4 \cdot t + L}{4 \cdot t - L} \right), \quad (4.1)$$

де: ρ - питомий опір ґрунту, ґрунт - суглинок, $\rho = 1 \cdot 10^4 \text{ Ом} \cdot \text{см}$;

L - довжина вертикального заземлювача, 300 см;

b - ширина полиці кутової сталі для заземлювача, 5 см; t - глибина закладення, 200 см.

$$R_B = \frac{0,366 \cdot 1 \cdot 10^4}{300} \cdot \left(\lg \cdot \frac{2 \cdot 300}{5} + 0,5 \cdot \lg \cdot \frac{4 \cdot 200 + 300}{4 \cdot 200 - 300} \right) = 63,2 \text{ ом},$$

Опір горизонтального заземлювача зі смугової сталі визначається за формулою 3.2:

$$R_{\Gamma} = \frac{0,366 \cdot \rho}{L} \cdot \lg \cdot \frac{2L^2}{b \cdot t}, \quad (4.2)$$

де: L – довжина горизонтального смугового заземлювача, 600 см;

t – глибина закладення заземлення, 50 см;

b – ширина смуги, 5 см.

$$R_{\Gamma} = \frac{0,366 \cdot 1 \cdot 10^4}{600} \cdot \lg \cdot \frac{2 \cdot 600^2}{5 \cdot 50} = 48,6 \text{ Ом},$$

Опір заземлювального пристрою з 10-и вертикальних і 9-и горизонтальних заземлювачів визначається за формулою 3.3:

$$R_{\text{общ}} = \frac{R_{\Gamma} \cdot R_{\text{В}}}{K_{\text{И}} \cdot (N1 \cdot R_{\Gamma} + N2 \cdot R_{\text{В}})} = \frac{63,2 \cdot 48,6}{0,8 \cdot (10 \cdot 48,6 + 5 \cdot 63,2)} = 3,6 < 4,0 \text{ Ом}. \quad (3.3)$$

Даний тип заземлювача задовольняє для заземлення проектної підстанції.

4.4 Конструкція шафи КРП

Базовою для UniGear[29] є шафа вводу/виводу приєднання або вакуумним вимикачем з використанням викочування техніки (рис.4.1). Шафа розділена на шинний відсік збірних шин В, відсік вимикача А, кабельний відсік С, відсік приладової шафи D для вторинного устаткування і канал

випуску газу Е.

Для поздовжнього приєднання збірних шин необхідні дві шафи: шафа відгалуження з частиною з вимикачем, яка вико чувається, і шафа з жорстким відгалуженням (за вибором з вимірюванням напруги на збірних шинах і заземленням збірних шин). У обладнання без поздовжнього відгалуження збірних шин проводиться пряме з'єднання збірних шин.

Зовнішня оболонка і внутрішні перегородки шаф розподільного пристрою виготовлені з листової сталі товщиною 2 мм, яка покрита плівкою зі сплаву алюмінію з цинком. Три високовольних відсіку (відсік збірних шин, відсік вимикача і кабельний відсік) у верхній частині обладнанні запобіжними заслінками для зняття тиску. Останні відкриваються при надмірному тиску в разі внутрішнього короткого замикання дуги. Передня сторона шаф закрита дверима, стійкими до тиску, кут відкривання яких становить 130 °.

