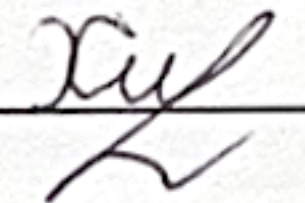


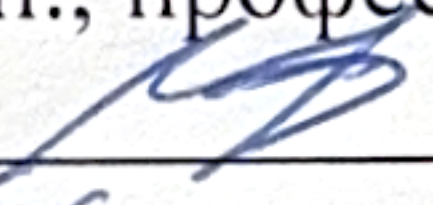
Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра електричних станцій і систем

Бакалаврська кваліфікаційна робота на тему:

**«ЗАХИСТ МЕРЕЖ 6 КВ ВЛАСНИХ ПОТРЕБ АТОМНИХ
ЕЛЕКТРИЧНИХ СТАНЦІЙ»**

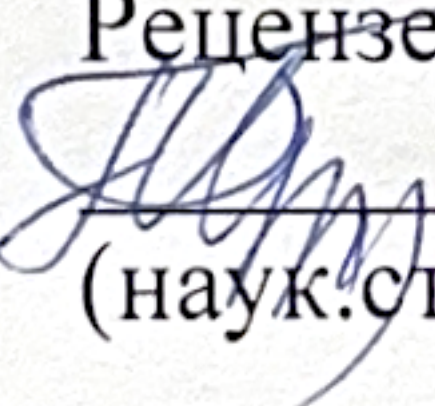
Виконав: студент 4 курсу, групи ЕС-216
спеціальності 141 – «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
за ОП «Електричні станції»,

Химич В. В. 

Керівник: д.т.н., професор, завідувач кафедри ЕСС
Комар В. О. 

«26» 26 2025 р.

Рецензент: Терешкевич Л. Б.

 к.т.н., доцент, ЕСЕЕМ

(наук.ступінь, вч.звання, назва кафедри)

«06» 06 2025 р.

Допущено до захисту
завідувач кафедри ЕСС
д.т.н., професор Комар В. О.

«26» 26 2025 р.

Вінниця ВНТУ 2025 рік

Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра електричних станцій та систем
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
Галузь знань – 14 «Електрична інженерія»
Спеціальність – 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
Освітньо-професійна програма – Електроенергетика та електротехніка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕСС

д.т.н., професор Комар В. О.

«20» 03 2025 р.

З А В Д А Н Н Я

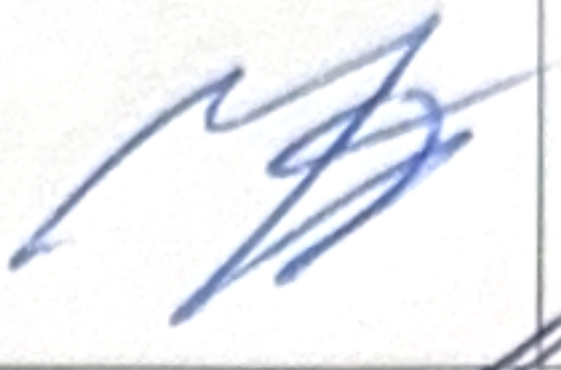
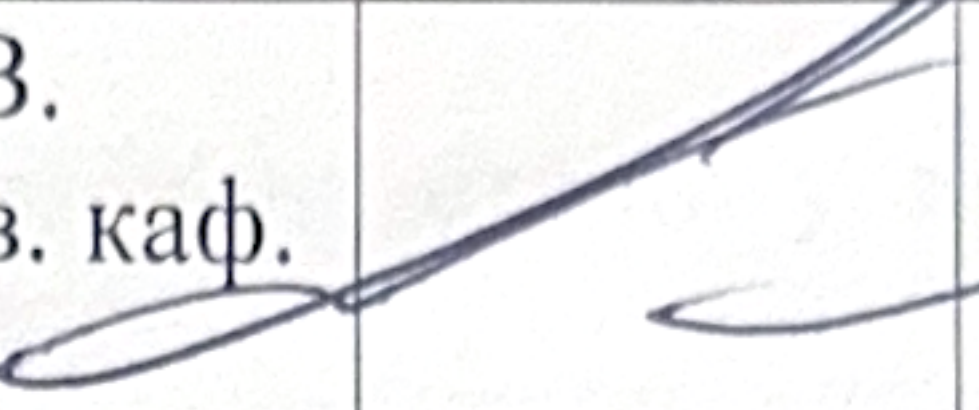
НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Химич Владислав Вадимович

(прізвище, ім'я, по батькові)

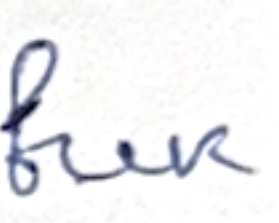
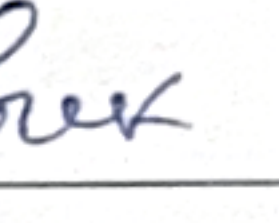
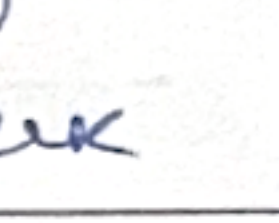
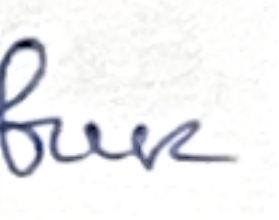
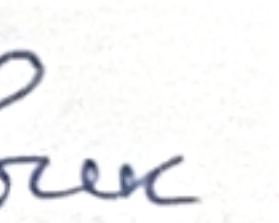
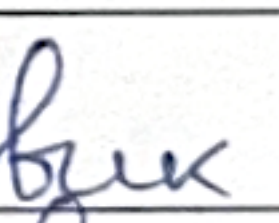
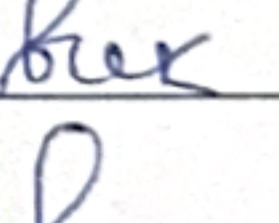
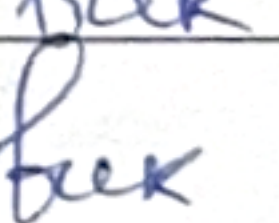
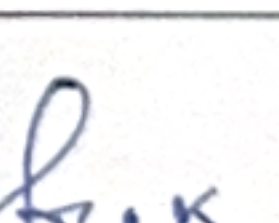
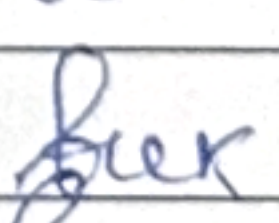
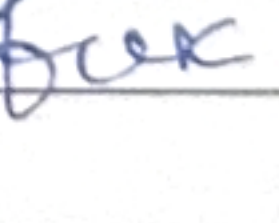
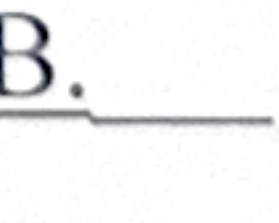
1. Тема роботи. Захист мереж 6 кВ власних потреб атомних електричних станцій
Керівник роботи завідувач кафедри ЕСС д.т.н., професор Комар В. О.
затверджена наказом вищого навчального закладу від 20.03.2025р № 97
2. Термін подання студентом роботи 03 червня 2025 року
3. Вихідні дані до роботи: Перелік літературних джерел за тематикою роботи:
 1. Правила безпечної експлуатації електроустановок (НПАОП 40.1-1.01-97).
 2. Кідиба В. П. Релейний захист електроенергетичних систем: навч. посібник / Кідиба В. П. – Львів; Видавництво Львівської політехніки, 2015. – 504 с.
 3. Технічне обслуговування мікропроцесорних пристроїв релейного захисту, протиаварійної автоматики, електроавтоматики, дистанційного керування та сигналізації електростанцій та підстанцій 0,4 кВ до 750 кВ (СОУ-Н ЕЕ 35.514:2007).
 4. Зміст текстової частини: 1. Система та конструкція ВП АЕС та види її пошкоджень. 2. Релейний та мікропроцесорний захист мереж 6 кВ ВП АЕС. 3. Мікропроцесорний пристрій релейного захисту «Діамант». 4. Методи захисту двигунів від пошкоджень. 5. Охорона праці. Висновки. Список використаних джерел. Додатки.
 5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) 1. Мета та задачі роботи 2. Актуальність, об'єкт, предмет та апробація 3. Захисти ВП АЕС, що діють на секційні вимикачів 6 кВ ВП 4. Фрагмент схеми електричних з'єднань власних потреб 6 кВ АЕС 5. Принцип дії першого і другого ступінь МСЗ 6. Модуль релейного захисту і автоматики «Діамант» 7. Розрахунок чутливості диференційного захисту асинхронного двигуна на реле РСТ-15 8. Продовження розрахунку захисту 9. Вплив уставки спрацювання реле на коефіцієнт чутливості захисту двигуна ВП 10. Висновки.

6. Консультанти розділів роботи

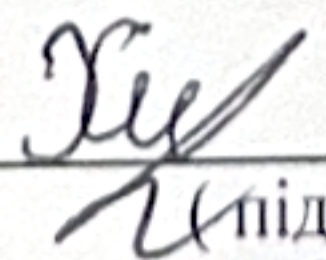
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
Спеціальна частина	Керівник роботи Комар В. О., д.т.н., професор, завідувач кафедри ЕСС		
Охорона праці	Кобилянський О. В. д. пед. н., професор, зав. каф. БЖДПБ		

7. Дата видачі завдання 20 березня 2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

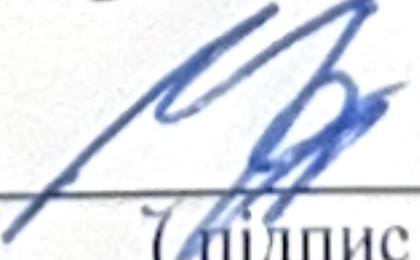
№ з/п	Назва та зміст етапів	Термін виконання етапів роботи		При-мітка
		початок	кінець	
1	Формування та затвердження завдання БКР	20.03.2025	21.03.2025	
2	Вступ. Огляд літературних джерел	22.03.2025	30.03.2025	
3	Система та конструкція ВП АЕС та види її пошкоджень	31.03.2025	10.04.2025	
4	Релейний та мікропроцесорний захист мереж 6 кВ ВП АЕС	11.04.2025	20.04.2025	
5	Мікропроцесорний пристрій релейного захисту «діамант»	21.04.2025	5.05.2025	
6	Методи захисту двигунів від пошкоджень	06.05.2025	10.05.2025	
7	Охорона праці	11.05.2025	16.05.2025	
8	Формування висновків по роботі	17.05.2025	20.05.2025	
9	Оформлення пояснювальної записки	21.05.2025	24.05.2025	
10	Виконання ілюстративної частини та оформлення презентації	25.05.2025	28.05.2025	
11	Перевірка БДР на плагіат. Попередній захист БДР	29.05.2025	03.06.2025	
12	Рецензування БДР	29.05.2025	03.06.2025	
13	Захист БДР	За графіком		

Студент


(підпис)

Химич В. В.

Керівник роботи


(підпис)

Комар В. О.

АНОТАЦІЯ

Химич В. В. «Захист мереж 6 кВ власних потреб атомних електричних станцій». Бакалаврська кваліфікаційна робота. – Вінниця: ВНТУ, 2025.– 79 с. Бібліогр. : 28. Іл. : 13. Табл. : 21.

У роботі обґрунтовано роль атомних електричних стацій у забезпеченні енергетичної безпеки України. Розглянуто особливості побудови системи електропостачання власних потреб на напрузі 6 кВ. Наведено типові види пошкоджень, які можуть виникати в мережах власних потреб, та їхній вплив на роботу електростанції.

Особливу увагу приділено призначенню, структурі та принципу дії пристроїв релейного та мікропроцесорного захисту, що застосовуються на АЕС. Детально описано роботу мікропроцесорного захисту типу «Діамант» і його функції в забезпеченні надійності електропостачання.

