

Міністерство освіти і науки України
Криворізький національний університет
Електротехнічний факультет
Кафедра електричної інженерії

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи

магістра

(рівень вищої освіти)

зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

На тему: «Розробка системи моніторингу електричних параметрів обладнання із застосуванням мікропроцесорних пристроїв релейного захисту схеми електропостачання для умов головної знижувальної підстанції типового гірничо-видобувного підприємства»

КНУ.МР.141.24.779-09

Виконав студент II курсу , групи СЕР-23м /Олексій ПОПОВИЧ/

141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

«Системи електропостачання промислових підприємств,

міст та локальних об'єктів»

(шифр і назва спеціальності, освітньо-професійної програми)

Керівник:

к.т.н., доцент

_____ /Ігор СІНЧУК/

Нормоконтролер:

к.т.н., доцент

_____ /Ігор СІНЧУК/

Гарант ОПП:

к.т.н., доцент

_____ /Олексій МИХАЙЛЕНКО/

Кривий Ріг
2024 р.

Криворізький національний університет

Факультет: електротехнічний

Освітній рівень: магістр

Спеціальність: 141 - Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

ПОПОВИЧ Олексій Вікторович

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи: Розробка системи моніторингу електричних параметрів обладнання із застосуванням мікропроцесорних пристроїв релейного захисту схеми електропостачання для умов головної знижувальної підстанції типового гірничо-видобувного підприємства

1. Термін подання студентом роботи: 09 грудня 2024 р.
2. Мета та завдання кваліфікаційної роботи: Метою є модернізація системи моніторингу електричних параметрів обладнання із застосуванням мікропроцесорних пристроїв релейного захисту схеми електропостачання для умов головної знижувальної підстанції типового гірничо-видобувного підприємства. Завданням роботи є дослідження роботи мікропроцесорних пристроїв релейного захисту схеми електропостачання для умов головної знижувальної підстанції типового гірничо-видобувного підприємства
- 1) Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно розробити) I. Характеристика головної знижувальної підстанції типового гірничо-видобувного підприємства; II. Дослідження режимів роботи устаткування головної знижувальної підстанції типового гірничо-видобувного підприємства; III. Розробка системи моніторингу електричних параметрів обладнання головної знижувальної підстанції типового гірничо-видобувного підприємства.
3. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) I. Схема головної знижувальної підстанції; II. Схема заміщення головної знижувальної підстанції; III. Система моніторингу електричних параметрів обладнання головної знижувальної підстанції;

4. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали консультанта	Дата, підпис	
		Завдання видав	Завдання прийняв
I	Ігор СІНЧУК		
II	Ігор СІНЧУК		
III	Ігор СІНЧУК		

7. Календарний план

№	Етапи роботи	Термін
1	Опис головної знижувальної підстанції	04.09.2024
2	Система захисту обладнання	10.09.2024
3	Характеристика мережі живлення	12.09.2024
4	Дослідження режимів роботи устаткування	15.09.2024
5	Дослідження системи живлення	19.10.2024
6	Дослідження заходів забезпечення якості енергоспоживання	22.11.2024
7	Дослідження характеристик силового обладнання	26.11.2024
8	Дослідження режимів короткого замикання	30.11.2024
9	Розробка системи моніторингу	04.12.2024
10	Розробка мікропроцесорної системи релейного захисту	06.12.2024
11	Обладнання та програмне забезпечення для мікропроцесорної системи релейного	09.12.2024

Дата видання завдання 02.09.2024 р.

Здобувач вищої освіти _____

(підпис)

Олексій ПОПОВИЧ

(Ім'я, прізвище)

Керівник роботи _____

(підпис)

Ігор СІНЧУК

(Ім'я, прізвище)

РЕФЕРАТ

У випускній кваліфікаційній роботі магістра «Розробка системи моніторингу електричних параметрів обладнання із застосуванням мікропроцесорних пристроїв релейного захисту схеми електропостачання для умов головної знижувальної підстанції типового гірничо-видобувного підприємства» було вирішено завдання розробки системи моніторингу електричних параметрів обладнання із застосуванням мікропроцесорних пристроїв релейного захисту та дослідження режимів роботи системи електропостачання в умовах головної знижувальної підстанції типового гірничо-видобувного підприємства.

Виходячи з аналізу режимів навантаження було обрано обладнання схеми електропостачання головної знижувальної підстанції та складено проект його модернізації.

Для цього проекту була розроблена системи моніторингу електричних параметрів обладнання із застосуванням мікропроцесорних пристроїв релейного захисту схеми електропостачання для умов головної знижувальної підстанції типового гірничо-видобувного підприємства та досліджено її роботу.

Технічні розрахунки, що наведено у роботі а також характеристики режимів енергоспоживання показують ефективність впровадження таких систем для умов головної знижувальної підстанції типового гірничо-видобувного підприємства.

Робота складається з 55 сторінок, та містить 4 рисунки та 11 таблиць.

Ключові слова: гірничо-видобувне підприємство, головна знижувальна підстанція, схема електропостачання, система моніторингу, релейний захист, мікропроцесорні пристрої.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ГОЛОВНОЇ ЗНИЖУВАЛЬНОЇ ПІДСТАНЦІ ТИПОВОГО ГІРНИЧО-ВИДОБУВНОГО ПІДПРИЄМСТВА	11
1.1 Опис головної знижувальної підстанції.....	11
1.2 Обладнання головної знижувальної підстанції.....	12
1.3 Система захисту обладнання головної знижувальної підстанції	13
1.4 Картографічні умови розташування головної знижувальної підстанції.....	15
2 ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ УСТАТКУВАННЯ ГОЛОВНОЇ ЗНИЖУВАЛЬНОЇ ПІДСТАНЦІ ТИПОВОГО ГІРНИЧО-ВИДОБУВНОГО ПІДПРИЄМСТВА	16
2.1 Характеристика мережі живлення головної знижувальної підстанції.....	16
2.2 Дослідження режимів роботи устаткування головної знижувальної підстанції.....	17
2.3 Дослідження системи живлення головної знижувальної підстанції..	20
2.3.1 Мережа живлення.....	20
2.3.2 Розподільчі мережі	20
2.4 Дослідження заходів забезпечення якості енергоспоживання у системі живлення головної знижувальної підстанції.....	21
2.5 Дослідження характеристик силового обладнання головної знижувальної підстанції	23
2.6 Дослідження режимів короткого замикання у схемі електропостачання для умов головної знижувальної підстанції	25
2.6.1 Розрахунки опорів у схемі електропостачання головної знижувальної підстанції.....	25
2.6.2 Розрахунки опорів силових елементів схеми електропостачання головної знижувальної підстанції.....	26

2.6.3	Дослідження режимів короткого замикання у точках 1, 2 та 3 схеми електропостачання головної знижувальної підстанції.....	27
2.7	Перевірка обладнання схеми електропостачання головної знижувальної підстанції	35
2.7.1	Вакуумний вимикач	35
2.7.2	Роз'єднувач	35
2.7.3	Розрядний пристрій.....	37
2.7.4	Відокремлювач	38
2.8	Вибір перетину дротів для ЛЕП.....	39
2.9	Дотримання показників якості споживання електроенергії	41
2.10	Електроенергозбереження у системі електропостачання головної знижувальної підстанції	42
2.10.1	Облік електричної енергії у системі електропостачання головної знижувальної підстанції	42
2.10.2	Лічильні пристрої активної та реактивної складової електричної енергії... ..	42
2.11	Дослідження системи забезпечення власних потреб для умов схеми електропостачання головної знижувальної підстанції.....	43
2.12	Система керування енергетичними процесами та сигналізації у схемі електропостачання головної знижувальної підстанції.....	45
2.12.1	Система керування енергетичними процесами у схемі електропостачання головної знижувальної підстанції.....	45
2.12.2	Система сигналізації у схемі електропостачання головної знижувальної підстанції	45
2.12.3	Система блокування у схемі електропостачання головної знижувальної підстанції	45
3	РОЗРОБКА СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ОБЛАДНАННЯ ГОЛОВНОЇ ЗНИЖУВАЛЬНОЇ ПІДСТАНЦІЇ ТИПОВОГО ГІРНИЧО-ВИДОБУВНОГО ПІДПРИЄМСТВА	46

3.1	Розробка системи моніторингу електричних параметрів обладнання головної знижувальної підстанції.....	46
3.1.1	Загальні вимоги до системи моніторингу електричних параметрів обладнання головної знижувальної підстанції.....	46
3.1.2	Система захисту трансформаторів	46
3.1.3	Система захисту вимикачів	47
3.2	Розробка мікропроцесорної системи релейного захисту схеми електропостачання для умов головної знижувальної підстанції типового гірничо-видобувного підприємства.....	50
3.3	Обладнання для мікропроцесорної системи релейного захисту схеми електропостачання для умов головної знижувальної підстанції	51
3.3.1	Комунікаційні елементи	51
3.3.2	Елементи та прилади контролю	51
3.3.3	Безпекові пристрої.....	51
3.4	Впровадження мікропроцесорної системи релейного захисту схеми електропостачання для умов головної знижувальної підстанції	53
3.5	Програмне забезпечення мікропроцесорної системи релейного захисту схеми електропостачання для умов головної знижувальної підстанції.....	54
	ВИСНОВКИ.....	55

ВСТУП

Електроенергетичні системи типових гірничо-збагачувальних підприємств мають розгалужену структуру.