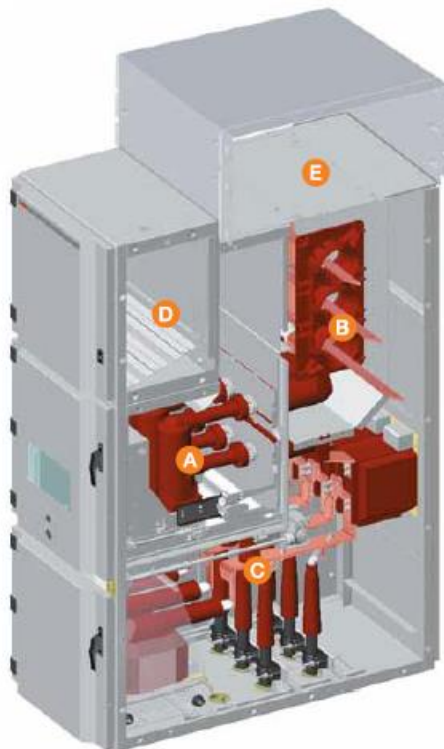


Рис.4.1 – Конструкція шафи КРП

Кабельні відсіки і вимикача мають свої власні двері. Відсіки вимикача оснащені оглядовими отворами з захисного скла. Сусідні шафи відокремлені один від одного бічними стінками кожної шафи і в результаті конструкційної конфігурації після монтажу шаф між цими стінками залишається повітряна подушка. Зовнішній кожух доповнений заслінками для зняття тиску, змонтованими нагорі, які відповідно до номінального струму дроти відгалуження виготовлені з листової сталі або жерстяної решітки і внизу кришкою днища з немагнітної жерсті. Заслінки для зняття тиску з однієї поздовжньої сторони зафіксовані сталевими болтами, з іншого поздовжнього боку зафіксовані пластмасовими болтами. У разі внутрішнього надлишкового тиску пластмасові болти місцями розриваються.

Обмеження струму при внутрішньому короткому замиканні дуги можна досягти шляхом оснащення вимикачами без запізнення, виконаними допоміжними вимикачами, керованими ударною хвилею. Розподільний пристрій оснащений пристроєм швидкого відновлення: допоміжні вимикачі на монтвані на датчиках тиску такеруються зрушенням штока датчика.

Необхідні правила техніки безпеки для обмеження ефектів внутрішнього короткого замикання дуги забезпечуються відповідно до висоти стелі, в шафах розподільного пристрою з урахуванням обслуговуючого персоналу включають монтаж каналу для відведення тиску у верхній частині комутаційного розподільного пристрою з іншими проходками, що виходять з розподільчої станції в конфігурації, придатній для конструкції будівлі. Ударна хвиля і вплив дуги відводяться через канали назовні.

Задня стінка збірних шин відсіку збірних шин, проміжна стінка, монтажна панель із захисними шторками і горизонтальною перегородкою є складовою частиною внутрішніх перегородок.

Внутрішнє поділ перегородками забезпечує безпечний доступ у відсіки вимикача і кабелів, навіть в тому випадку, коли збірні шини знаходяться під напругою.

Приладова шафа для вторинного обладнання повністю ізольована від простору високої напруги завдяки своєму корпусу з сталевий бляхи.

На кінцевих кожухи забезпечують механічний та термічний захист від внутрішнього короткого замикання дуги, якби вона сталася в кінцевій шафі.

Двері, задні стінки, листи обшивки ретельно очищаються й обробляються проти корозії перед нанесенням високоякісного подвійного покриття.

Двері відсіку вимикача і приєднання кабелів стійкі до тиску і можуть бути оснащені болтами або ефективними запірними системами.

При певних значеннях номінального струму збірних шин і відпайок від них необхідні вентиляційні отвори в зовнішній оболонці.

Для повітря, що надходить у відсік вимикача, в горизонтальній перегородці виконані вентиляційні отвори. Ступінь захисту відповідає IP4X, а безпеку в разі викиду гарячих газів, утворених в результаті дугового замикання, гарантується клапаном в горизонтальній перегородці. Для повітря, що виходить назовні, встановлені клапани для зняття тиску з жалюзі, виготовлені з бляшаної решітки замість листової сталі. Форма і розмір вентиляційних отворів в жерстяній обрешітці забезпечує ступінь захисту IP4X.

Збірні шини мають прямокутний перетин, виготовлені з міді і прокладені частинами з шафи в шафу. Збірні шини кріпляться за допомогою плоских шин відводів прохідними ізоляторами збірних шин при їх установці. Ніякі спеціальні кріпильні затиски не потрібні.