У практичній частині проведено прикладний розрахунок струмового захисту для асинхронного двигуна, що живиться від мережі власних потреб 6 кВ, з урахуванням параметрів обладнання та режимів його роботи.

Окремо розглянуто питання охорони праці при експлуатації пристроїв релейного захисту, включно з електробезпекою, дією шкідливих чинників, засобами індивідуального захисту та вимогами нормативної документації.

Ключові слова: АЕС, ВП, РЗА, трансформатор, діамант, МСЗ.

ANNOTATION

Khymych V.V. «Protection of 6 kV networks for own needs of nuclear power plants». Bachelor's qualification work. – Vinnytsia: VNTU, 2025.– 79 p. Bibliogr. : 28. Il. : 13. Tabl. : 21.

The paper substantiates the role of nuclear power plants in ensuring energy security of Ukraine. The features of building a power supply system for own needs at 6 kV are considered. Typical types of damage that can occur in own needs networks and their impact on the operation of the power plant are given.

Particular attention is paid to the purpose, structure and operating principle of relay and microprocessor protection devices used at the NPP. The operation of the "Brilliant" type microprocessor protection and its functions in ensuring the reliability of power supply are described in detail.

In the practical part, an applied calculation of current protection for an asynchronous motor powered by a 6 kV auxiliary power grid is performed, taking into account the equipment parameters and its operating modes.

The issues of labor protection during the operation of relay protection devices are considered separately, including electrical safety, the effects of harmful factors, personal protective equipment and regulatory requirements.

Key words: NPP, VP, RZA, transformer, diamond, MSZ.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	7
1 СИСТЕМА ТА КОНСТРУКЦІЯ ВП АЕС ТА ВИДИ ЇЇ ПОШКОДЖЕНЬ.....	8
1.1 Система електропостачання ВП.....	8
1.2 Конструкції та схеми ВП.....	9
1.3 Пошкодження обладнання ВП та методи їх усунення.....	9
Висновок до першого розділу.....	11
2 РЕЛЕЙНИЙ ТА МІКРОПРОЦЕСОРНИЙ ЗАХИСТ МЕРЕЖ 6 КВ ВП АЕС	12
2.1 Призначення, склад та технічна характеристика устаткування	12
2.2 Призначення пристрої РЗА обладнання власних потреб енергоблока іншого блоку.....	12
2.3 Захисти секційних вимикачів 6 кВ ВП.....	13
2.3.1 Характеристика першої та другої ступеней МСЗ 1 та МСЗ 2.....	14
2.3.2 Характеристики логічного захист шин (ЛЗШ).....	15
2.3.3 Характеристика дугового захисту шафи і секції.....	17
2.3.4 Характеристика захисту від однофазних замикань на землю (ОЗЗ)...	18
2.3.5 Характеристика диференційної відсічки.....	19
2.4 Захисти, сигналізації і управління електродвигунів.....	23
2.4.1 Захисти електродвигунів 6 кВ ВП.....	23
2.4.2 Характеристика дугового захисту шафи двигуна.....	24
2.4.3 Характеристика захисту двигуна від однофазних замикань на землю (ОЗЗ).....	25
2.4.4 Характеристика захисту від перевантаження (ЗВП).....	26
2.4.5 Характеристика захист від обриву фаз (ЗОФ).....	27
2.4.6 Характеристика повздовжній диференційний захист (тільки для 2YD10D01, 2YD20D01, 2YD30D01, 2YD40D01).....	27

2.4.7 Характеристика захисту мінімальної напруги (ЗМН).....	28
2.5 Захисти, сигналізація і управління трансформаторів 6/0,4 кВ, трансформаторів з частково заземленою нейтраллю та резервними трансформаторами.....	28
2.5.1 Характеристики захистів трансформаторів 6/0,4 кВ.....	29
2.5.2 Характеристика струмової відсічки (СВ).....	29
2.5.3 Характеристика МСЗ 2 ступеня.....	30
2.5.4 Характеристика дугового захисту шафи.....	31
2.5.5 Характеристика захисту від однофазних замикань на землю (ОЗЗ)...	33
Висновок до другого розділу.....	34
3 МІКРОПРОЦЕСОРНИЙ ПРИСТРІЙ РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ «ДІАМАНТ».....	35
3.1 Струмова відсічка	35
3.2 Максимальний струмовий захист	36
3.3 Захист від обриву фази.....	39
3.4 Логічний захист шин	40
3.5 Дуговий захист шафи.....	41
3.6 Захист від підвищення напруги.....	42
3.7 Захист від мінімальної напруги.....	43
Висновок до третього розділу.....	44
4 МЕТОДИ ЗАХИСТУ ДВИГУНІВ ВІД ПОШКОДЖЕНЬ.....	45
4.1 Початкові розрахункові дані.....	45
4.2 Диференційний захист двигунів від міжфазних к.з.....	47
4.2.1 Диференційний захист з реле серії РНТ.....	47
4.2.2 Диференційний захист з реле серії ДЗТ.....	49
4.2.3 Диференційний захист з реле РСТ-15.....	51
Висновок до четвертого розділу.....	54
5 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	55
5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта.....	56
5.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць.....	56

5.1.2 Електробезпека.....	58
5.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії.....	60
5.2.1 Мікроклімат.....	60
5.2.2 Склад повітря робочої зони.....	61
5.2.3 Виробниче освітлення.....	62
5.2.4 Виробничий шум.....	62
5.2.5 Виробничий вібрації.....	64
5.2.6 Виробничі випромінювання.....	65
5.3 Технічні рішення з пожежної безпеки.....	65
Висновок до п'ятого розділу.....	67
ВИСНОВОК	68
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	69
ДОДАТКИ.....	72
ДОДАТОК А – ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ НАВЧАЛЬНОЇ (КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ) РОБОТИ.....	73
ДОДАТОК Б – ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА.....	75

ВСТУП

Актуальність теми. Атомні електричні станції (АЕС) відіграють значну роль у покритті дефіциту електричних потужностей в Україні.

Добудова нових енергоблоків АЕС дозволить збільшити виробничі потужності та зберегти ключове значення атомної генерації для економіки України.

Тому АЕС є найперспективнішим джерелом електроенергії з погляду реалізації експортного потенціалу України на європейському енергоринку.

Експлуатація АЕС є дуже складним і відповідальним процесом, тому для забезпечення надійної та безперебійної роботи АЕС необхідно, щоб релейний та мікропроцесорний захист забезпечував стабільну роботу обладнання власних потреб (ВП). Це обладнання повинно не лише забезпечувати нормальному, аварійному та після аварійному режимі.

У ядерному реакторі розпадається уран-235, при цьому виділяється велика кількість теплової енергії. Вона кип'ятить воду, пара під тиском обертає турбіну, яка, у свою чергу, приводить в дію електрогенератор, що виробляє електроенергію.

Метою роботи є дослідження особливостей функціонування систем релейного та мікропроцесорного захисту обладнання власних потреб АЕС для забезпечення його надійної та безперебійної роботи.

У відповідності із поставленою метою, в роботі в роботі розв'язуються наступні **основні задачі**:

1. Розглянути різновиди захистів власних потреб.
2. Провести аналіз конструктивних особливостей будови релейного захисту власних потреб 6 кВ.
3. Проаналізувати роботу релейного захисту.
4. Виконати розрахунок чутливості захисту.

Об'єктом дослідження даної роботи є релейний та мікропроцесорний захист власних потреб АЕС.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ВП – Власні потреби;
АЕС – Атомна електростанція;
САЕ – Система аварійного електропостачання;
СЕВП – Система електропостачання власних потреб;
РЗА – Релейний захист і автоматика;
КЗ – Коротке замикання;
М РЗА – Модуль релейного захист і автоматика;
МСЗ – Максимальний струмовий захист;
ЛЗШ – Логічний захист шин;
ОЗЗ – Захист від однофазних замикань на землю;
ПРВВ – Пристрій резервування відмови вимикача;
БЩУ – Блоковий щит управління;
КРУ – Комплектна розподільча установка;
АСК – Автоматизоване система керування;
СВ – Струмова відсічка;
АБ – Акумуляторна батарея;
СЕВП – Система електропостачання власних потреб;
ГЦН – Головний циркуляційний насос;
НЖ – Надійне живлення;
ДГ – Дизель-генератор;
ДВ – Датчик початкового відліку.

1 СИСТЕМА ТА КОНСТРУКЦІЯ ВП АЕС ТА ВИДИ ЇЇ ПОШКОДЖЕНЬ

1.1 Система електропостачання ВП

Система електропостачання власних потреб (СЕВП) нормальної експлуатації призначена для постачання електроенергією всіх споживачів власних потреб у нормальному та аварійному режимах, що не супроводжуються втратою зовнішніх джерел електропостачання.

Розподільні пристрої 6/0,4 кВ, трансформатори 6/0,4 кВ та відповідні мережі, що безпосередньо забезпечують живлення споживачів власних потреб, за допомогою системи власних потреб. Ця система важлива для безпечної експлуатації АЕС.

До системи власних потреб також відносяться основні та резервні трансформатори власних потреб.

Критерієм якісного функціонування системи власних потреб допустимих напруг, а також протікання в обладнанні власних потреб допустимих струмів.

Споживачі системи власних потреб поділяються на декілька груп.

Для забезпечення роботи споживачів змінного та постійного струму першої групи при аварійних режимах СЕВП передбачається застосування автономних установок електроживлення, до складу яких входять акумуляторні батареї (АБ), інверторні агрегати та розподільні пристрої.

Система електропостачання електричного обладнання власних потреб починається від вимикачів ведення робочого та резервного живлення до збірної шини секцій 6 кВ.

Робочі та резервні трансформатори власних потреб, які забезпечують електричне живлення обладнання власних, потреб віднесені до систем нормальної експлуатації. Взаємно резервують один одного.

1.2 Конструкції та схеми ВП

Для живлення всіх споживачів власних потреб енергоблоку встановлюються два робочі трансформатори потужністю по 63 МВА з розщепленими обмотками, напругою 24/6,3-6,3 кВ кожен.

Трансформатори 2BT01, 2BT02 (ТРДНС-63000/35) – трифазної з розщепленою вторинною обмоткою, з природною циркуляцією масла та примусовим обдуванням масляних радіаторів, двообмоткові, з регулюванням.

Робочі трансформатори підключаються до відпаювання кола блоку генератор-трансформатор генераторним між генератором вимикачем і підвищувальним трансформатором.

Кількість секцій 6 кВ вибрано за кількістю головних циркуляційних насосів (ГЦН), що підключаються по одному до кожної секції для більшої надійності та стійкості роботи енергоблоку.

Для секцій нормальної експлуатації 6 кВ 2BA, 2BB, 2BC, 2BD передбачено часткове заземлення нейтралі в одній точці. Часткове заземлення нейтралі виконано за допомогою активного резистора, включеного між заземлюючим контуром і нейтраллю обмотки високої напруги, що підключається до секцій нормальної експлуатації 6 кВ трансформатора зі схемою з'єднання обмоток Y_0/Δ .

1.3 Пошкодження обладнання ВП та методи їх усунення

Кожен елемент обладнання на АЕС має свої межі допустимої роботи, свої «потреби» – в охолодженні, стабільній напрузі, нормальному навантаженні. Коли ці умови порушуються, обладнання починає працювати не так, як потрібно: виникають перегрів, вібрації, зниження ефективності або навіть аварійні ситуації. Це й можна назвати пошкодженням власних потреб – коли система не отримує того, що їй потрібно для стабільної та безпечної роботи. У цьому розділі коротко розглянемо, як саме це може проявлятися на прикладі генераторів, трансформаторів та допоміжного обладнання [1-4].