Такі підприємства володіють енергоємними структурами та великим потенціалом щодо впровадження заощадливих систем електроенергозбереження.

На практиці подібні енергоємні об'єкти мають встановлений порядок щодо введення схем підключення.

До таких схем має забезпечуватись суттєва здатність до надійності роботи їх складових.

Тому при виборі механізмів функціонування електроенергетичних структур обирають надійні чинники їх реалізації.

При цьому слід визначати не тільки параметри встановленої потужності, але й враховувати межі та періоди їх застосування у виробничому процесі на підприємстві.

Основний розподіл електричної енергії забезпечується енергетичними лініями високої та надвисокої напруги.

При цьому приєднання здійснюється у різних точках енергетичної системи від різних джерел електричної енергії, що мають різні параметри щодо їх визначеності.

Тому важливим є моніторинг встановленого обладнання щодо його придатності.

На сам перед необхідно визначити обладнання, що має бути замінено у наслідок його зношення.

Зношений стан електричного обладнання не дозволяє задіяти усі функції,

та створює умови щодо обмеження режимів роботи, що погано впливатиме на технологічний процес.

Тому основні технологічні лінії мають бути забезпечені надійними елементами розподілу електричної енергії.

Розбудова подібних систем має містити новітні підходи при збереженні сучасних альтернатив.

Можна зазначити, що кабельні та повітряні лінії також слід включати у подібний аналіз.

Наступним етапом забезпечення ефективного та надійного енергетичного підприємства є забезпечення функціонування структури спостереження за станом обладнання.

Такі структури формують моніторинг параметрів щодо каналів енергоспоживання.

Моніторинг параметрів здійснюється діагностичними комплексами, що задіяні у точках енергетичного споживання та розподілу параметрів електричних структур.

Моніторингові структури діагностичних систем мають розширені функції що можуть бути використані на наступному рівні.

Також важливим є забезпечення подібних електроенергетичних систем функціональним апаратом захисту обладнання.

Зазвичай це релейні схеми, що забезпечують надійне, а саме головне швидке відсікання аварійних процесів або пошкоджених ділянок електроспоживання.

Такі структури оснащуються мікропроцесорними пристроями реалізації подібних процесів.

На вищому рівні перелічені функціональні можливості щодо моніторингу

параметрів та кількісних показників спрацьовувань та переведень керуючих апаратів підтримується засобами контролю.

Системи контролю забезпечують функціонування електроенергетичного підприємства.

Вони покликані автоматизувати процеси розподілу електричних параметрів та регулювати енергетичними потоками усередині системи електропостачання.

РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ГОЛОВНОЇ ЗНИЖУВАЛЬНОЇ ПІДСТАНЦІ ТИПОВОГО ГІРНИЧО-ВИДОБУВНОГО ПІДПРИЄМСТВА

1.1 Опис головної знижувальної підстанції

Розглянемо енергетичні процеси що відбуваються у структурі типового гірничо-збагачувального підприємства.

Розгалужена структура енергетичної системи гірничо-збагачувального підприємства містить головні розподільчі вузли навантаження у відповідності до параметрів напруги живлення.

Такий розподіл за встановленою потужністю та номінальними параметрами напруги живлення дозволяє відтворити аспекти економічного регулювання енергетичними процесами.

Тому у структурі головної знижувальної підстанціями основним моментом є узгодження об'єктів електроспоживання та генерації електричної енергії від джерел до споживачів.

1.2 Обладнання головної знижувальної підстанції

Основним силовим обладнанням головних знижувальних підстанцій є силові трансформатори.

Також важливими є лінії електропередач що поєднують головні силові елементи.

Структуру головної знижувальної підстанції типового гірничо-видобувного підприємства доповнює допоміжне обладнання.

Для реалізації процесу розподілу та керування потоками електричної енергії використовуються комутуюче обладнання.

Реалізацію безпечності експлуатації забезпечують елементи системи захисту від аварійних режимів роботи.

Таблиця 1.1 Обладнання головної знижувальної підстанції

Номер фідера	Найменування	Тип	Номинальна напруга,кВ	Струм, А	Дата монтажу
ЗРУ-6кВ					
1	МВ-КРУ-61	МГ-10	10	5000	1960 р
2	ТН-61	МГ-10	10	-	1960 р
3	МВТ-61	МГ-10	10	5000	1960 р
4	РЕЗЕРВ	МГ-229	10	4000	1960 р
5	РЕЗЕРВ	МГ-229	10	4000	-
Номер фідера	Найменування	Тип	Номинальна напруга,кВ	Струм, А	Дата монтажу
6	МВС-61	МГ-10	10	5000	1960 р
7	С-61-2	МГ-229	10	5000	-
8	ТН-62	НТМИ-6	10	-	-
9	РЕЗЕРВ	МГ-229	10	4000	1960 р

10	МВТ-62	МГ-10	10	5000	1960 p
11	РЕЗЕРВ	МГ-229	10	4000	1960 p
12	МВ-КРУ-62	МГ-10	10	5000	1961 p
13	ТН-КРУ-61	НТМИ-6	10	-	-
14	РЕЗЕРВ	ВМГ-133	10	4000	-
15	МВ-ЦММ-1	ВМГ-133	6	630	1965 p
16	МВ-Л-29	ВМГ-133	6	630	1965 p
17	РЕЗЕРВ	ВМГ-133	6	630	
18	МВ-ЦКС-1	ВМГ-133	6	630	1981 p
19	МВ-Кот.-1	ВМГ-133	6	630	1965 p
20	МВ-КТП	ВМПЕ-10	6	630	1981 p
21	ТСР-61	ТМСА-180	6	630	-
22	РЕЗЕРВ	ВМГ-133	6	630	1981 p
23	МВ-Л-59	ВМПЕ-10	6	630	1981 p
24	МВС-КРУ-61	ВМПЕ-10	6	630	1961 p
25	С-КРУ-62	-	6	1000	1961 p
26	МВ-Л-58	ВМПЕ-10	6	630	1981 p
27	РЕЗЕРВ	ВМГ-133	6	630	-
28	МВ-ЦКС-2	ВМГ-133	6	630	1981 p
29	РЕЗЕРВ	ВМГ-133	6	630	1961 p
30	РЕЗЕРВ	ВМГ-133	6	630	1961 p
31	МВ-Кот.2	ВМГ-133	6	630	1960 p
32	МВ-Л-30	ВМГ-133	6	630	1965 p
33	МВ-ЦММ-2	ВМГ-133	6	630	-
34	РЕЗЕРВ	ВМГ-133	6	630	-
35	РЕЗЕРВ	ВМГ-133	6	630	-
36	ТН-КРУ-62	НТМИ-6	6	630	-

1.3 Система захисту обладнання головної знижувальної підстанції

Для забезпечення функцій захисту обладнання на головній знижувальній підстанції використовуються переважно релейні системи захисту обладнання застарілого типу.

Тому для забезпечення функції ефективного захисту обладнання на головній знижувальній підстанції слід впровадити релейні системи захисту з мікропроцесорним керуванням.

1.4. Картографічні умови розташування головної знижувальної підстанції

Головні знижувальні підстанції є потужними елементами у енергетичній структурі гірничо-видобувного підприємства.

Тому їх слід розташовувати у безпосередній близькості до потужних електроприймачів технологічних ліній.

Таке розташування дозволяє проводити заощадливе керування енергетичними процесами у структурі гірничо-видобувного підприємства як потужного електроприймача.

РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ УСТАТКУВАННЯ ГОЛОВНОЇ ЗНИЖУВАЛЬНОЇ ПІДСТАНЦІ ТИПОВОГО ГІРНИЧО-ВИДОБУВНОГО ПІДПРИЄМСТВА

2.1 Характеристика мережі живлення головної знижувальної підстанції

Головна знижувальна підстанція типового гірничо-видобувного підприємства живиться від мережі живлення з надвисокою напругою живлення.

У якості джерела для головної знижувальної підстанції типового гірничо-видобувного підприємства виступають повітряні лінії, що належать до системи електропостачання обленерго.

Такі структури безпосередньо приєднуються до розподільчих підстанцій електричних станцій.