За допомогою прохідних панелей і прохідних ізоляторів збірних шин можна утворити перегородки між шафами. Для більш високого номінального короткочасного струму утримання дані перегородки необхідні. Короткі електричні характеристики наведено у табл. 4.3.

Для захисту персоналу та обладнання, а також для запобігання від помилкових ситуацій є цілий ряд блокувань:

- висувна частина може бути переміщена з випробувального/

відключеного положення в робоче положення (і назад) тільки при відключеному вимикачі і заземлювачі (тобто вимикач повинен бути вимкнений заздалегідь). У проміжному положенні вимикач блокується механічно;

Таблиця 4.3 – Електричні характеристики КРПUni Gear

Номінальна напруга	кВ	6
Найбільша робоча напруга	кВ	7,2
Номінальна короточасне витримується напруга змінного струму	кВ 1 хв.	28
Номінальна витримування напруги при грозовому імпульсі	кВ	60
Номінальна частота	Гц	50-60
Номінальний струм термічної стійкості	кА 3 с	50
Номінальний динамічний струм	кА	125
Витримує струм внутрішнього дугового КЗ	кА 1 с	50
Номінальний струм збірних шин	А	630-4000
Номінальний струм приєднань	А	630-1250

Для захисту персоналу та обладнання, а також для запобігання від помилкових ситуацій є цілий ряд блокувань:

- висувна частина може бути переміщена з випробувального/відключеного положення в робоче положення (і назад) тільки при відключеному вимикачі і заземлювачі (тобто вимикач повинен бути вимкнений заздалегідь). У проміжному положенні вимикач блокується механічно;

- вимикач може бути включений тільки в тому випадку, якщо

висувна частина дійсно знаходиться в випробувальному або робочому положенні. У проміжному положенні вимикач блокується механічно, у вимикачів з електричним розчіплювачем блокування також електрична;

- без приєднання напруги управління в робочому або випробувальному положенні вимикачі можна вимкнути лише вручну і їх не можна включити (електромеханічна блокування);

- підключення і відключення роз'єму підключення управління можливо тільки в випробувальному/відключеному положенні висувної частини;

- заземлювач можна включити тільки в тому випадку, якщо висувна частина знаходиться у випробувальному/відключеному положенні або поза шафи (механічне блокування).

- при включеному заземлювачі не можна пересунути висувну частину з випробувального/відключеного положення в робоче (механічне блокування);

- вимикач можна вкочити в тому випадку, якщо двері приладового відсіку відкриті.

- двері приладового відсіку не можна відкрити, якщо вимикач знаходиться в робочому або невизначеному становищі.

- заземлювачем не можна управляти, якщо двері кабельного відсіку відкриті;

- двері кабельного відсіку не можна відкрити, якщо заземлювач відключений; включення заземлювача збірних шин можливо тільки в тому випадку, якщо все висувні частини відповідного відсіку збірних шин знаходяться в випробувальному/відключеному положенні (електромеханічна блокування);

- якщо заземлювач збірної шини включений, висувні частини в заземленою секції не можуть бути переміщені з випробувального /відключеного положення в робоче положення (електромеханічна блокування).

ВИСНОВКИ

1. В магістерській роботі спроектований розподільний пристрій 6 кВ промислового підприємства, з метою електропостачання територіально розподілених споживачів 6 кВ.

Зі складу приймачів електричної енергії першої категорії надійності електропостачання виділяється особлива група електроприймачів, безперебійна робота яких необхідна для безаварійної зупинки виробництва з метою запобігання загрози життю людей, вибухів, пожеж і пошкодження дорогого обладнання. До приймачів особливої групи I категорії надійності, що розглядаються даним проектом, відносяться засоби та апаратура системи проти-аварійного захисту.

2. Облік електроенергії та перелік заходів з економії електроенергії. Комерційний облік електроенергії передбачений на вводах і лініях РП-6 кВ. Для обліку електроенергії передбачені лічильники СЕТ-4.У проекті розглянуті питання підвищення ефективності використання електроенергії.