Перелік можливих несправностей, що виникають під час експлуатації обладнання ВП, та дії щодо їх усунення наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Перелік несправностей на власних потребах

№	Порушення (відхилення), зовнішній прояв, додаткові ознаки	Ймовірні причини	Дії персоналу щодо усунення (порушення) відхилення
1	Низький (високий) рівень масла в розширниках	Різке зниження (підвищення) температури повітря	Перевести газовий захист на сигнал, долити масла в розширник (злити масло з розширника) і знову ввести газовий захист на відключення
2	Відключилося охолодження трансформаторів ВП (при температурі масла в трансформаторів 55°C та номінальну навантаженні)	Відключився автомат живлення в ШД через КЗ	Розвантаження трансформатора, усунути наслідки КЗ та включити автомат
3	Відключився автомат АП-50 у ША обдуву ТВП на групу вентиляторів	КЗ у двигунів, на кабелі живлення будь-якого електродвигуна	Вивести групу у ручний режим, заміряти ізоляції ЕД. При виявленні пошкодженого ЕД вивести його з роботи, відключити кабель у перехідні клемній коробці, зібрати схему на вентилятор, що залишився
4	Зменшення перепаду температур по масла в масло охолоджувачі	Засмічення теплообміну трубок з боку води	При зменшенні перепаду вдвічі обов'язкове чищення трубок з боку води
5	Електронасос не розвиває номінальний тиск	1 Неправильне підключення фаз на кабельній панелі. 2 Наявність повітря в електронасосу	1 Перевірити правильність підключень 2 Випустити повітря з електронасосу

Продовження таблиці 1.1

№	Порушення (відхилення), зовнішній прояв, додаткові ознаки	Ймовірні причини	Дії персоналу щодо усунення (порушення) відхилення
6	Подряпини або задір, виявлені на робочих поверхнях шийок ротора	1 Брудна масла 2 Погано очищення маслопроводів	1 Очисти масло 2 Очисти та промити трубопроводи 3 Пошкодження шийки, проточити і відшліфувати вкладиші для забезпечення зазначених заводом кільцевих зазорів, перезалити і заново обробити
7	Посилене утворення продуктів корозії на внутрішніх поверхнях камер, кишок охолоджуючих трубок і газоохолоджувачів	1 Знос антикорозійного покриття камер і кришок	1 Очистити поверхні камери і кришок від продуктів корозії до металевого блиску і нанести знову відповідне антикорозійне покриття
		2 Відсутній контакт між протекторами та поверхнею, що захищається	Забезпечити надійний контакт поверхні, що захищається
		3 Зношений протектор	3 Змінити протектор
8	Підвищена вологість водню	Вологий водень, що поступає в генератор з магістралі	Осушувати водень до подачі його з магістралі до генератора

Висновок до першого розділу

Система електропостачання власних потреб АЕС забезпечує надійну роботу обладнання енергоблоку в усіх режимах. Її схема побудована з урахуванням резервування та безпеки. Для стабільної роботи важливо підтримувати справний стан обладнання, своєчасно виявляти та усувати несправності.

2 РЕЛЕЙНИЙ ТА МІКРОПРОЦЕСОРНИЙ ЗАХИСТ МЕРЕЖ 6 кВ ВП АЕС

2.1 Призначення, склад та технічна характеристика устаткування

За призначенням та впливом на надійність пристроїв ВП блоку, РЗА власних потреб енергоблока відносяться до:

1) Система аварійного електропостачання (САЕ), має класифікаційне позначення ОУ (забезпечуюча, керуюча) відповідно до положення [5] – (Загальні положення безпеки атомних станцій). Порухення пунктів цього положення впливає на надійність ВП (а саме пристрої РЗА секцій 6 кВ – 2BV, 2BW, 2BX, пристрої РЗА секцій 0,4 кВ – 2CV01(02), 2CW01(02), 2CX01(02)), 2CE, 2CF);

2) Також САЕ, яка має позначення У (керуюча) відповідно до розпорядження [5]. Відмова цієї системи впливає на безпеку ВП АЕС (пристроїв РЗА збірок РТЗО – 2DV, 2DW, 2DX);

3) Система електропостачання власних потреб (СЕВП), має класифікаційне позначення 3Н відповідно до положення 2BJ, 2BK, саме відповідає пристрої РЗА секцій та збірок 0,4 кВ – 2CA, 2CB, 2CM, 2CN, 2CC, 2CD, 2CP1(2), 2CQ1(2), 2CT1(2), 2DN10, 2DM10, 2DJ11, 2DJ12, 2DJ13, 2DJ14, 2DK11, 2DJ07, 2DK05, 2DK07, 2CJ, 2CK);

4) Інші СЕВП, має класифікаційне позначення 4Н відповідно до положення [5]. Відмова такої системи не впливає на надійність ВП АЕС. В 4Н розглядаються інші пристрої РЗА які не вказані в попередніх системах, наприклад в 3Н.

2.2 Призначення пристроїв РЗА обладнання власних потреб енергоблока іншого блоку

Існують наступні види призначень пристроїв РЗА обладнання власних потреб енергоблока енергетичного блоку АЕС:

1) виявлення місця КЗ і швидко автоматичного відключення комутаційних пристроїв пошкодженого обладнання чи ділянки мережі від непошкодженої частини електричної уставки або мережі;

- 2) дистанційне управління комутаційними пристроями 6 кВ і 0,4 кВ;
- 3) виявлення порушення нормальних режимів роботи обладнання і подача попереджувальних сигналів обслуговуючого персоналу, або відключення обладнання з витримкою часу.

2.3 Захисти секційних вимикачів 6 кВ ВП

До обладнання власних потреб 6 кВ, а саме, до секцій 2BV, 2BW, 2BX відносяться:

- 1) секційні вимикачі 2BV01A1, 2BW01A1, 2BX01A1;
- 2) секційні вимикачі секцій надійного живлення 2BV01A2, 2BW01A2, 2BX01A2.

Захист секційних вимикачів 2BV01A1, 2BW01A1, 2BX01A1 виконанні на базі модуля (М) РЗА «Діамант» типу SV01. Ці захисти містять:

- 1) МСЗ 1 ступінь;
- 2) МСЗ 2 ступінь;
- 3) ЛЗШ;
- 4) дуговий захист шафи і секції;
- 5) захист від однофазних замикань на землю (ОЗЗ);
- 6) пристрій зовнішнього відключення №1 (а саме пристрій відключення диференційним пристроєм, або відсічкою, або дуговий захистом секції з використанням секційних вимикачів 2BV01A2, 2BW01A2, 2BX01A2);
- 7) зовнішнє відключення №2 (відключення при роботі дизель-генератор з мережею);
- 8) відключення від ПРВВ трансформаторів 6/0,4 кВ секцій 6 кВ 2BV, 2BW, 2BX.

Захисти секційних вимикачів 2BV01A2, 2BW01A2, 2BX01A2 виконані на базі М РЗА «Діамант» типу SV01.

«Діамант» типу SV01 містить:

- 1) дуговий захист шафи і секцій;

2) диференційну відсічку;

3) пристрій зовнішнього відключення №1 (відключення дією МСЗ – першою ступінню, МСЗ 2 ступінь, ЛЗШ, ОЗЗ, дуговий захист шафи і секцій від секційних вимикачів 2BV01A1, 2BW01A1, 2BX01A1) [6-8];

4) пристрої відключення 2BV01A2, 2BW01A2, 2BX01A2 по сигналу від ПРВВ трансформаторів 6/0,4 кВ секцій 6 кВ 2BV, 2BW, 2BX.

2.3.1 Характеристика першої та другої ступеней МСЗ 1 та МСЗ 2

МСЗ 1 та МСЗ 2 мають наступні характеристики:

1) у зону чутливості МСЗ 1 ступеня і МСЗ 2 ступеня входить кабельна лінія і шини секцій 6 кВ надійного живлення 2BV, 2BW, 2BX. Захист виконання на трансформаторах струму ТА2а, ТА2с, які встановлені відповідно на кабельній лінії живлення секційних вимикачів 2BV01A1, 2BW01A1, 2BX01A1 секцій 6 кВ нормальної експлуатації 2ВА, 2ВВ, 2ВС і на М РЗА «Діамант»;

2) при роботі першого ступеня МСЗ відключаються вимикачі 2BV01A1 і 2BV01A2 (2BW01A1 і 2BW01A2, 2BX01A2, 2BX01A1 і 2BX01A2) відповідної лінії живлення з витримкою часу 0,3 с. У разі не відключення пошкодження 1-ою ступню, спрацьовує 2-га ступінь МСЗ, яка з витримкою часу 0,45 с відключає ті ж самі вимикачі;

3) при пуску МСЗ 1 ступеня і МСЗ 2 ступеня формується без витримки часу за допомогою М РЗА «Діамант» на заборону дії дистанційного захисту введів робочого і резервного живлення секцій 6 кВ 2ВА, 2ВВ, 2ВС відповідно час дії МСЗ секційних вимикачів 2BV01A1 (2BW01A1, 2BX01A1). Також є блокування видачі цих сигналів ключем SAC1 встановленого на дверях релейного шафи секційного вимикача 2BV01A1 (2BW01A1, 2BX01A1);

4) при роботі МСЗ приєднань секції 6 кВ 2BV, 2BW, 2BX спрацьовує блокування роботи ЛЗШ секційного вимикача 2BV01A1 (2BW01A1, 2BX01A1) лінії живлення на весь час роботи МСЗ;

5) при спрацюванні МСЗ 1 ступеня і /або МСЗ 2 ступеня:

а) відключаються відповідні вимикачі 6 кВ 2BV01A1 і 2BV01A2 (2BW01A1 і 2BW01A2, 2BX01A1 і 2BX01A2);

б) засвічуються світлодіодні індикатори на М РЗА «Діамант»:

– LED4 «Робота МСЗ, ОЗЗ», з миганням LED1 «Вимикач відключений» на релейній

шафі секційного вимикача 2BV01A1, 2BW01A1, 2BX01A1 відповідно;

– LED8 «Робота МСЗ, ОЗЗ», з миганням LED1 «Вимикач відключений» на релейній шафі секційного вимикача секції надійного живлення 2BV01A2 (2BW01A2, 2BX01A2). відповідно;

в) засвічується лампа сигнальна HLW1 «Виклик в КРП», встановлена на дверях релейної шафи секційного вимикача 2BV01A1 (2BW01A1, 2BX01A1) відповідно;

г) мигають зелені лампи HLG1 «Відключений» положення обох вимикачів 2BV01A1 і 2BV01A2 (2BW01A1 і 2BW01A2, 2BX01A1 і 2BX01A2) лінії живлення на панелі НУ19 (НУ21, НУ23) блоку щита управління (БЩУ) енергоблока №2 відповідно;

д) працює сигналізація на секції 6 кВ нормальної експлуатації 2ВА (2ВВ, 2ВС) і видається відповідно сигнал на панель НУ32 БЩУ енергоблока №2 табло HLA45 «Виклик на секції 2ВА, 2ВВ» або табло HLA50 «Виклик на секції 2ВС, 2ВД».

2.3.2 Характеристики логічного захист шин (ЛЗШ)

Логічний захист шин має наступні характеристики:

1) логічний захист шин призначений для швидкого відключення вимикачів ліній живлення при виникненні пошкоджень на шинах 6 кВ секцій 2BV, 2BW, 2BX. Коротке замикання на шинах фіксується перевищенням струму уставки ЛЗШ при відсутності струму КЗ на будь-якому з приєднань секції;

2) логічний захист шин по колах оперативного струму живиться від автоматичного вимикача SF6, встановлений в шафі трансформатора напруги

секцій 6кВ 2BVF01 (2BWF01, 2BXF01). Дія з М РЗА «Діамант» на вимикачі організована через шинки +EBZ1, EBZ2, -Z2;

3) захист виконаний на трансформаторах струму ТА-4а, ТА-4с, які встановлені в шафах секційного вимикача 2BV01A2 (2BW01A2, 2BX01A2) секцій 6 кВ надійного живлення 2BV (2BW, 2BX) відповідно і на М РЗА «Діамант»;

4) логічний захист шин діє на відключення обох вимикачів 2BV01A1 і 2BV01A2 (2BW01A1 і 2BW01A2, 2BX01A1 і 2BX01A2) ліній живлення з витримкою часу 0,1 с;

5) при спрацюванні ЛЗШ:

а) відключаються відповідні вимикачі 6 кВ 2BV01A1 і 2BV01A2 (2BW01A1 і 2BW01A2, 2BX01A1 і 2BX01A2);

б) засвічується світлодіодні індикатори на М РЗА «Діамант»:

– LED16 «Робота ЛЗШ», LED1 «Вимикач відключений» з миганням на релейній шафі секційного вимикача 2BV01A1, 2BW01A1, 2BX01A1 відповідно;

– з миганням LED1 «Вимикач відключений» на релейній шафі секційного вимикача секції надійного живлення 2BV01A2 (2BW01A2, 2BX01A2) відповідно;

в) засвічується лампа сигнальна HLW1 «Виклик в КРП», встановлена на дверях релейної шафи секційного вимикача 2BV01A1, 2BW01A1, 2BX01A1 відповідно;

г) мигають зелені лампи HLG1 «Відключений» положення обох вимикачів 2BV01A1 і 2BV01A2 (2BW01A1 і 2BW01A2, 2BX01A1 і 2BX01A2) лінії живлення на панелі НУ19 (НУ21, НУ23) БЩУ енергоблока №2 відповідно;

д) працює виклична сигналізація на секції 6 кВ нормальної експлуатації 2ВА (2ВВ, 2ВС) і видається відповідно сигнал на панель НУ32 БЩУ енергоблока №2 табло HLA45 «Виклик на секції 2ВА, 2ВВ» або табло HLA50 «Виклик на секції 2ВС, 2ВД».