2.2. Дослідження режимів роботи устаткування головної знижувальної підстанції

Розрахунок електричних навантажень головної знижувальної підстанції типового гірничо-видобувного підприємства виконуємо за відомою методикою.

$$P = U \cdot I \cdot \sqrt{3} \cdot \cos\varphi \quad (2.1)$$

$$\text{ЦММ} \quad P = 6.6 \cdot 628 \cdot \sqrt{3} \cdot 0.91 = 6,5 \text{ МВт}$$

$$\text{п/ст 15/6кВ} \quad P = 6.6 \cdot 492 \cdot \sqrt{3} \cdot 0.91 = 5,1 \text{ МВт}$$

$$\text{ЦКС} \quad P = 6.6 \cdot 550 \cdot \sqrt{3} \cdot 0.91 = 5,7 \text{ МВт}$$

$$\text{Котельня} \quad P = 6.6 \cdot 550 \cdot \sqrt{3} \cdot 0.91 = 5,7 \text{ МВт}$$

$$\text{Л-59 Л-58} \quad P = 6.6 \cdot 702 \cdot \sqrt{3} \cdot 0.91 = 7,3 \text{ МВт}$$

$$\text{КТП} \quad P = 6.6 \cdot 218 \cdot \sqrt{3} \cdot 0.91 = 2,2 \text{ МВт}$$

Пікове:

$$P_{\text{мах6,6кВ}} = P_1 + P_2 + \dots + P_6 = 6,5 + 5,1 + 5,7 + 5,7 + 7,3 + 2,3 = 32,5 \text{ МВт} \quad (2.2)$$

Фактичне:

$$P_{6,6кВ} = P_{\text{мах6,6кВ}} \cdot K_{p.m} = 32,5 \cdot 0,65 = 21,1 \text{ МВт} \quad (2.3)$$

Повне:

$$S_{\text{мах6,6кВ}} = \frac{P_{\text{мах}}}{\cos\varphi} = \frac{32,5}{0.91} = 35,7 \text{ МВА} \quad (2.4)$$

Реактивне:

$$Q_{\max,6кВ} = U_{\text{нн}} \cdot I_{\text{нн}} \cdot \sin \varphi = 6600 \cdot 2810 \cdot 0,41 = 7603,8 \text{кВАр} \quad (2.5)$$

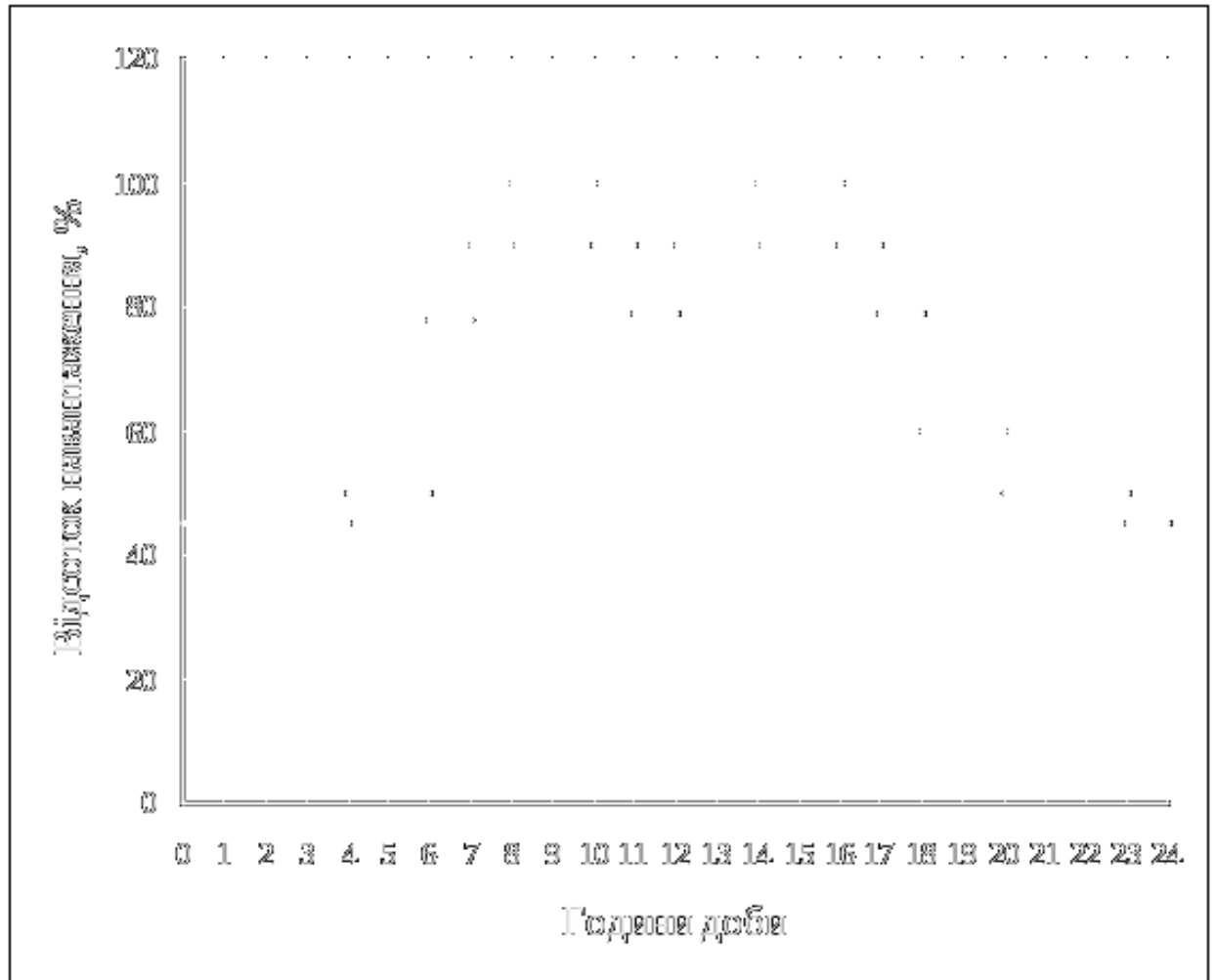
$$\sin \varphi = \sqrt{(1 - \cos^2 \varphi)} = \sqrt{(1 - 0,91^2)} = 0,41 \quad (2.6)$$

$$Q_{6,6кВ} = Q_{\max,6кВ} \cdot K_{p.m} = 7603,8 \cdot 0,65 = 4942,1 \text{кВАр} \quad (2.7)$$

Таблиця 2.1 Дослідження режимів роботи устаткування головної знижувальної підстанції

t,ч	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Smax, МВА	20,4	20,5	20,3	20,1	20	19,8	19,5	13	12,7
t,ч	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Smax, МВА	12,5	12,6	12,9	12,3	12,5	12,6	12,1	11,8	16,8
t,ч	19	20	21	22	23	24			
Smax, МВА	19,6	20	20,2	20,1	20,2	20,6			

Графік 2.1 Дослідження режимів роботи устаткування головної знижувальної підстанції



2.3. Дослідження системи живлення головної знижувальної підстанції

2.3.1 Мережа живлення

Напруга мережі живлення головної знижувальної підстанції типового гірничо-видобувного підприємства обирається виходячи з параметрів мережі живлення.

2.3.2 Розподільчі мережі

Напруга розподільчих мереж головної знижувальної підстанції типового гірничо-видобувного підприємства обирається виходячи з номінальних значень встановленого технологічного обладнання.

При цьому слід враховувати ефективність передачі електричної енергії від джерела до приймача безпосередньо.

2.4 Дослідження заходів забезпечення якості енергоспоживання у системі живлення головної знижувальної підстанції

Можливості компенсації складових реактивної потужності в умовах головної знижувальної підстанції типового гірничо-видобувного підприємства слід обирати виходячи з потреб у такій компенсації та можливостей встановленого обладнання.

Представимо варіант розрахунку компенсаційної установки для потреб головної знижувальної підстанції типового гірничо-видобувного підприємства

$$Q_c = P \cdot (\operatorname{tg}(\varphi_1) - \operatorname{tg}(\varphi_2)) = P \cdot k = 21125 \cdot 0.17 = 3591 \text{ кВар} \quad (2.8)$$

k - коефіцієнт $\cos(\varphi)$.

Тоді:

$$Q_{\text{рік}} = Q_{6,6\text{кВ}} \cdot T_{\text{год}} = 4942 \cdot 8760 = 43\,291\,920 \text{ кВар} \quad (2.9)$$

$T_{\text{год}}$ - час.

За рік:

$$\text{Вартість} = Q_{\text{рік}} \cdot 0,2 = 43\,291\,920 \cdot 0,2 = 8\,658\,384 \text{ грн} \quad (2.10)$$

$$\text{Окупності} = \frac{\text{Початкові витрати}}{\text{Щорічна економія}} = \frac{8\,658\,384}{5\,000\,000} = \approx 0.57 \text{ рік або 7 місяців}$$

Таблиця 2.2 Технічні параметри

Макс. перевантаження за струмом	1,3 In
Макс. перевантаження за напругою	1,1 Un
Макс. перевантаження за потужністю	1,43 Q
Сумарні втрати в комплектуючих	<1,5 Вт/кВАр
Вага	1680 кг
Розміри (ВхШхГ)	1800x4800x800 мм
Частота вхідної напруги	50 Гц
Шаг регулювання	450 кВАр

2.5. Дослідження характеристик силового обладнання головної знижувальної підстанції

Номінальна потужність може бути розрахована за відомим виразом:

$$S_{гр} = \frac{S_{max.}}{n \cdot \beta} = \frac{32,5}{2 \cdot 0,6} = 27 \text{ МВА} \quad (2.11)$$

Таблиця 2.3 - Параметри силового обладнання

Потужність трансформатора $S_{ном}$, МВА	31,5
Напруга на високій стороні $U_{вн}$, кВ	150
Напруга на низькій стороні $U_{нн}$, кВ	6,6
Струм холостого ходу $I_{хх}$, %	1,7
Напруга короткого замикання $U_{кз}$, %	12,6
Струм на високій стороні $I_{вн}$, А	129,7
Струм на низькій стороні $I_{нн}$, А	2755
Номінальна частота, Гц	50
Потужність холостого ходу $P_{хх}$, кВт	81
Повна Вага, т	112,7
Вага мастила, т	41,7
Потужність при вимкненому дутьє, МВА	21
Втрати короткого замикання $P_{кз}$, кВт	173

Перевіримо розрахунки.