3. В роботі вирішені наступні завдання:

- зроблено розрахунок електричних навантажень підстанції 6 кВ;
- зроблено вибір типу вакуумних вимикачів VM1 і VM1-T, трансформаторів струму ТРУ4, трансформаторів напруги ТЈС4;
- проведено розрахунок струмів короткого замикання;
- зроблено вибір номінальних параметрів основного електрообладнання;
- обрано обладнання для релейного захисту й автоматики на базі терміналу захисту фідерів REF 542plus та високошвидкісним перемикаючим пристроєм SUE3000
- виконано вибір електрообладнання КРПUniGear;

- виконано вибір постійного оперативного струму, системи вимірювань, потужності власних потреб, заземлення.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ПОСИЛАНЬ

1. Мілих В.І. Електропостачання промислових підприємств : Підручник для студентів електромеханічних спеціальностей / В.І. Мілих, Т.П. Павленко. – Харків : ФОП Панов А. М., 2016. – 272 с.

2. Шкрабець Ф. П. Електропостачання : навчальний посібник / Ф. П. Шкрабець, Держ. вищий навч. закл. "Нац. гірничий ун-т". Ін-т електроенергетики. – Дніпропетровськ : НГУ, 2015. – 539 с.

3. Системи електропостачання. Елементи теорії та приклади розрахунків : навчальний посібник / М. Й. Бурбело, О. О. Бірюков, Л. М. Мельничук – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 204 с.

4. Межений С.Я. План розвитку розподільних електричних мереж на 2016–2025 роки/ Межений С.Я. //Електрические сети и системы, №4-5, - 2016. – с. 4-8.

5. Electricity generation in the world and Ukraine: Current status and future developments. Alexander Zvorykin, Igor Pioro², Nataliia Fialko *Mechanics and Advanced Technologies* №2 (80). 2017

6. СОУ НЕК 20.261:2018 .Технічна політика ДП «НЕК «УКРЕНЕРГО» у сфері розвитку та експлуатації магістральних та міждержавних електричних мереж. – Київ, 2018

7. Правила улаштування електроустановок. - 5-те вид., переробл. й доповн. - X., 2014

8. Комплектні трансформаторні підстанції. Режим доступу: http://uea.com.ua/uploads/files/1453382725_prezentaciya-ktp-2013.pdf

9. ПАТ Укрелектроапарат. Режим доступу: http://uea.com.ua/uploads/files/1453382420_prezentaciya-transformatoriv-2013.pdf

10.Емельянов, В.Л. Аналітичний огляд конструкцій та систем керування вакуумних вимикачів [Текст] / Емельянов В.Л., Гречко О.М. // Збірник наукових праць "Вісник НТУ "ХПІ" : Проблеми удосконалення електричних машин і апаратів №12 - Вестник НТУ "ХПИ", 2011. Режим доступу:

http://www.kpi.kharkov.ua/archive/Наукова_періодика/vestnik/Проблемы_совершенствованияэлектрических_машин_и_аппаратов/2011/12/06.pdf

11. VM1 – вакуумныевыключатели/ режим доступу:
<https://energoboard.ru/post/846/>

12.Многофункциональныйтерминалзащиты и управленияраспределительнымустройством. Режим доступу:
https://library.e.abb.com/public/b75960bcc5c4f990c12575d90036461e/REF542plus_OM_756294_RUc.pdf

13.Настанова з проектування систем електропостачання промислових підприємств. ДСТУ НБВ.2.5-80:2015 Київ Мінрегіон 2016

14.Неклепаев, Б.Н. Электрическаячастьэлектростанций и подстанций. Справочныматериалы для курсового и дипломного проектирования :учеб. пособие для вузов / Б.Н. Неклепаев, И.П. Крючков. – М.: Энергоатомиздат, 2009. –608с.