6) при роботі МСЗ приєднань секції 6 кВ 2BV, 2BW, 2BX спрацьовує блокування роботи ЛЗШ секційних вимикачів 2BV01A1 (2BW01A1, 2BX01A1) лінії живлення на весь час роботи МСЗ.

2.3.3 Характеристика дугового захисту шафи і секції

Дуговий захист шафи і секції має наступні характеристики:

1) дуговий захист шафи виконаний на М РЗА «Діамант», реле KSN1 та із застосуванням фототиристори, які встановлені в комірках обох вимикачів 2BV01A1 і 2BW01A1 (2BW01A1 і 2BW01A2, 2BX01A1 і 2BX01A2) в лініях живлення, а саме:

- а) відсічку трансформаторів струму;
- б) відсічку висувного елемента;
- в) відсіку збірних шин.

2) дуговий захист по колах оперативного струму живиться від автоматичного вимикача SF5, який встановлений в шафі трансформатора напруги секції 6 кВ 2BVF01 (2BWF01, 2BXF01). Дія на відключення вимикачів організованого через шини дугового захисту EF11, EF12, -F2;

3) при виникненні дуги в шафі секційного вимикача 2BV01A2, 2BW01A2, 2BX01A2 фототиристиори дають сигнал на спрацювання реле KSN1, контакти якого підтверджують перевищення струму уставки дугового захисту, дають дозвіл на роботу дугового захисту шафи, а також формується команда по шинках дугового захисту секції на відключення обох вимикачів 2BV01A1 і 2BV01A2 (2BW01A1 і 2BW01A2, 2BX01A1 і 2BX01A2);

4) при спрацюванні дугового захисту шафи:

а) відключаються відповідні вимикачі 6 кВ 2BV01A1 і 2BV01A2 (2BW01A1 і 2BW01A2, 2BX01A1 і 2BX01A2);

б) засвічуються світлодіодні індикатори на М РЗА «Діамант»:

– LED5 «Робота дугового захисту», LED1 «Вимикач відключений» з миганням на релейній шафі секційного вимикача BV01A2, 2BW01A2, 2BX01A2 відповідно;

– LED7 «Робота дугового захисту СВ надійного живлення (НЖ)», з миганням LED1 «Вимикач відключений» на релейній шафі секційного вимикача 2BV01A1, 2BW01A1, 2BX01A1 відповідно;

2.3.4 Характеристика захисту від однофазних замикань на землю (ОЗЗ)

Захист від однофазних замикань на землю має наступні характеристики:

1) захист від однофазних замикань на землю захищає кабельну лінію і шини секції 6 кВ 2BV, 2BW, 2BX, резервує відмову захистів від однофазних замикань на землю приєднань цих секцій. Пусковий орган захисту виконаний по струму нульової послідовності $3I_0$ з блокування за напругою нульової послідовної $3U_0$;

2) захист виконаний на трансформаторах струму нульової послідовності ТА3-1, ТА3-2, ТА3-3, ТА3-4, які встановлені в шафі секційного вимикача 2BV01A1 (2BW01A1, 2BX01A1) відповідно і на М РЗА «Діамант»;

3) діє з витримкою часу 0,5 с:

4) при спрацюванні захисту:

а) відключаються обидва вимикачі 2BV01A1 і 2BV01A2 (2BW01A1 і 2BW01A2, 2BX01A1 і 2BX01A2) лінії живлення пошкодженої секції 6 кВ;

б) засвічуються світлодіодні індикатори на М РЗА «Діамант»:

– LED4 «Робота МСЗ, ОЗЗ», з миганням LED1 «Вимикач відключений» на релейній шафі секційного вимикача 2BV01A1 (2BW01A1, 2BX01A1) відповідно;

– LED8 «Робота МСЗ, ОЗЗ», з миганням LED1 «Вимикач відключений» на релейній шафі секційного вимикача 2BV01A2, 2BW01A2, 2BX01A2 відповідно;

в) засвічується лампа сигнальна HLW1 «Виклик в КРП», встановлена на дверях релейної шафи секційного вимикача 2BV01A1 (2BW01A1, 2BX01A1) відповідно;

г) мигають зелені лампи HLG1 «Відключений» положення обох вимикачів 2BV01A1 і 2BV01A2 (2BW01A1 і 2BW01A2, 2BX01A1 і 2BX01A2) лінії живлення на панелі НУ19 (НУ21, НУ23) БЩУ енергоблока №2 відповідно;

д) працює виклична сигналізація на секції 6 кВ нормальної експлуатації 2ВА (2ВВ, 2ВС) і видається відповідно сигнал на панель НУ32 БЩУ енергоблока №2 табло HLA45 «Виклик на секції 2ВА, 2ВВ» або табло HLA50 «Виклик на секції 2ВС, 2ВД».

2.3.5 Характеристика диференційної відсічки

Захист диференційної відсічки має наступні характеристики:

1) диференційна відсічка призначена для захисту силового кабелю лінії живлення. Захист виконаний на трансформаторах струму ТА1а, ТА1с, які встановлені в секційних вимикачах 2BV01A1 (2BW01A1, 2BX01A1) відповідно і ТА4а, ТА4с, встановлених в секційних 2BV01A1 (2BW01A1, 2BX01A1) відповідно і ТА4а, ТА4с, встановлених на вимикачах секції надійного живлення 2BV01A1 (2BW01A2, 2BX01A2) відповідно і на М РЗА «Діамант». На дверях секційний вимикачів секції надійного живлення 2BV01A2, 2BW01A1, 2BX01A2 встановлений вимикач SAC1 для введення диференційного захисту в роботу, при цьому якщо SAC1 перевести в положення «Виведено» засвітиться світлодіодний індикатор LED7 «датчик початкового відліку (ДВ) виведено» на М РЗА «Діамант» секційного вимикача секції надійного живлення 2BV01A2 (2BW01A2, 2BX01A2) відповідно і спрацює виклична сигналізація на секції 6 кВ надійного живлення 2BV (2BW, 2BX) і видається відповідно сигнал на панель НУ20 (НУ22, НУ24) БЩУ енергоблоку №2 табло HLA68 «КРУ 6 кВ» надійного живлення 2BV, 2BW, 2BX відповідно [10-11];

2) захист працює без витримки часу;

3) при спрацюванні захисту:

а) відключаються відповідні вимикачі 6 кВ 2BV01A1 і 2BV01A2 (2BW01A1 і 2BW01A2, 2BX01A1 і 2BX01A2);

б) засвічується світлодіодні індикатори на М РЗА «Діамант»:

– LED4 «Робота ДВ», LED1 «Вимикач відключений» з миганням на релейній шафі секційного вимикача секції надійного живлення 2BV01A2 (2BW01A2, 2BX01A2) відповідно;

– LED5 «Робота ДВ СВ НЖ», з миганням LED1 «Вимикач відключений» на релейній шафі секційного вимикача 2BV01A1, 2BW01A1, 2BX01A1;

в) працює виклична сигналізація на секції 6 кВ надійного живлення 2BV (2BW, 2BX) і видається відповідно сигнал на панель НУ20 (НУ22, НУ24) БЩУ енергоблока табло НЛА68 «КРУ 6 кВ.

Управління вимикачами, сигналізація положення вимикачів, індикація М РЗА «Діамант»:

1) вимикачі 2BV01A1 і 2BV01A2 (2BW01A1 і 2BW01A2, 2BX01A1 і 2BX01A2) лінії живлення управляються ключами управління SA1, які встановлені на панелі НУ19 (НУ21, НУ23) БЩУ енергоблока. Безпосереднє включення/вимикання вимикачів виконується за допомогою М РЗА «Діамант» через УКТЗ;

2) лампи сигналізації положення вимикачів HLG1 «Відключений», HLR1 «Включений» встановлені біля ключів управління SA1 на панелі НУ19 (НУ21, НУ23) БЩУ енергоблока;

3) при живленні секції 6 кВ надійного живлення 2BV, 2BW, 2BX від дизель-генератора, організовується заборона включення секційного вимикача 2BV01A2 (2BW01A2, 2BX01A2) нормально-замкнутим контактом силового вимикача 2GV01A (2GW01A, 2GX01A) на весь час роботи дизель-генератора;

4) для захисту від КЗ і перевантажень кіл управління і вторинних кіл секційних вимикачів ліній живлення відносяться:

а) для 2BV01A1 (2BW01A1, 2BX01A1):

– SF1 - захист кіл управління $\pm$ EC2;

– SF2 - захист кіл живлення привода $\pm$ EV2;

– SF3 - захист кіл живлення М РЗА «Діамант».

б) для 2BV01A2 (2BW01A2, 2BX01A2):

- SF1 - захист кіл управління $\pm$ EC1;
- SF2 - захист кіл живлення привода $\pm$ EY1;
- SF3 - захист кіл живлення М РЗА «Діамант».

5) при несправності М РЗА «Діамант» засвічується лампа сигнальна HLW1 «Виклик в КРП» на дверях релейної шафи відповідного секційного вимикача лінії живлення, HLW2 «Виклик в КРУ-6 кВ» на дверях релейної шафи трансформатора напруги F01 відповідної секції 6 кВ та працює виклична сигналізація на секцію 6 кВ;

б) в систему збору інформації від мікропроцесорних пристроїв видається і реєструється цифрова інформація:

- а) відображення поточних електричних параметрів приєднання;
- б) реєстрація, зберігання аварійних аналогових електричних параметрів приєднання;
- в) реєстрація і зберігання подій з автоматичним оновленням інформації;
- г) стан високовольтного вимикача.

7) індикатор наявності напруги HU1 сигналізує про наявність напруги на силовому кабелі відповідної лінії живлення і живиться від відповідного датчика напруги. За допомогою кнопки «Тест» на передній панелі корпусу індикатора перевіряється його працездатність.