Коефіцієнт завантаженості:

$$k_{\text{з}} = \frac{S_{\text{нелр}}}{n_{\text{дз}} \cdot S_{\text{ном.дз}}} = \frac{32,5}{2 \cdot 31,5} = 0,51 < 0,7 \quad (2.12)$$

Коефіцієнт перевантаження:

$$k_{\text{п}} = \frac{S_{\text{нелр}}}{(n_{\text{дз}} - 1) \cdot S_{\text{ном.дз}}} = \frac{32,5}{(2-1) \cdot 31,5} = 1,02 < 1,4 \quad (2.13)$$

2.6. Дослідження режимів короткого замикання у схемі електропостачання для умов головної знижувальної підстанції

Для розрахунку параметрів системи електропостачання та визначення конструктивних елементів схем, а також правильного налаштування елементів захисту розраховують характеристики в режимі короткого замикання.

2.6.1 Розрахунки опорів у схемі електропостачання головної знижувальної підстанції

Розрахуємо опори:

1) Загальний:

$$X_1 = \frac{U_{ВН}}{\sqrt{3} \times I_{КЗ}} = \frac{150}{\sqrt{3} \times 21,8} = 3,97(\text{Ом}) \quad (2.14)$$

2) Лінії:

$$R_2 = R_{20C} \times R_{уЛ} \times L = 0,12 \times 35 = 4,2(\text{Ом}) \quad (2.15)$$

$$X_2 = X_{1уЛ} \times L = 0,596 \times 35 = 20,85(\text{Ом}) \quad (2.16)$$

3) Трансформатору:

$$X_{1,2} = X_1 + X_2 = 3,97 + 20,85 = 24,82(\text{Ом}) \quad (2.17)$$

$$R_{1,2}=R_2=4,2 \text{ (Ом)} \quad (2.18)$$

2.6.2 Розрахунки опорів силових елементів схеми електропостачання головної знижувальної підстанції

1) Активний опір:

$$R_{З_{\text{ср}}} = \frac{\Delta P_{\text{Е}} \times 10^{-3} \times U_{\text{ВН}}^2}{S_{\text{ном}}^2} = \frac{81 \times 10^{-3} \times 150^2}{31,5^2} = 1,83 \text{ (Ом)} \quad (2.19)$$

2) Активний опір (крайнє положення):

$$R_{З_{\text{мін}}} = \frac{\Delta P_{\text{Е}} \times 10^{-3} \times U_{\text{мін.ВН}}^2}{S_{\text{ном}}^2} = \frac{81 \times 10^{-3} \times 138,6^2}{31,5^2} = 1,56 \text{ (Ом)} \quad (2.20)$$

3) Активний опір (середнє положення):

$$R_{З_{\text{макс}}} = \frac{\Delta P_{\text{к}} \times 10^{-3} \times U_{\text{макс.ВН}}^2}{S_{\text{ном}}^2} = \frac{81 \times 10^{-3} \times 169,4^2}{31,5^2} = 2,31 \text{ (Ом)} \quad (2.21)$$

4) Індуктивний опір:

$$X_{З_{\text{ср}}} = \frac{u_{\text{к}} \%}{100} \times \frac{U_{\text{ВН}}^2}{S_{\text{ном}}} = \frac{12,6}{100} \times \frac{150^2}{31,5} = 90 \text{ (Ом)} \quad (2.22)$$

5) Мінімальний опір:

$$X_{3_{\text{мин}}} = \frac{u_k \%}{100} \times \frac{U_{\text{мин ВН}}^2}{S_{\text{ном}}} = \frac{12,6}{100} \times \frac{138,6^2}{31,5} = 76,83(\text{Ом}) \quad (2.23)$$

б) Максимальний опір:

$$X_{3_{\text{макс}}} = \frac{u_k \%}{100} \times \frac{U_{\text{макс ВН}}^2}{S_{\text{ном}}} = \frac{12,6}{100} \times \frac{169,4^2}{31,5} = 114,78(\text{Ом}) \quad (2.24)$$

7) Опір реактору:

$$X_4 = 0,2 (\text{Ом})$$

$$R_4 = \frac{\Delta P \times 10^3}{2 \times I_{\text{ном}}^2} = \frac{32,1 \times 10^3}{2 \times 1500^2} = 0,007(\text{Ом}) \quad (2.25)$$

2.6.3 Дослідження режимів короткого замикання у точках 1, 2 та 3 схеми електропостачання головної знижувальної підстанції

I. Точка 1.

1) індуктивний:

$$X? = X_{1,2} = X_1 + X_2 = 3,97 + 20,85 = 24,82 (\text{Ом}) \quad (2.26)$$

2) активний:

$$R? = R_1 + R_2 = 4,2 (\text{Ом}) \quad (2.27)$$

3) повний:

$$Z_{\Sigma} = \sqrt{R_{\Sigma}^2 + X_{\Sigma}^2} = \sqrt{4,2^2 + 24,82^2} = 25,17(\text{Ом}) \quad (2.28)$$

4) Струм трифазний:

$$I_{\text{п0.к1}} = \frac{U_{\text{пл}}}{\sqrt{3} \times Z_{\Sigma}} = \frac{150}{\sqrt{3} \times 25,17} = 3,44(\text{кА}) \quad (2.28)$$

5) Ударний струм:

$$K_{\text{уд.к1}} = 1,02 + 0,98 \times e^{-X_{\Sigma}/R_{\Sigma}} = 1,02 + 0,98 \times e^{-24,82/4,2} = 1,6 \quad (2.29)$$

$$i_{\text{уд.к1}} = \sqrt{2} \times I_{\text{п0}} \times K_{\text{уд}} = \sqrt{2} \times 3,44 \times 1,6 = 7,78(\text{кА}) \quad (2.30)$$

II. Точка 2.

1) Середнє положення

- Сумарний:

$$X_{\Sigma.к1.ср} = X_1 + X_2 + X_{3.ср} = 24,82 + 90 = 114,82(\text{Ом}) \quad (2.31)$$

$$R_{\Sigma.к1.ср} = R_2 + R_{3.ср} = 6,047(\text{Ом}) \quad (2.32)$$

$$Z_{\Sigma.к1.ср} = \sqrt{R_{\Sigma.к1.ср}^2 + X_{\Sigma.к1.ср}^2} = \sqrt{6,047^2 + 114,82^2} = 114,97(\text{Ом}) \quad (2.33)$$

- Струм трифазний:

$$I_{\text{п0,ср,к2}} = \frac{U_{\text{ВН}}}{\sqrt{3} \times Z_{\Sigma, \text{м1,ср}}} = \frac{150}{\sqrt{3} \times 114,97} = 0,73(\text{кА}) \quad (2.34)$$

- Струм:

$$I_{\text{п0,6,6,ср,к2}} = I_{\text{п0}} \times \frac{U_{\text{ВН}}}{U_{\text{НН}}} = 0,73 \times \frac{150}{6,6} = 16,59(\text{кА}) \quad (2.35)$$

- Ударний струм:

$$K_{\text{уд,ср,к2}} = 1,02 + 0,98 \times e^{-\frac{3}{X_{\Sigma, \text{к1,ср}}/R_{\Sigma, \text{к1,ср}}} = 1,02 + 0,98 \times e^{-\frac{3}{114,82/6,047}} = 1,85 \quad (2.36)$$

$$i_{\text{уд,ср,к2}} = \sqrt{2} \times I_{\text{п0,6,6,ср,к2}} \times K_{\text{уд,ср,к2}} = \sqrt{2} \times 16,59 \times 1,85 = 43,4(\text{кА}) \quad (2.37)$$

2) Мінімальне положення

- Сумарний:

$$R_{\Sigma, \text{к1}} = R_{\Sigma} \times \frac{U_{\text{ВНmin}}^2}{U_{\text{НН}}^2} = 4,2 \times \frac{138,6^2}{150^2} = 3,58(\text{Ом}) \quad (2.38)$$

$$R_{\Sigma, \text{к1, min}} = R_{\Sigma, \text{к1}} + R_{3, \text{мин}} = 3,58 + 1,568 = 5,14(\text{Ом}) \quad (2.39)$$

$$X_{\Sigma, \text{к1}} = X_{\Sigma} \times \frac{U_{\text{ВНmin}}^2}{U_{\text{НН}}^2} = 21,82 \times \frac{138,6^2}{150^2} = 21,19(\text{Ом}) \quad (2.40)$$

$$X_{\Sigma, \text{к1, min}} = X_{\Sigma, \text{к1}} + X_{3, \text{мин}} = 21,19 + 76,83 = 98,02(\text{Ом}) \quad (2.41)$$

$$Z_{\Sigma, \text{min}} = \sqrt{R_{\Sigma, \text{к1, min}}^2 + X_{\Sigma, \text{к1, min}}^2} = \sqrt{5,14^2 + 98,02^2} = 98,15(\text{Ом}) \quad (2.42)$$