15.Ополева, Г.Н. Схемы и подстанцииэлектроснабжения/ Г.Н. Ополева, - М.:ФОРУМ-ИНФРА-М, 2006. – 480с.

16.Справочник по проектированиюэлектрическихсетей / под ред. Д.Л. Файбисовича, - М.: ЭНАС, 2009. – 392с.

17.Кудрин, Б. И. Электроснабжениепромышленныхпредприятий [Текст]: учебник для студентоввысшихучебных заведений. Изд. 2-е. – М.: ИнтернетИнжиниринг, 2006. – 672с.

18.Норми технологічного проектування підстанцій змінного струму з вищою напругою 6-750 кВ. ГКД 341.004.001-94 Міненерго України 1995

19.Електропостачальні системи та їх проектування[Текст]: Конспект лекцій для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка

та електромеханіка» / уклад. Т.І. Коменда., Н.В. Коменда. – Луцьк: Луцький НТУ, 2016. – 190 с.

20. Рудницький В.Г. Внутрішньозаводське електропостачання. Курсове проектування: Навчальний посібник. – Суми: ВТД "Університетська книга", 2006. – 153 с.

21. Расчет коротких замыканий и выбор электрооборудования: учеб. пособие для вузов / под ред. И.П. Крючкова [и др.]. – М.: Академия, 2006. – 416 с.

22. Розрахунок струмів короткого замикання та вибір електрообладнання на електричних станціях та підстанціях. Методичні вказівки для студентів спеціальності 6.090600 "Електричні системи та мережі". / Укл.: Буйний Р.О., Ананьєв В.М., Тисленко В.В. – Чернігів: ЧДТУ, 2004-70с

23. Трансформатори струму АВВ. Режим доступу: https://library.e.abb.com/public/65be22207414e001c1257c4500309a77/TPU_RU.pdf

24. Трансформатор напруги АВВ. Режим доступу: [https://library.e.abb.com/public/c4367bc57647b822c12573ca00455773/TJC%20%20ru_a%20\(2007.11\).pdf](https://library.e.abb.com/public/c4367bc57647b822c12573ca00455773/TJC%20%20ru_a%20(2007.11).pdf)

25. Устройство быстродействующего автоматического водорезерва SUE3 000. Режим доступу: <https://library.e.abb.com/public/996716c71c636de2c12578ca0044dfef/DS%20SU E%203000%20Prod-Datenblatt%20RUS.pdf>

26. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів. Наказ Мінпаливенерго від 25.07.2006 р. №258 – Київ.: 2006. – 181 с.

27. Норми технологічного проектування підстанцій змінного струму з вищою напругою 6-750 кВ. ГКД 341.004.001-94 Міненерго України 1995

28. Настанова з проектування систем електропостачання промислових підприємств. ДСТУ НБВ.2.5-80:2015 Київ Мінрегіон 2016.

29. КРП UniGear. Режим доступу:

https://library.e.abb.com/public/6843ab07fb9a1b1ec1257c62005a5f04/Catalogue%20UG%20ZS1_RevF_2013_12_ru.pdf

SUMMERY

ValeriaTishenko. Features of the choice of power supply schemes for the chemical industry. VOLODYMYR DAHL EAST UKRAINIAN NATIONAL UNIVERSITY. ELECTRICAL ENGINEERING DEPARTMENT, Group ESE-19zm. – Severodonetsk, 2021.

81 pages, 4 chapters, 23 drawings, 5 tables and 29 sources.

Analysis and calculation of electrical loads of the 6 kV substation are made in the Master's work. The choice of vacuum-switches VM1 and VM1-T, current transformers TPU4, voltage transformers TJC4 is done. The choice of the electrical scheme of the substation is done. The calculation of short-circuit currents is carried out. The nominal parameters of the main electrical equipment are selected.

TRANSFORMER, CURRENT TRANSFORMER, VOLTAGE TRANSFORMER, RELAY PROTECTION, ELECTRICITY SUPPLY, POWER SWITCH