8) інформація відповідного індикатора LED на лицевій панелі М РЗА «Діамант» секційних вимикачів лінії живлення:

- а) «Вимикач відключений» – силовий вимикач відключений;
- б) «Вимикач включений» – силовий вимикач включений;
- в) «Обрив кіл відключення, включення приводу вимикача» - контроль цілісності кіл включення та відключення;
- г) «Робота ДВ СВ НЖ» – відключення секційного вимикача 2BV01A1, 2BW01A1, 2BX01A1 диференційним захистом секції 2BV, 2BW, 2BX;
- д) «Робота дугового захисту» захистом; – відключення відповідного вимикача дуговим захистом;

е) «Робота дугового захисту СВ НЖ» – відключення силового секційного вимикача 2BV01A1, 2BW01A1, 2BX01A1 захистами секційного вимикача секції надійного живлення 2BV01A2, 2BW01A2, 2BX01A2 дуговим захистом;

ж) «Робота ПРВВ» – відключення силового секційного вимикача 2BV01A1, 2BW01A1, 2BX01A1 ПРВВ секції 2BV, 2BW, 2BX;

к) «Команда «Включити»» – короткочасно засвічується, на час проходження команди включити з УКТЗ;

л) «Команда «Відключити»» – короткочасно засвічується, на час проходження команди відключити з УКТЗ;

м) «Відключення при паралельній роботі дизель-генератора (ДГ) з мережею» відключення обох секційних вимикачів 2BV01A1 і 2BV01A2 (2BW01A1 і 2BW01A2, 2BX01A1 і 2BX01A2) лінії живлення, при живленні секції 6 кВ 2ВА, 2ВВ, 2ВС від дизель-генератора відповідної секції 6 кВ 2BV, 2BW, 2BX;

н) «Відключення колами прискорення АСН» – відключення обох секційних вимикачів 2BV01A1 і 2BV01A2 (2BW01A1 і 2BW01A2, 2BX01A1 і 2BX01A2) лінії живлення при відключенні робочого та резервного вводів секцій 6 кВ 2ВА (2ВВ, 2ВС);

п) «Робота ЛЗШ» - спрацював захист логічного захисту шин;

р) «Заземлюючий роз'єднувач замкнений» – заземлюючий ніж відповідного приєднання введений;

с) «Робота ДВ» – спрацював диференційний захист;

т) «Робота МСЗ, ОЗЗ» – спрацював захист МСЗ 1 ступінь, МСЗ 2 ступінь, або захист від однофазних замикань на землю;

ф) «Робота дугового захисту» – відключення секції 2BV, 2BW, 2BX дуговим захистом секції;

х) «Робота ПРВВ» – відключення силового вимикача секції надійного живлення 2BV01A2, 2BW01A2, 2BX01A2 ПРВВ трансформаторів 6/0,4 кВ секції 2BV, 2BW, 2BX;

ц) «Несправність кіл ДВ» – несправність струмових кіл диференційного захисту;

ш) «Візок викочений» – силовий вимикач знаходиться в контрольному положенні або викочений взагалі;

ю) «Службовий LED» – сигналізація невідповідності положення силового вимикача, положення візка і положення заземлюючого ножа (відсутність обох положень або наявність двох положень) з видачою викличної сигналізації на відповідну секцію 6 кВ.

9) для квітування LED індикаторів на лицевій панелі М РЗА «Діамант» секційних вимикачів лінії живлення виконується кнопкою SB1, яка знаходиться на дверях релейної шафи відповідного секційного вимикача.

2.4 Захисти, сигналізації і управління електродвигунів

Захисти, сигналізація і управління електродвигунів 6 кВ виконані із застосуванням М РЗА «Діамант» модифікації M011 і M021 (для 2YD10D01, 2YD20D01, 2YD30D01, 2YD40D01).

2.4.1 Захисти електродвигунів 6 кВ ВП

Існують наступні види захистів електродвигунів власних потреб:

- 1) МСЗ 1 ступінь (СВ);
 - 2) захист від обриву фаз;
 - 3) захист від однофазних замикань на землю (ОЗЗ);
 - 4) захист від перевантаження;
 - 5) дуговий захист шафи;
 - 6) повздовжній диференційний захист (тільки для 2YD10D01, 2YD20D01, 2YD30D01, 2YD40D01);
 - 7) захист мінімальної напруги (ЗМН).
- МСЗ 1 ступінь (СВ):

1) МСЗ 1 ступінь (СВ) є основним швидкодіючим захистом від міжфазних КЗ кабелю і обмоток електродвигуна 6 кВ;

2) захист виконаний на трансформаторах струму ТА1а, ТА1с, які встановлені в шафах вимикачів секцій 6 кВ. МСЗ 1 ступінь (СВ) діє на відключення силового вимикача без витримки часу;

3) При спрацюванні МСЗ 1 ступінь (СВ):

а) відключається вимикач електродвигуна 6 кВ;

б) засвічуються світлодіодні індикатори на М РЗА «Діамант» LED4 «Робота СВ», LED1 «Вимикач відключено» з миганням в релейній шафі вимикача 6 кВ;

в) засвічується лампа сигнальна HLW1 «Виклик в КРП», яка встановлена на дверях релейної шафи вимикача 6 кВ;

г) працює виклична сигналізація на відповідній секції 6 кВ і видається сигнал на БЩУ.

2.4.2 Характеристика дугового захисту шафи двигуна

Дуговий захист шафи має наступні характеристики:

1) дуговий захист шафи виконаний на М РЗА «Діамант» застосовує фототиристри, які встановлені в шафі вимикача електродвигуна 6 кВ, а саме:

а) відсіку трансформаторів струму;

б) відсіку висувного елемента;

в) відсіку збірних шин.

2) дуговий захист по колах оперативного струму живиться від автоматичного вимикача SF5 (для 2BV, 2PW, 2BX), SF7 (для 2BA, 2BB, 2BC, 2BD) і SF6 (для 2BJ, 2BK), який встановлений в шафі трансформатора напруги F01 відповідної секції 6 кВ. Діє на відключення вимикачів організована через шини дугового захисту EF11, EF12, -F2 (для 2BV, 2BW, 2BX, 2BJ, 2BK) і EF1, EF2, -F2 (для 2BA, 2BB, 2BC, 2BD);

3) при виникненні дуги в шафі електродвигуна 6 кВ, фототиристори дають сигнал на спрацювання реле KSN1, контакти якого з підтвердженням по перевищенню струму уставки дугового захисту, дають дозвіл на роботу дугового захисту шафи, а також видається дія по шинках дугового захисту секції на відключення обох вимикачів 1BV01A1 і 1BV01A2 (1BW01A1 і 1BW01A2, 1BX01A1 і 1BX01A2) для 1 (2, 3) КСБ, якщо електродвигуни 6 кВ живляться від цих секцій і на відключення робочого та резервного введів для секцій 1BA, 1BB, 1BC, 1BD;

4) при спрацюванні дугового захисту шафи:

а) відключається відповідний вимикач 6 кВ;

б) засвічуються світлодіодні індикатори на М РЗА «Діамант» LED6 «Робота дугового захисту», LED1 «Вимикач відключений» з миганням на релейній шафі відповідного електродвигуна 6 кВ;

в) засвічується лампа сигнальна HLW1 «Виклик в КРП», яка встановлена на дверях релейної шафи вимикача 6 кВ;

г) працює виклична сигналізація на відповідній секції 6 кВ і видається сигнал на БЩУ.

2.4.3 Характеристика захисту двигуна від однофазних замикань на землю (ОЗЗ)

Однофазне замикання на землю має наступні характеристики:

1) захист призначений для виявлення і відключення однофазних замикань на землю в мережі 6 кВ електродвигуна 6 кВ. Пусковий орган захисту виконаний по струму нульової послідовності 31% з блокуванням за напругою нульової послідовності 30%;

2) захист виконаний на трансформаторі струму нульової послідовності ТА3 і на М РЗА «Діамант». Захист працює без витримки часу;

3) при спрацюванні захисту:

а) відключається відповідний вимикач електродвигуна 6 кВ;

б) засвічуються світлодіодні індикатори на М РЗА «Діамант» LED5 «Робота ОЗЗ», з миганням LED1 «Вимикач відключений» на релейній шафі відповідного вимикача електродвигуна 6 кВ;

в) засвічується лампа сигнальна HLW1 «Виклик в КРП», встановлена на дверях релейної шафи відповідного електродвигуна 6 кВ;

г) працює виклична сигналізація на відповідній секції 6 кВ і видається сигнал на БЩУ.

4) для електродвигунів 6 кВ 1 (2, 3) КСБ, а саме 2TQ11D01, 2TQ21D01, 2TQ31D01, 2TQ12D01, 2TQ22D01, 2TQ32D01, 2TQ13D01, 2TQ23D01, 2TQ33D01, 2TX10D01, 2TX20D01, 2TX30D01, 2QF11D01, 2QF11D02, 2QF21D01, 2QF21D02, 2QF31D01, 2QF31D02, на час живлення секції 6 кВ 2BV, 2BW, 2BX від відповідного дизель-генератора захист від однофазних замикань на землю (ОЗЗ) працює на сигнал.

2.4.4 Характеристика захисту від перевантаження (ЗВП)

Захист від перевантажень має наступні характеристики:

1) захист від перевантаження електродвигуна 6 кВ виконаний на трансформаторах струму ТА1а, ТА1с і на М РЗА «Діамант», які встановлені в шафах вимикачів секцій 6 кВ. Захист діє на сигнал з витримкою часу 20 с;

2) при спрацюванні захисту:

а) засвічуються світлодіодні індикатори на М РЗА «Діамант» LED12 (LED14 для нормального живлення) «Робота ЗВП», з миганням LED1 «Вимикач відключений» на релейній шафі відповідного вимикача електродвигуна 6 кВ;

б) засвічується лампа сигнальна HLWI «Виклик в КРП», встановлена на дверях релейної шафи відповідного електродвигуна 6 кВ;

в) працює виклична сигналізація на відповідній секції 6 кВ і видається сигнал на БЩУ.

2.4.5 Характеристика захист від обриву фаз (ЗОФ)

Захист від обриву фази має наступні характеристики:

- 1) захист від обриву фаз електродвигуна 6 кВ виконаний на трансформаторах струму ТА1а, ТА1с і на М РЗА «Діамант», які встановлені в шафах вимикачів секцій 6 кВ. Захист діє на сигнал з витримкою часу 20 с;
- 2) при спрацюванні захисту:
 - а) засвічуються світлодіодні індикатори на М РЗА «Діамант» LED13 (LED15 для нормального живлення) «Робота ЗОФ», з миганням LED1 «Вимикач відключений» на релейній шафі відповідного вимикача електродвигуна 6 кВ;
 - б) засвічується лампа сигнальна HLW1 «Виклик в КРП», встановлена на дверях релейної шафи відповідного електродвигуна 6 кВ;
 - в) працює виклична сигналізація на відповідній секції 6 кВ і видається сигнал на БЩУ.

2.4.6 Характеристика повздовжній диференційний захист (тільки для 2YD10D01, 2YD20D01, 2YD30D01, 2YD40D01)

Повздовжній диференційний захист має наступні характеристики:

- 1) повздовжній диференційний захист встановлений на електродвигунах 6 кВ ГЦН замість МСЗ 1 ступеня (СВ). Зона дії захисту кабель і обмотка статора електродвигуна 6 кВ ГЦН. Захист діє при міжфазних КЗ без витримки часу на відключення електродвигуна 6 кВ ГЦН;
- 2) при спрацюванні захисту:
 - а) засвічуються світлодіодні індикатори на М РЗА «Діамант» LED4 «Робота ДВ, ДЗТ», з миганням LED1 «Вимикач відключений» на релейній шафі відповідного вимикача електродвигуна 6 кВ ГЦН;
 - б) засвічується лампа сигнальна HLW1 «Виклик в КРП», встановлена на дверях релейної шафи відповідного електродвигуна 6 кВ ГЦН;
 - в) працює виклична сигналізація на відповідній секції 6 кВ і видається сигнал на БЩУ.

2.4.7 Характеристика захисту мінімальної напруги (ЗМН)

Захист мінімальної напруги має наступні характеристики:

1) захист мінімальної напруги (ЗМН) електродвигуна 6 кВ виконаний на М РЗА «Діамант», який розташований в релейній шафі відповідного електродвигуна 6 кВ і шинках групового захисту EVM.1, -EAF - першого ступеня, або EVM.2, -EAF для другого ступеня;

2) при зниженні напруги на секції 6 кВ і спрацюванні пристроїв РЗА першої, або обох ступенів захисту, розташованих в релейній шафі трансформатора напруги F01 відповідної секції 6 кВ, появляється напруга на шинці EVM.1 (EVM.2), після цього М РЗА «Діамант» відповідних електродвигунів 6 кВ відключають електродвигуни 6 кВ, які підключені до відповідного ступеня захисту мінімальної напруги;

3) перший ступінь захисту мінімальної напруги (ЗМН) працює при зниженні напруги на шинах секції до $0,7U_n$ з витримкою часу 0,5 с, при цьому відключаються наступні електродвигуни 6 кВ 2UM11D01, 2UM12D01, 2VC20D01, 2VC20D02.