- Струм трифазний:

$$I_{п0.min.к2} = \frac{U_{ВНmin}}{\sqrt{3} \times Z_{\Sigma min}} = \frac{138,6}{\sqrt{3} \times 98,15} = 0,81(\text{кА}) \quad (2.43)$$

- Струм:

$$I_{ц0.6,6.min.к2} = I_{п0.min.к2} \times \frac{U_{ВН}}{U_{НН}} = 0,81 \times \frac{138}{6,6} = 16,93(\text{кА}) \quad (2.44)$$

- Ударний струм:

$$K_{уд.min.к2} = 1,02 + 0,98 \times e^{-\frac{X_{\Sigma}}{R_{\Sigma}}} = 1,02 + 0,98 \times e^{-\frac{98,02}{15,14}} = 1,85 \quad (2.45)$$

$$i_{уд.min.к2} = \sqrt{2} \times I_{п0.6,6.min.к2} \times K_{уд.min.к2} = \sqrt{2} \times 16,93 \times 1,85 = 44,29(\text{кА}) \quad (2.46)$$

3) Максимальне положення

- Сумарний:

$$R_{\Sigma.k1} = R_{\Sigma} \times \frac{U_{ВНmax}^2}{U_{ВН}^2} = 1,2 \times \frac{169,4^2}{138,6^2} = 6,27(\text{Ом}) \quad (2.47)$$

$$R_{\Sigma.k1.max} = R_{\Sigma.k1} + R_{3max} = 6,27 + 2,35 = 8,62(\text{Ом}) \quad (2.48)$$

$$X_{\Sigma.k1} = X_{\Sigma} \times \frac{U_{ВНmax}^2}{U_{ВН}^2} = 24,82 \times \frac{169,4^2}{150^2} = 31,65(\text{Ом}) \quad (2.49)$$

$$X_{\Sigma.k1.max} = X_{\Sigma.k1} + X_{3max} = 31,65 + 114,78 = 146,43(\text{Ом}) \quad (2.50)$$

$$Z_{\Sigma.k1.max} = \sqrt{R_{\Sigma.k1.max}^2 + X_{\Sigma.k1.max}^2} = \quad (2.51)$$

$$= \sqrt{8,62^2 + 146,43^2} = 145,68(\text{Ом})$$

- Струм трифазний:

$$I_{\text{шв}} = \frac{U_{\text{ВН}}}{\sqrt{3} \times Z_{\Sigma \text{ кл. на др.}}} = \frac{169,4}{\sqrt{3} \times 145,68} = 0,67(\text{кА}) \quad (2.52)$$

- Струм:

$$I_{\text{п06,6}} = I_{\text{п0}} \times \frac{U_{\text{ВН}}}{U_{\text{III}}} = 0,794 \times \frac{169,4}{6,6} = 20,379(\text{кА})$$

- Ударний струм:

$$K_{\text{уд}} = 1,02 + 0,98 \times e^{-\frac{3}{X_{\Sigma} / R_{\Sigma}}} = 1,02 + 0,98 \times e^{-\frac{3}{144,64 / 8,62}} = 1,83 \quad (2.53)$$

$$I_{\text{уд}} = \sqrt{2} \times I_{\text{п06,6}} \times K_{\text{уд}} = \sqrt{2} \times 17,19 \times 1,83 = 44,48(\text{кА}) \quad (2.54)$$

III. Точка 3.

- 1) Опір на шинах, середнє положення

- Сумарний:

$$R_{\Sigma \text{ ср}} = R_{\Sigma \text{ кл. ср}} \times \left(\frac{U_{\text{НН}}}{U_{\text{ВН}}}\right)^2 = 6,017 \times \left(\frac{6,6}{150}\right)^2 = 0,011(\text{Ом}) \quad (2.55)$$

$$R_{\Sigma \text{ кл2 ср}} = R_{\Sigma \text{ ср}} + R4 = 0,011 + 0,007 = 0,018(\text{Ом}) \quad (2.56)$$

$$X_{\Sigma \text{ ср}} = X_{\Sigma \text{ кл1 ср}} \cdot \left(\frac{U_{\text{НН}}}{U_{\text{ВН}}}\right)^2 = 114,82 \cdot \left(\frac{6,6}{150}\right)^2 = 0,22(\text{Ом}) \quad (2.57)$$

$$X_{\Sigma \text{ кл2 ср}} = X_{\Sigma \text{ ср}} + X4 = 0,22 + 0,2 = 0,44(\text{Ом}) \quad (2.58)$$

$$Z_{\Sigma \text{ ср}} = \sqrt{R_{\Sigma \text{ кл2 ср}}^2 + X_{\Sigma \text{ кл2 ср}}^2} = \sqrt{0,018^2 + 0,44^2} = 0,44(\text{Ом}) \quad (2.59)$$

- Струм:

$$I_{\text{п0}} = \frac{U_{\text{НН}}}{\sqrt{3} \times Z_{\Sigma \text{cp}}} = \frac{6,6}{\sqrt{3} \times 0,44} = 8,66(\text{кА}) \quad (2.60)$$

- Ударний струм:

$$K_{\text{уд.к1.маж}} = 1,02 + 0,98 \times e^{-\frac{3}{R_{\Sigma 1. \text{маж}}} \frac{X_{\Sigma 1. \text{маж}}}{R_{\Sigma 1. \text{маж}}}} =$$

$$= 1,02 + 0,98 \times e^{-\frac{3}{0,44+0,018}} = 1,88 \quad (2.61)$$

$$i_{\text{уд.к1.маж}} = \sqrt{2} \times I_{\text{п0}} \times K_{\text{уд}} = \sqrt{2} \times 8,66 \times 1,88 = 23,02(\text{кА}) \quad (2.62)$$

2) Опір на шинах, мінусове положення

- Сумарний:

$$X_{\Sigma. \text{мін}} = X_{\Sigma. \text{к1.мін}} \cdot \left(\frac{U_{\text{НН}}}{U_{\text{мін.ВН}}} \right)^2 = 98,02 \cdot \left(\frac{6,6}{138,6} \right)^2 = 0,22(\text{Ом}) \quad (2.63)$$

$$X_{\Sigma. \text{к2.мін}} = X_{\Sigma. \text{мін}} + X_4 = 0,22 + 0,2 = 0,42(\text{Ом}) \quad (2.64)$$

$$R_{\Sigma. \text{мін}} = R_{\Sigma. \text{к1.мін}} \times \left(\frac{U_{\text{НН}}}{U_{\text{мін.ВН}}} \right)^2 = 5,14 \times \left(\frac{6,6}{138,6} \right)^2 = 0,011(\text{Ом}) \quad (2.65)$$

$$R_{\Sigma. \text{к2.мін}} = R_{\Sigma. \text{мін}} + R_4 = 0,011 + 0,007 = 0,018(\text{Ом}) \quad (2.66)$$

$$Z_{\Sigma. \text{мін}} = \sqrt{R_{\Sigma. \text{к2.мін}}^2 + X_{\Sigma. \text{мін}}^2} = \sqrt{0,018^2 + 0,42^2} = 0,42(\text{Ом}) \quad (2.67)$$

- Струм:

$$I_{\text{по.к2.мін}} = \frac{U_{\text{HH}}}{\sqrt{3} \times Z_{\Sigma \text{к2.мін}}} = \frac{6,6}{\sqrt{3} \times 0,42} = 9,07(\text{кА}) \quad (2.68)$$

- Ударний струм:

$$K_{\text{уд.к2.мін}} = 1,02 + 0,98 \times e^{-X_{\Sigma}/R_{\Sigma}} = 1,02 + 0,98 \times e^{-0,42/0,011} = 1,92 \quad (2.69)$$

$$i_{\text{уд.к2.мін}} = \sqrt{2} \times I_{\text{по}} \times K_{\text{уд}} = \sqrt{2} \times 9,07 \times 1,92 = 24,62(\text{кА}) \quad (2.70)$$

3) Опір на шинах, плюсове положення

Сумарний:

$$R_{\Sigma \text{к2}} = R_{\Sigma \text{к1.маx}} \times \left(\frac{U_{\text{HH}}}{U_{\text{маx.ВН}}} \right)^2 = 8,62 \times \left(\frac{6,6}{169,4} \right)^2 = 0,013(\text{Ом}) \quad (2.71)$$

$$R_{\Sigma \text{к2.маx}} = R_{\Sigma \text{к2}} + R_4 = 0,013 + 0,007 = 0,021(\text{Ом}) \quad (2.72)$$

$$X_{\Sigma \text{к2}} = X_{\Sigma \text{к1.маx}} \cdot \left(\frac{U_{\text{HH}}}{U_{\text{маx.ВН}}} \right)^2 = 146,43 \cdot \left(\frac{6,6}{169,4} \right)^2 = 0,22(\text{Ом}) \quad (2.73)$$

$$X_{\Sigma \text{к2.маx}} = X_{\Sigma \text{к2}} + X_4 = 0,22 + 0,2 = 0,44(\text{Ом}) \quad (2.74)$$

$$Z_{\Sigma \text{к2.маx}} = \sqrt{R_{\Sigma \text{к2.маx}}^2 + X_{\Sigma \text{к2.маx}}^2} = \sqrt{0,021^2 + 0,44^2} = 0,44(\text{Ом}) \quad (2.75)$$