2.5 Захист, сигналізація та управління трансформаторами 6/0,4 кВ, трансформаторами з частково заземленою нейтраллю та резервними трансформаторами

До трансформаторів 6/0,4 кВ відносяться - 2BU01, 2BU02, 2BU03, 2BU04, 2BU05, 2BU06, 2BU07, 2BU08, 2BU09, 2BU11, 2BU12, 2BU14, 2BU15, 2BU16, 2BU17, 2BU18, 2BU19-1, 2BU19-2, 2BU21-1, 2BU21-2, 2BU22-1, 2BU22-2, 2BU23, 2BU24, 2BU25, 2BU26, 2BU27, 2BU28, 2BU29, 2BU31 (2BZ01A1), 2BU41, 2BU42, 02BU44.

До трансформаторів часткового заземлення нейтралі відносяться — 2BAT01, 2BBT01, 2BCT01, 2BDT01.

До резервних трансформаторів відносяться 2BU10, 2BU10-1.

Захисти, управління і сигналізація трансформаторів 6/0,4 кВ виконані на базі М РЗА «Діамант» модифікації L060, а також захисти, управління і сигналізація сторони 0,4 кВ виконані на електромеханічній базі.

2.5.1 Характеристики захистів трансформаторів 6/0,4 кВ

Існують наступні види захистів трансформаторів:

- 1) струмова відсічка;
- 2) МСЗ 2 ступінь;
- 3) МСЗ 1 ступінь і МСЗ 2 ступінь (тільки для 2ВU19-1, 2ВU19-2, 2ВU21-1, 2ВU21-2, 2ВU22-1, 2ВU22-2);
- 4) резервний максимальний струмовий захист 0,4 кВ (крім 2ВU11, 2ВU12, 2ВU14, 2ВU15, 2ВU16, 2ВU17, 2ВU18, 2ВU23, 2ВU24, 2ВU25, 2ВU29, 2ВU31 (2ВZ01A1), 02ВU44);
- 5) дуговий захист шафи;
- 6) захист від однофазних замикань на землю (ОЗЗ);
- 7) захист від перевантаження;
- 8) пристрій резервування відмови вимикача (ПРВВ);
- 9) додаткові захисти резервних трансформаторів 2ВU10, 2ВU10-1;
- 10) захист від однофазних КЗ на стороні 0,4 кВ (крім 2ВU14, 2ВU15, 2ВU16, 2ВU17, 2ВU18, 2ВU23, 2ВU24, 2ВU25, 2ВU29);
- 11) АВР на стороні 0,4 кВ (тільки для 2ВU01, 2ВU02, 2ВU03, 2ВU04, 2ВU19-1, 2ВU19-2, 2ВU21-1, 2ВU21-2, 2ВU22-1, 2ВU22-2, 2ВU41, 2ВU42).

2.5.2 Характеристика струмової відсічки (СВ)

Захист струмової відсічки має наступні характеристики:

- 1) струмова відсічка є основним швидкодіючим захистом від міжфазних КЗ в кабельних лініях 6 кВ живлення трансформатора, обмотках трансформатора та їх виводах на стороні 6 кВ;
- 2) захист виконаний на трансформаторах струму ТА1а, ТА1с, які встановлені в шафах вимикачів секцій 6 кВ і на М РЗА «Діамант». Струмова

відсічка діє на відключення вимикачів на стороні 6 кВ та 0,4 кВ (при наявності вимикача на стороні 0,4 кВ) без витримки часу;

3) при спрацюванні струмової відсічки:

а) відключається відповідний вимикач трансформатора 6/0,4 кВ;

б) засвічуються світлодіодні індикатори на М РЗА «Діамант» LED4 «Робота МСЗ, СВ» (LED4 «Робота СВ» тільки для ТЧЗН), LED1 «Вимикач відключений» з миганням в релейній шафі вимикача 6 кВ трансформатора 6/0,4 кВ;

в) мигають лампи положення вимикачів 6 кВ HLG1 і 0,4 кВ HLG2 (при наявності вимикача на стороні 0,4 кВ) на панелі НУ32 (НУ33) БЩУ енергоблока №2 (тільки для 2BU01, 2BU02, 2BU03, 2BU04, 2BU10, 2BU19-1, 2BU19-2, 2BU21-1, 2BU21-2, 2BU22-1, 2BU22-2), на панелі НУ44 БЩУ енергоблока №2 (тільки для 2BU10-1, 2BU41, 2BU42), а для інших трансформаторів лампи встановлені за місцем встановлення релейної шафи вимикача трансформатора 6/0,4 кВ;

г) засвічується лампа сигнальна HLW1 «Виклик в КРП», встановлена на дверях релейної шафи відповідного трансформатора;

д) працює виклична сигналізація на відповідній секції 6 кВ і видається сигнал на БЩУ.

2.5.3 Характеристика МСЗ 2 ступеня

Захист МСЗ 2 ступеня має наступні характеристики:

1) МСЗ 2 ступеня є резервним захистом від міжфазних КЗ на кабельних лініях живлення, обмоток 6 кВ та 0,4 кВ трансформатора, шин і приєднань секцій 0,4 кВ в межах чутливості;

2) захист виконаний на трансформаторах струму ТА1а, ТА1с, які встановлені в шафах вимикачів трансформаторів 6/0,4 кВ секцій 6 кВ і на М РЗА «Діамант». МСЗ 2 ступеня діє на відключення вимикачів на стороні 6 кВ та 0,4 кВ (при наявності вимикача на стороні 0,4 кВ) з витримкою часу:

а) 0,4 с (для 2BU14, 2BU15, 2BU16, 2BU17, 2BU18, 2BU23, 2BU24, 2BU25, 02BU44);

б) 0,5 с (для 2BU31 (2BZ01A1), 2BU29);

в) 0,6 с (для 2BU01, 2BU02, 2BU03, 2BU04, 2BU05, 2BU06, 2BU07, 2BU08, 2BU09, 2BU11, 2BU12, 2BU26, 2BU27, 2BU28, 2BU41, 2BU42);

г) 1,0 с (для 2BAT01, 2BBT01, 2BCT01, 2BDT01);

д) 1,05 с (для 2BU10, 2BU10-1).

3) при спрацюванні МСЗ 2 ступені:

а) відключаються вимикачі на стороні 6 кВ та 0,4 кВ (при наявності вимикача на стороні 0,4 кВ);

б) засвічуються індикатори на М РЗА «Діамант» LED4 «Робота МСЗ, СВ», LED1 «Вимикач відключений» 3 миганням В релейній шафі вимикача відповідного трансформатора 6/0,4 кВ;

в) мигають лампи положення вимикачів 6 кВ HLG1 і 0,4 кВ HLG2 (при наявності вимикача на стороні 0,4 кВ) на панелі НУ32 (НУ33) БЩУ енергоблока №2 (тільки для 2BU01, 2BU02, 2BU03, 2BU04, 2BU10), або на панелі НУ44 БЩУ енергоблока №2 (тільки для 2BU10-1, 2BU41, 2BU42), а для інших лампи встановлені за місцем встановлення релейної шафи вимикача трансформатора 6/0,4 кВ;

г) засвічується лампа сигнальна HLW1 «Виклик в КРП», встановлена на дверях релейної шафи відповідного трансформатора;

д) працює виклична сигналізація на відповідній секції 6 кВ і видається сигнал на БЩУ.

2.5.4 Характеристика дугового захисту шафи

Захист дугового захисту шафи має наступні характеристики:

1) дуговий захист шафи виконаний на М РЗА «Діамант» і застосовуються фототиристори, які встановлені в шафі вимикача трансформатора 6/0,4 кВ, а саме:

- а) відсіку трансформаторів струму;
- б) відсіку висувного елемента;
- в) відсіку збірних шин.

2) дуговий захист по колах оперативного струму живиться від автоматичного вимикача SF5 (для 2BV, 2BW, 2BX), SF7 (для 2BA, 2BB, 2BC, 2BD) і SF6 (для 2BJ, 2BK), який встановлений в шафі трансформатора напруги F01 відповідної секції 6 кВ. Дія на відключення вимикачів організовано через шинки дугового захисту EF11, EF12, -F2 (для 2BV, 2BW, 2BX, 2BJ, 2BK) і EF1, EF2, -F2 (для 2BA, 2BB, 2BC, 2BD);

3) при виникненні дуги в шафі трансформатора 6/0,4 кВ, фототиристори дають сигнал на спрацювання реле KSN1, контакти якого з підтвердженням по перевищенню струму уставки дугового захисту, дають дозвіл на роботу дугового захисту шафи, а також видається дія по шинках дугового захисту секції на відключення обох вимикачів 2BV01A1 і 2BV01A2 (2BW01A1 і 2BW01A2, 2BX01A1 і 2BX01A2) для 1 (2, 3) КСБ, якщо трансформатор живиться від цих секцій, або на відключення робочого та резервного вводів для секцій 2BA, 2BB, 2BC, 2BD;

4) при спрацюванні дугового захисту шафи:

- а) відключаються відповідні вимикачі трансформатора 6/0,4 кВ;
- б) засвічуються світлодіодні індикатори на М РЗА «Діамант» LED6 «Робота дугового захисту» і LED1 «Вимикач відключений» з миганням на релейній шафі відповідного трансформатора 6/0,4 кВ;

в) мигають лампи положення вимикачів 6 кВ HLG1 і 0,4 кВ HLG2 (при наявності вимикача на стороні 0,4 кВ) на панелі НУ32 (НУ33) БЩУ енергоблока No2 (тільки для 2BU01, 2BU02, 2BU03, 2BU04, 2BU10, 2BU19-1, 2BU19-2, 2BU21-1, 2BU21-2, 2BU22-1, 2BU22-2), або на панелі НУ44 БЩУ енергоблока No2 (тільки для 2BU10-1, 2BU41, 2BU42), а для інших лампи встановлені за місцем встановлення релейної шафи вимикача 6 кВ трансформатора;

г) засвічується лампа сигнальна HLW1 «Виклик в КРП», встановлена на дверях релейної шафи відповідного трансформатора 6/0,4 кВ;

д) працює виклична сигналізація на відповідній секції 6 кВ і видається сигнал на БЩУ.

2.5.5 Характеристика захисту від однофазних замикань на землю (ОЗЗ)

Захист від однофазних замикань на землю має наступні характеристики:

1) захист призначений для виявлення і відключення однофазних замикань на землю в мережі 6 кВ трансформатора 6/0,4 кВ. Пусковий орган захисту виконаний по струму нульової послідовності 3I₀ з блокуванням за напругою нульової послідовності 3U₀ 30%;

2) захист виконаний на трансформаторі струму нульової послідовності ТА4 і на М РЗА «Діамант». Захист працює без витримки часу;

3) при спрацюванні захисту:

а) відключається відповідний вимикач трансформатора 6/0,4 кВ;

б) засвічуються світлодіодні індикатори на М РЗА «Діамант» LED5 «Робота ОЗЗ» і LED1 «Вимикач відключений» з Миганням на релейній шафі відповідного вимикача трансформатора 6/0,4 кВ;

в) мигають лампи положення вимикачів 6 кВ HLG1 і 0,4 кВ HLG2 (при наявності вимикача на стороні 0,4 кВ) на панелі НУ32 (НУ33) БЩУ енергоблока (тільки для 2BU01, 2BU02, 2BU03, 2BU04, 2BU10, 2BU19-1, 2BU19-2, 2BU21-1, 2BU21-2, 2BU22-1, 2BU22-2), або на панелі НУ44 БЩУ енергоблока (тільки для 2BU10-1, 2BU41, 2BU42), а для інших трансформаторів лампи встановлені за місцем встановлення релейної шафи вимикача 6 кВ трансформатора 6/0,4 кВ;

г) засвічується лампа сигнальна HLW1 «Виклик в КРП», встановлена на дверях релейної шафи відповідного трансформатора 6/0,4 кВ;

д) працює виклична сигналізація на відповідній секції 6 кВ і видається сигнал на БЩУ [1-8].