Струм:

$$I_{\text{по.к2.маx}} = \frac{U_{\text{HH}}}{\sqrt{3} \times Z_{\Sigma \text{маx}}} = \frac{6,6}{\sqrt{3} \times 0,44} = 8,66(\text{кА}) \quad (2.76)$$

- Ударний струм:

$$K_{уд.k2.max} = 1,02 + 0,98 \times e^{-\frac{X_{\Sigma.k2.max}^3}{R_{\Sigma.k2.max}}} =$$

$$= 1,02 + 0,98 \times e^{-\frac{0,22^3}{0,013}} = 1,18 \quad (2.77)$$

$$i_{уд.k2.max} = \sqrt{2} \times I_{н0} \times K_{уд} = \sqrt{2} \times 8,66 \times 1,18 = 14,45(\text{кА}) \quad (2.78)$$

Таблиця 2.4 – Дослідження режимів короткого схеми електропостачання головної знижувальної підстанції

Положення РПН трансформатора	Вид струму к.з.	Точки короткого замикання		
		К1	К2	К3
РПН в середньому положенні	Струм К3, кА	14,564	20,533	8,66
	Уд. Струм К3, кА	37,424	56,160	23,02
РПН в мінусовому положенні	Струм К3, кА	?	21,420	9,07
	Уд. Струм К3, кА	?	58,300	24,62
РПН в плюсовому положенні	Струм К3, кА	?	20,379	8,66
	Уд. Струм К3, кА	?	57,700	14,45

2.7. Перевірка обладнання схеми електропостачання головної знижувальної підстанції

2.7.1 Вакуумний вимикач

Вакуумний вимикач розраховуємо за часом вимкнення:

$$t_{ок} = \frac{\text{Затрати на установку} - \text{затрати на демонтаж}}{\text{Щорічна економія}} = \frac{250000 + 5000}{27000} = 9,4 \text{ років} \quad (2.80)$$

2.7.2 Роз'єднувач

Роз'єднувач розраховуємо за напругою спрацьовування:

$$U_{ном ВН} = U_{раб} \cdot k_{зап} = 150 \cdot 1,4 = 210 \text{ кВ} \quad (2.81)$$

$$U_{ном НН} = U_{раб} \cdot k_{зап} = 6,6 \cdot 1,4 = 9,24 \text{ кВ} \quad (2.82)$$

де $U_{ном}$ - номінальна напруга,

$U_{раб}$ - робоча напруга,

$k_{зап}$ - коефіцієнт запасу.

Роз'єднувач перевіряють за струмом спрацьовування:

$$J_{ном ВН} = J_{раб} \cdot k_{зап} = 121,2 \cdot 1,5 = 181,8 \text{ А} \quad (2.83)$$

$$J_{ном НН} = J_{раб} \cdot k_{зап} = 2755 \cdot 1,25 = 3443,75 \text{ А} \quad (2.84)$$

де $I_{\text{ном}}$ - номінальний струм,

$I_{\text{раб}}$ - робочий струм,

$k_{\text{зап}}$ - коефіцієнт запасу.

Таблиця 2.5 Характеристики роз'єднювача

Найменування обладнання	Марка	Основні каталожні параметри	Умови вибору	Чисельні значення
Роз'єднувачі з сторони 150 кВ	РЛНД-2-220-1000	$U_{\text{н}} = 220 \text{ кВ},$ $I_{\text{н}} = 1000 \text{ А},$ $I_{\text{пр скв}} = 50 \text{ кА},$ $I_{\text{н}} = 63 \text{ кА}$	$U_{\text{уст}} \geq U_{\text{н}},$ $I_{\text{ном ВН}} \leq I_{\text{н}},$	$150 \text{ кВ} \geq 220 \text{ кВ},$ $181,8 \text{ А} \leq 1000 \text{ А},$
Роз'єднувачі з сторони 6,6 кВ	РВК-10/4000	$U_{\text{н}} = 10 \text{ кВ},$ $I_{\text{н}} = 4000 \text{ А},$ $I_{\text{пр скв}} = 64 \text{ кА},$ $I_{\text{н}} = 85 \text{ кА}$	$U_{\text{уст}} \geq U_{\text{н}},$ $I_{\text{ном ВН}} \leq I_{\text{н}},$	$6,6 \text{ кВ} \geq 10 \text{ кВ},$ $3443 \text{ А} \leq 4000 \text{ А},$

2.7.3 Розрядний пристрій

Обираємо розрядний пристрій.

Таблиця 2.6 Характеристики розрядного пристрою

Найменування параметра	PBC-150M У1
Клас напруги мережі, кВ діючої	150
Номінальна напруга, кВ.	138-170
Пробивна напруга за частоти 50 Гц у сухому стані та під дощем, кВ дійств.	
-не менше	275
-не більше	345
Імпульсна пробивна напруга за передрозрядного часу від 2 до 20 мкс і за повного імпульсу 1,2/50 мкс, кВ	375
Залишкова напруга під час імпульсу струму з тривалістю фронту 8 мкс, кВ, не більше	
- з амплітудою струму 3000 А	435
- з амплітудою струму 5000 А	565
- з амплітудою струму 10000 А	510
Струмова пропускна здатність:	
- 20 імпульсів струму хвилею 16/40 мкс, кА	10.0
- 20 імпульсів струму прямокутною хвилею тривалістю 2000 мкс, А	150.0
Довжина шляху витoku зовнішньої ізоляції, см.	396
Допустиме тяжіння проводів, Н.	500
Маса, кг.	338

2.7.4 Відокремлювач

Обираємо відокремлювач.

Таблиця 2.7 Характеристики відокремлювача

Марка	Основні каталожні параметри	Умови вибору	Чисельні значення
ОД-220/1000	$U_H = 220 \text{ кВ},$ $I_H = 1000 \text{ А},$ $I_{\text{пр с кв}} = 80 \text{ кА},$ $W = 31.5 \text{ кА},$ $t_{\text{ВНМ}} = 0,5 \text{ с}$	$U_{\text{уст}} \geq U_H,$ $I_{\text{ном ВН}} \leq I_H,$ $I_{\text{кз кл}} \leq W,$	$150 \text{ кВ} \geq 220 \text{ кВ},$ $181,8 \text{ А} \leq 1000 \text{ А},$ $14,5 \text{ кА} \leq 31,5 \text{ кА},$

2.8. Вибір перетину дротів для ЛЕП

Відповідно до представлених розрахунків обираємо перетин дротів повітряних ліній електропередач.

Таблиця 2.8 Характеристика ЛЕП та споживачів головної знижувальної підстанції

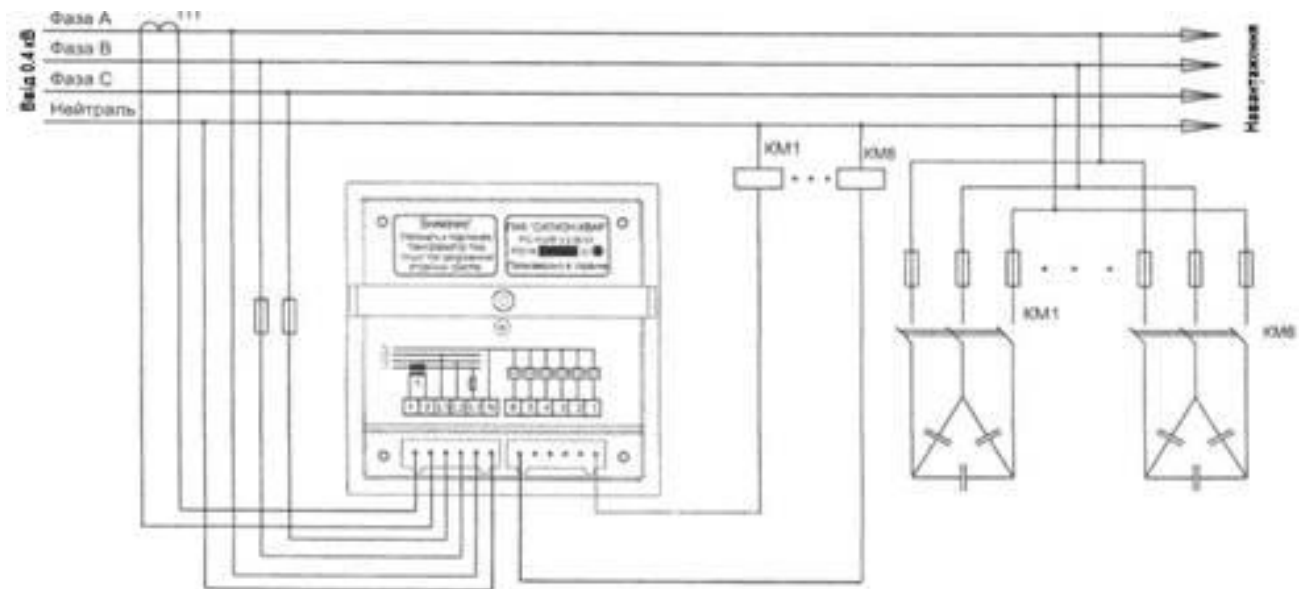
ЛЕП	Марка кабелю	Довжина ЛЕП, м	Індуктивний опір, Ом/км	Активний опір, Ом/км	Тривало допустимі струмові навантаження, А
ЦММ-1	АСБ 3х240	282	0,075	0,129	314
ЦММ-2	АСБ 3х240	260	0,075	0,129	314
ЦКС-1	ААБГ 3х185	360	0,073	0,167	275
ЦКС-2	ААБГ 3х185	410	0,073	0,167	275
Котельня-1	АСБГ 3х185	675	0,073	0,167	275
Котельня-2	АСБГ 3х185	660	0,073	0,167	275
КТП-матеріального складу	АСБ 3х95	160	0,08	0,33	218
Л-58	ААШВ 3х240	309	0,075	0,129	351