Висновок до другого розділу

У розділі розглянуто релейний та мікропроцесорний захист мереж 6 кВ ВП АЕС, зокрема захист секційних вимикачів, електродвигунів і трансформаторів. Аналіз показав, що застосування сучасного мікропроцесорного пристрою РЗА «Діамант» є ефективним рішенням: це комбінований багатофункціональний пристрій, який об'єднує в собі різні функції захисту – зокрема ЛЗШ, ОЗЗ, ЗВП, ЗОФ, СВ, ЗМН, а також диференційний та дуговий захист. Пристрій забезпечує високу чутливість, селективність і швидкодію, що дозволяє своєчасно локалізувати пошкодження, знижувати ризик аварій і підвищувати надійність електропостачання власних потреб.

З МІКРОПРОЦЕСОРНИЙ ПРИСТРІЙ РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ «ДІАМАНТ»

Модуль релейного захисту і автоматики (М РЗА) призначений для включення в електромережах змінного струму з частотою 50 Гц в якості мікропроцесорного пристрій релейного захисту, протиаварійної автоматики, реєстрації аварійних параметрів, діагностики та управління вимикачами.

М РЗА може застосовуватися на об'єктах електроенергетики, що експлуатуються або новозбудовані, напругою шин 6 - 750 кВ.

М РЗА можна встановлювати на щити управління та захисту, а також в релейних шафах КРУ.

М РЗА є сучасним мікропроцесорним пристроєм захисту, контролю та протиаварійної автоматики і являє собою комбінований багатофункціональний пристрій, що поєднує в собі різні функції захисту, автоматики, управління, місцевого та дистанційного керування.

3.1 Струмова відсічка

Струмові відсічки (СВ) призначені для захисту від міжфазних коротких замикань.

Можливе спрацьовування захисту «по відключенню» або «по сигналу» з витримкою часу, заданою у налаштуванні.

Характеристики струмової відсічки відповідають вказаним у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Характеристики струмової відсічки

Назва параметрів	Значення
Діапазон установок струму спрацювання, А	0,01 - 150
Дискретність уставок струму спрацювання, А	0,01
Діапазон уставок витримки часу, с	0 - 10
Дискретність уставок витримки часу, с	0,01
Мінімальний час спрацювання захисту, с	0,01 – 0,03

Функціональна схема струмової відсічки наведена на рисунку 3.1

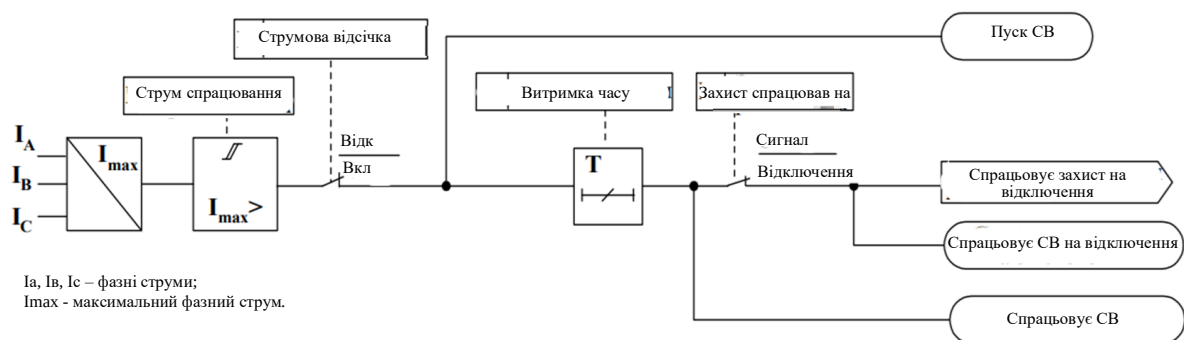


Рисунок 3.1 – Функціональна схема струмової відсічки

3.2 Максимальний струмовий захист

Максимальний струмовий захист призначений для захисту від міжфазних коротких замикань і має три ступені.

Перший ступінь - МСЗ із незалежною час струмовою характеристикою.

Другий і третій ступені - МСЗ з пуском за напругою 6 кВ (задається уставкою)

та/або за напругою 0,4 кВ (задається уставкою), а також можливістю вибору типу час струмової характеристики.

Для другого та третього ступеня МСЗ передбачено блокування при обриві ланцюгів напруги 6 кВ (задається уставкою).

Для другого та третього ступенів МСЗ передбачені такі типи час струмової характеристики:

1) незалежна характеристика - час витримки визначається значенням часу уставки $T_{уст}$;

2) залежна;

а) крута (типу реле РТП-1)

$$t = \frac{1}{30 \cdot \left(I / I_{уст} - 1 \right)^3} + T_{уст} \cdot \quad (3.1)$$

б) порогова (типу реле РТ-80, РТВ-IV)

$$t = \frac{1}{20 \cdot \left(\left(I / I_{уст} - 1 \right) / 6 \right)^{1,8}} + T_{уст} \cdot \quad (3.2)$$

де: I – вхідний струм;

$I_{уст}$ – уставка по струму;

$T_{уст}$ – уставка за часом.

Часові характеристики наведені на рисунку 3.2.

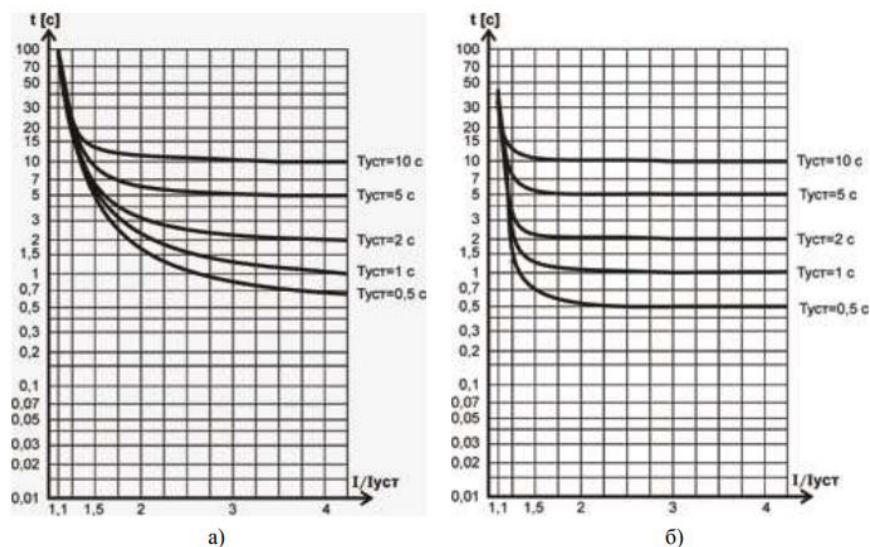


Рисунок 3.2 – Часові характеристики максимального струмового захисту

а) порогові характеристики (аналог РТ-80, РТВ-IV);

б) крута характеристика (аналог РТВ-1)

Пуск ступеня із залежною частотковою характеристикою відбувається при струмах, перевищують $1,1I_{уст}$.

Витримка часу на початковій ділянці залежних часових характеристик обмежується уставкою "Граничним часом".

Передбачено прискорення спрацювання ступенів захисту під час увімкнення високовольтного вимикача на КЗ. Якщо для другого та третього ступенів МСЗ задана уставка за часом меншою за $T_{уск}$, то при прискоренні МСЗ задана витримка зберігається. У разі завдання залежних час струмової характеристик, на час прискорення вони переводяться в режим із незалежною час струмової характеристикою.

Передбачена можливість роботи кожного ступеня "на відключення" або "на сигнал".

Характеристики максимального струмового захисту відповідають зазначеним у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Характеристики максимального струмового захисту

Назва параметрів	Значення
Діапазон установок струму спрацювання, А	0,01 - 150
Дискретність уставок струму спрацювання, А	0,01
Діапазон уставок по напрузі пуску, %	10 - 100
Дискретність уставок по напрузі пуску, %	1
Діапазон уставок витримки часу, с	0 - 100
Дискретність уставок витримки часу, с	0,01
Діапазон уставок витримки часу при прискоренні, с	0 - 10
Дискретність уставок витримки часу при прискоренні, с	0,01
Діапазон уставок за граничної витримки часу	0 - 100
Дискретність уставок за граничної витримки часу	0,01
Мінімальний час спрацювання захисту, с	0,01 – 0,03

Функціональна схема максимального струмового захисту наведена на рисунку 3.3.

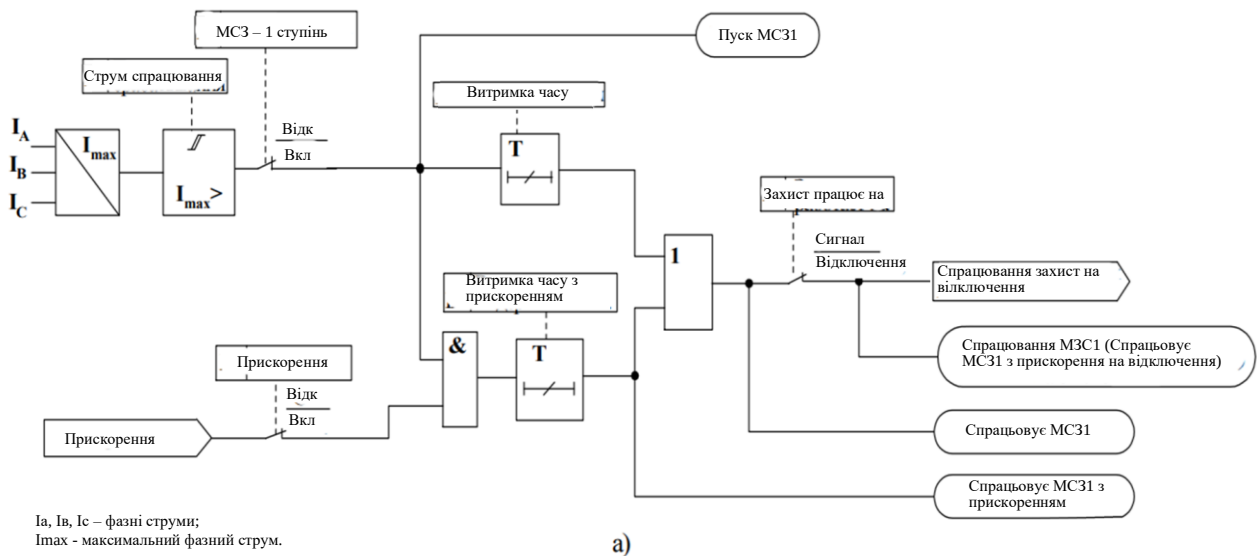


Рисунок 3.3 – Функціональна схема максимального струмового захисту
а) 1-го ступеня МСЗ

3.3 Захист від обриву фази

Захист від обриву фази фідера живлення реалізована методом контролю струму зворотної послідовності.

Захист працює "на вимкнення" або "на сигнал" з витримкою часу, задається уставкою.