ЛЕП	Марка кабеля	Довжина ЛЕП, м	Індуктивний опір, Ом/км	Активний опір, Ом/км	Тривало допустимі струмові навантаження, А
Л-59	ААШВ 3x240	303	0,075	0,129	351
Л-29	АСБ 3x150	600	0,079	0,206	246
Л-30	ААБ 3x150	600	0,079	0,206	246

2.9. Дотримання показників якості споживання електроенергії

Для забезпечення можливості регулювання напруги живлення під діючим навантаженням використовують спеціальні схеми регулювання трансформаторів.

Рисунок 2.1 Схема і робота регулятора показників якості споживання електроенергії



2.10. Електроенергозбереження у системі електропостачання головної знижувальної підстанції

2.10.1 Облік електричної енергії у системі електропостачання головної знижувальної підстанції

Для визначення витрат використовують лічильні системи.

2.10.2 Лічильні пристрої активної та реактивної складової електричної енергії

Тип лічильних пристроїв обирають виходячи з умов експлуатації.

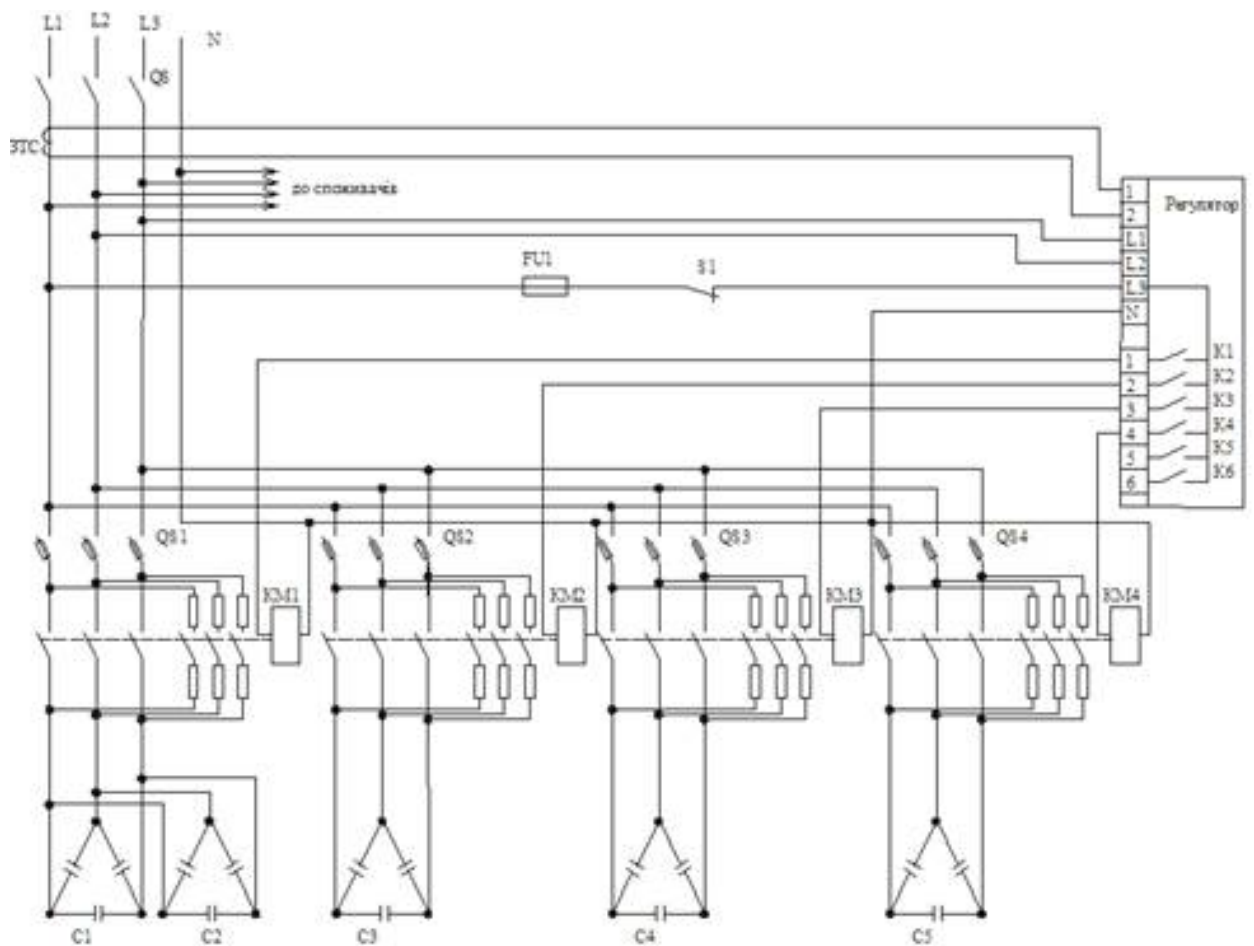
Рисунок 2.2 Лічильний пристрій



2.11. Дослідження системи забезпечення власних потреб для умов схеми електропостачання головної знижувальної підстанції

Мережі оперативних потреб виконують живлення систем управління та захисту від автономних систем живлення, які використовують спеціальні схеми випрямлення напруги.

Рисунок 2.3- Схеми забезпечення власних потреб для умов системи електропостачання головної знижувальної підстанції



Таблиця 2.9 - Технічні характеристики системи забезпечення власних потреб для умов електропостачання головної знижувальної підстанції

Тип	БПЗ-402	БПЗ-401
Напруга живлення, В	100, 110, 127, 220.	100, 105, 110, 115, 121, 127, 200, 210, 220, 230, 242, 254.
Частота, Гц	50.	50, 60.
Номінальна напруга виходу, В	110, 220.	110, 220.
Номінальна потужність виходу, Вт	100.	100.
Короткочасна потужність виходу, Вт	200.	200.
Маса, кг	9.	9.

2.12. Система керування енергетичними процесами та сигналізації у схемі електропостачання головної знижувальної підстанції

2.12.1. Система керування енергетичними процесами у схемі електропостачання головної знижувальної підстанції

Для управління складними енергетичними процесами в умовах головної знижувальної підстанції типового гірничо-видобувного підприємства використовують автоматизовані системи керування.

2.12.2. Система сигналізації у схемі електропостачання головної знижувальної підстанції

Для забезпечення роботи систем сигналізації використовують спеціальні програми для автоматизованої системи керування енергетичними процесами в умовах головної знижувальної підстанції типового гірничо-видобувного підприємства.

2.12.3 Система блокування у схемі електропостачання головної знижувальної підстанції

Для забезпечення процесів захисту та блокування використовуються спеціальні мікропроцесорні модулі для автоматизованої системи управління енергетичними процесами в умовах головної знижувальної підстанції типового гірничо-видобувного підприємства.

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ЕЛЕКТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ОБЛАДНАННЯ ГОЛОВНОЇ ЗНИЖУВАЛЬНОЇ ПІДСТАНЦІ ТИПОВОГО ГІРНИЧО-ВИДОБУВНОГО ПІДПРИЄМСТВА

Для конструкторської розробки виконується компонування та налагодження роботи у об'єднаній системі елементів структури автоматизованої системи управління енергетичними процесами в умовах головної знижувальної підстанції типового гірничо-видобувного підприємства.

3.1 Розробка системи моніторингу електричних параметрів обладнання головної знижувальної підстанції

3.1.1 Загальні вимоги до системи моніторингу електричних параметрів обладнання головної знижувальної підстанції

У якості релейного захисту автоматизованої системи управління енергетичними процесами в умовах головної знижувальної підстанції типового гірничо-видобувного підприємства використовуються мікропроцесорні модулі.

3.1.2 Система захисту трансформаторів

Для захисту трансформатору використовуються мікропроцесорні системи моніторингу параметрів у структурі автоматизованої системи управління енергетичними процесами в умовах головної знижувальної підстанції типового гірничо-видобувного підприємства.

3.1.3 Система захисту вимикачів

Захист вимикачів забезпечується розрахунком та налаштуванням часу вимкнення у системі автоматизованого управління енергетичними процесами в умовах головної знижувальної підстанції типового гірничо-видобувного підприємства.

Перевірку проводимо на основі визначення струмів спрацьовування:

$$I_{с.з} \geq \frac{k_{п} \cdot k_{сзп}}{k_{в}} I_{раб.макс} \quad (3.1)$$

де $k_{н}$ - коефіцієнт надійності;

$k_{сзп}$ - коефіцієнт навантаження;

$k_{в}$ - коефіцієнт реле;

$I_{раб.макс}$ - максимальний струм, А.

Розрахуємо:

$$I_{ср} = \frac{I_{сз} \cdot k_{сх}}{n_{т}} \quad (3.2)$$

де $k_{сх}$ - коефіцієнт схеми;

$n_{т}$ - коефіцієнт трансформації.

Струм спрацьовування:

$$I_{с.з.с.в} = I_{с.з.мах} + I_{раб.мах} = 433,3 + 314 = 747,3 \text{ (A)} \quad (3.3)$$

Тоді:

$$I_{с.р.с.в} = \frac{5}{1000} \cdot 747,3 = 3,7 \text{ A}$$

- Струмовий захист:

$$I_{с.з.в.в} = I_{с.з.мах.пр} + \Sigma I_{раб.мах} \quad (3.4)$$

$$I_{с.з.в.в} = 433,3 + 303,7 + 269,1 + 339,5 + 339,5 + 387,6 = 2072,7 \text{ A}$$

де $I_{с.з.мах.пр}$ - максимальний струм;

$\Sigma I_{раб.мах}$ - сума струмів.

Тоді:

$$I_{с.р.с.в} = \frac{5}{1500} \cdot 2072,7 = 6,9 \text{ A}$$

Таблиця 3.1 - Уставки система захисту вимикачів

Найменування	$I_{с.з}, A$	$I_{с.р}, A$	n_T
ЦММ	387,6	6,4	300/5
ЦКС	339,5	1,6	1000/5
Котельня-1	339,5	5,6	300/5
КТП- Мат. складу	269,1	4,4	300/5
Л-58 і Л59	433,3	5,4	400/5
Л-29 і Л-30	303,7	5	300/5
Ввод КРУ	2072,7	6,9	1500/5
С-КРУ	747,3	3,7	1000/5

3.2 Розробка мікропроцесорної системи релейного захисту схеми електропостачання для умов головної знижувальної підстанції типового гірничо-видобувного підприємства

Розглянемо структуру автоматизованої системи управління енергетичними процесами в умовах головної знижувальної підстанції типового гірничо-видобувного підприємства.

Блочно-модульне застосування дозволяє здійснювати керування процесами у енергетичній структурі як на одному програмному рівні так й здійснювати міжрівневе керування.

Наявність сучасної мікропроцесорної системи забезпечує достатню швидкодію подібних систем.

3.3 Обладнання для мікропроцесорної системи релейного захисту схеми електропостачання для умов головної знижувальної підстанції

Для здійснення керування енергетичними системами автоматизована системи управління енергетичними процесами в умовах головної знижувальної підстанції типового гірничо-видобувного підприємства складається з блоків-модулів.

Кожен з таких модулів має узагальнену структуру та підпорядковується головному процесору.

3.3.1 Комунікаційні елементи

Комутаційне обладнання автоматизованої системи управління енергетичними процесами в умовах головної знижувальної підстанції типового гірничо-видобувного підприємства налічує спеціальні елементи диспетчерського управління які приєднуються за допомогою шин.

3.3.2 Елементи та прилади контролю

Також система налічує контрольно-вимірювальне обладнання та прилади визначення граничних значень.

3.3.3 Безпекові пристрої

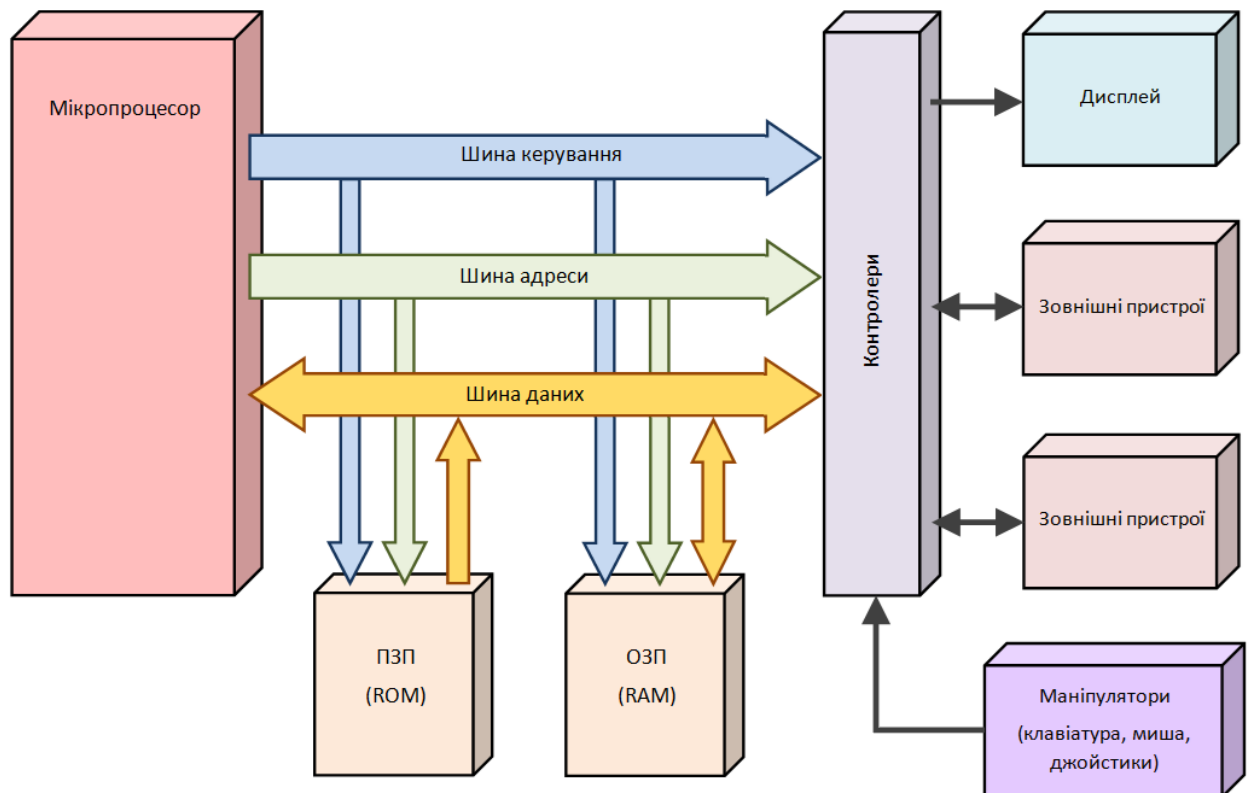
Пристрої безпеки автоматизованої системи управління енергетичними

процесами в умовах головної знижувальної підстанції типового гірничо-видобувного підприємства налічують запобіжники та автоматичні вимикачі.

3.4 Впровадження мікропроцесорної системи релейного захисту схеми електропостачання для умов головної знижувальної підстанції

Представимо загальну структуру автоматизованої системи управління енергетичними процесами в умовах головної знижувальної підстанції типового гірничо-видобувного підприємства.

Рисунок 3.1. Архітектура мікропроцесорної системи релейного захисту схеми електропостачання для умов головної знижувальної підстанції



3.5 Програмне забезпечення мікропроцесорної системи релейного захисту схеми електропостачання для умов головної знижувальної підстанції

У якості програмного забезпечення використовується сертифіковані програми що забезпечують ефективне функціонування автоматизованої системи управління енергетичними процесами в умовах головної знижувальної підстанції типового гірничо-видобувного підприємства.

ВИСНОВКИ

У випускній кваліфікаційній роботі магістра «Розробка системи моніторингу електричних параметрів обладнання із застосуванням мікропроцесорних пристроїв релейного захисту схеми електропостачання для умов головної знижувальної підстанції типового гірничо-видобувного підприємства» було вирішено завдання розробки системи моніторингу електричних параметрів обладнання із застосуванням мікропроцесорних пристроїв релейного захисту та дослідження режимів роботи системи електропостачання в умовах головної знижувальної підстанції типового гірничо-видобувного підприємства.

Виходячи з аналізу режимів навантаження було обрано обладнання схеми електропостачання головної знижувальної підстанції та складено проект його модернізації.

Для цього проекту була розроблена системи моніторингу електричних параметрів обладнання із застосуванням мікропроцесорних пристроїв релейного захисту схеми електропостачання для умов головної знижувальної підстанції типового гірничо-видобувного підприємства та досліджено її роботу.

Технічні розрахунки, що наведено у роботі а також характеристики режимів енергоспоживання показують ефективність впровадження таких систем для умов головної знижувальної підстанції типового гірничо-видобувного підприємства.