Характеристики захисту від обриву фази відповідають зазначеним у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Характеристики захисту від обриву фази

Назва параметрів	Значення
Діапазон уставки за струмом зворотної послідовності, А	0,2 - 10
Дискретність уставок за струмом зворотної послідовності, А	0,01
Діапазон уставок витримки часу, с	0 - 3600
Дискретність уставок витримки часу, с	0,1
Мінімальний час спрацювання захисту, с	0,01 – 0,03

Функціональна схема захисту від обриву фази наведена на рисунку 3.4

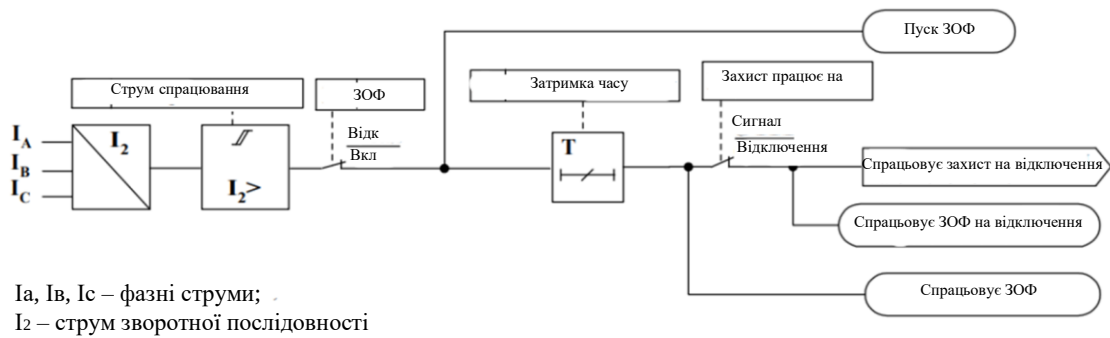


Рисунок 3.4 – Функціональна схема захисту від обриву фази

3.4 Логічний захист шин

Логічний захист шин (ЛЗШ) призначений для швидкого відключення вимикача у разі пошкодження на шинах. Коротке замикання на шинах фіксується при перевищенні вхідним струмом уставки логічного захисту шин та відсутності пуску МСЗ на будь-якому з приєднань секції шин (сигнал "Блокування ЛЗШ").

Передбачена можливість роботи захисту "на відключення" або "на сигнал" з витримкою часу, що задається уставкою.

Характеристики логічного захисту шин відповідають зазначеним у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Характеристики логічного захисту шин

Назва параметрів	Значення
Діапазон установок струму спрацювання, А	0,01 - 150
Дискретність уставок струму спрацювання, А	0,01
Діапазон уставок витримки часу, с	0 - 10
Дискретність уставок витримки часу, с	0,01
Мінімальний час спрацювання захисту, с	0,01 – 0,03

Функціональна схема логічного захисту шин наведено на рисунок 3.5.

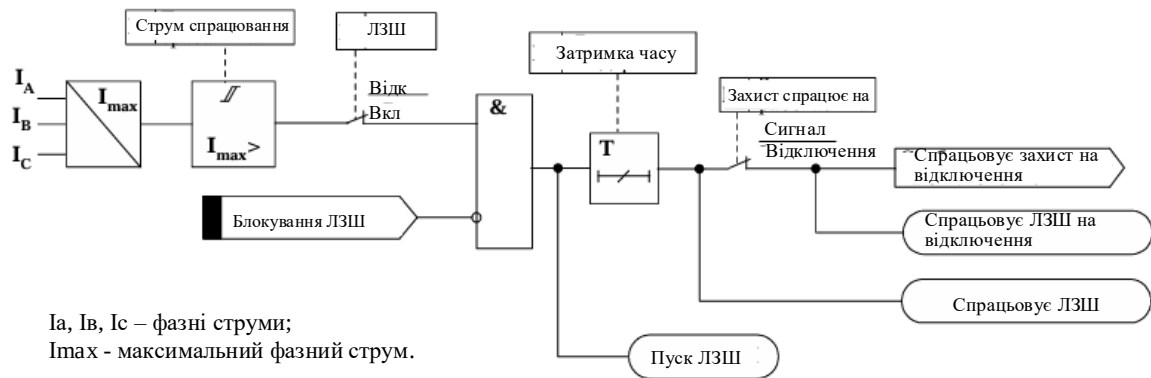


Рисунок 3.5 – Функціональна схема логічного захисту шин

3.5 Дуговий захист шафи

Захист працює без витримки часу під час спрацювання датчиків дуговий захисту шафи.

Передбачена можливість роботи захисту "на відключення" або "на сигнал" контролем струму (задається уставкою).

Характеристики дугового захисту шафи відповідають зазначеним у таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Характеристики дугового захисту шафи

Назва параметрів	Значення
Діапазон установок струму спрацювання, А	0,01 - 150
Дискретність уставок струму спрацювання, А	0,01
Мінімальний час спрацювання захисту, с	0,01 – 0,03

Функціональна схема дугового захисту шафи наведено рисунку 3.6.

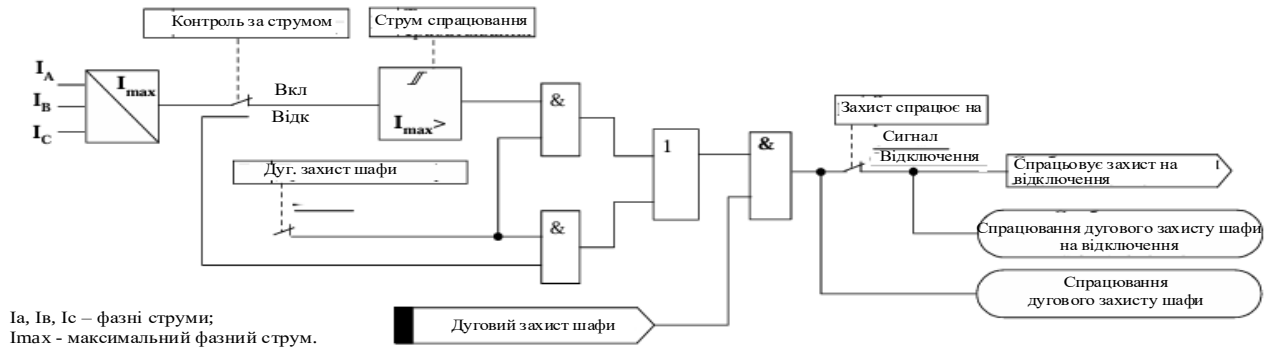


Рисунок 3.6 – Функціональна схема дугового захисту шафи

3.6 Захист від підвищення напруги

Призначений для захисту від підвищення напруги. Захист спрацьовує, якщо рівень хоча б однієї з лінійних напруг перевищує рівень уставки.

Передбачена можливість роботи захисту "на відключення" або "на сигнал" витримкою часу, що задається уставкою.

Характеристики захисту від підвищення напруги відповідають зазначеним у таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Характеристики захисту від підвищення напруги

Назва параметрів	Значення
Діапазон установок напруги спрацювання, А	10 - 150
Дискретність уставок напруги спрацювання, А	1
Діапазон уставок витримки часу, с	0 - 10
Дискретність уставок витримки часу, с	0,01
Мінімальний час спрацювання захисту, с	0,01 – 0,03

Функціональна схема захисту від підвищення напруги наведена на рисунку 3.7.

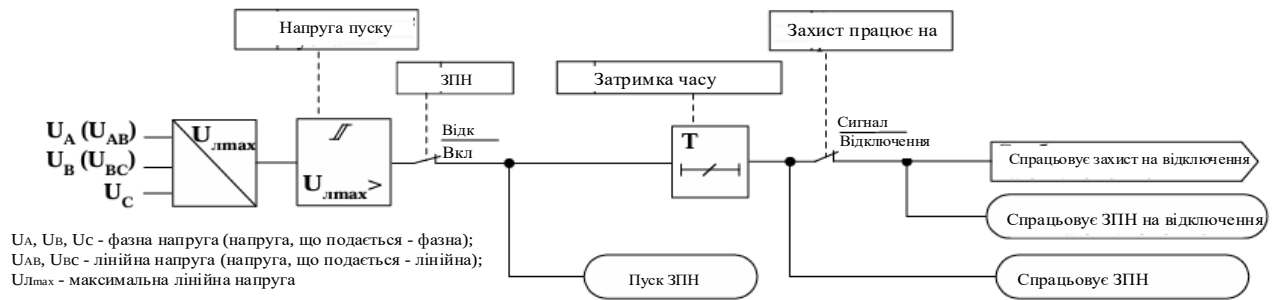


Рисунок 3.7 – Функціональна схема захисту від підвищення напруги

3.7 Захист від мінімальної напруги

Призначена для захисту від зниження напруги. Захист спрацьовує за одночасному зниженні величини лінійних напруг нижче рівня уставки з витримкою часу, що задається уставкою.

Передбачена можливість роботи захисту "на відключення" або "на сигнал" витримкою часу, що задається уставкою.

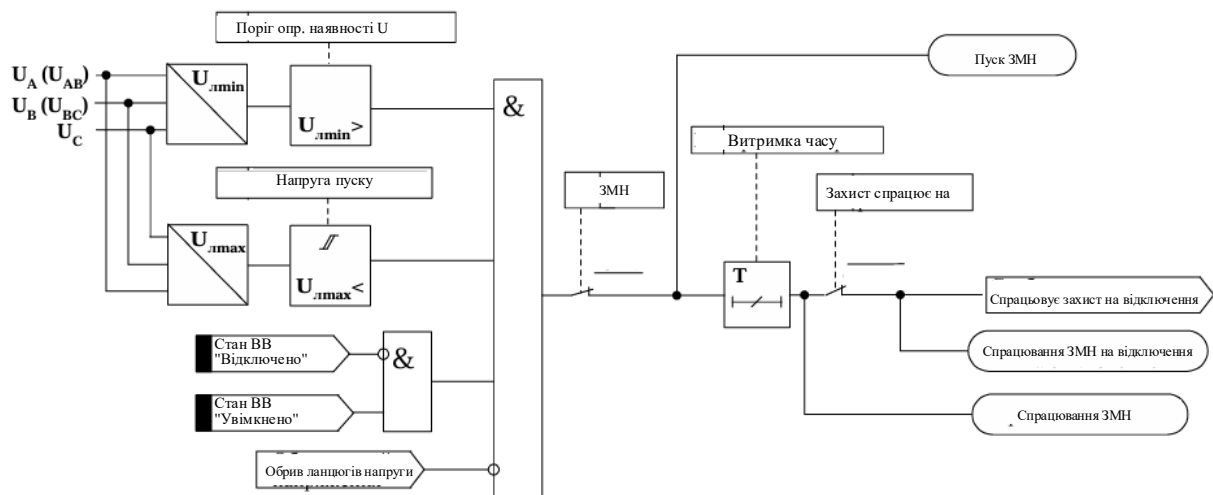
Для виключення помилкового спрацювання захисту при одночасному зникненні фазної напруги (відключення вимикача введення на секцію) передбачена блокування захисту за рівнем наявності фазної напруги (задається в меню "Експлуатація"). Захист блокується при обриві ланцюгів напруги [9].

Характеристики захисту мінімальної напруги відповідають зазначеним у таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Характеристики захисту мінімальної напруги

Назва параметрів	Значення
Діапазон установок напруги спрацювання, А	10 - 150
Дискретність уставок напруги спрацювання, А	1
Діапазон уставок витримки часу, с	0 - 10
Дискретність уставок витримки часу, с	0,01
Мінімальний час спрацювання захисту, с	0,01 – 0,03

Функціональна схема захисту мінімальної напруги наведена на рисунку 3.8.



U_A, U_B, U_C - фазна напруга (напруга, що подається - фазна);
 U_{AB}, U_{BC} - лінійна напруга (напруга, що подається - лінійна);
 U_{Lmin} - мінімальна лінійна напруга;
 U_{Lmax} - максимальна лінійна напруга.

Рисунок 3.8 – Функціональна схема захисту мінімальної напруги

Висновок до третього розділу

У цьому розділі детально розглянуто мікропроцесорний пристрій релейного захисту «Діамант». Він поєднує в собі багато різних типів захисту, які забезпечують безпечну й надійну роботу електроустановок: від струмового захисту до захисту від перенапруги та обриву фази. Пристрій має гнучкі налаштування, швидко реагує на аварійні ситуації та може працювати як на нових, так і на діючих об'єктах. Його використання допомагає уникнути серйозних пошкоджень обладнання та зменшити ризики для персоналу й системи загалом.

4 МЕТОДИ ЗАХИСТУ ДВИГУНІВ ВІД ПОШКОДЖЕНЬ

Асинхронний двигун ВА3 215/109-6АМ05 призначений для приводу головного циркуляційного насосу типу РЦН-195 реакторної установки В-320 з реактором ВВЕР-1000 та розрахунковий на роботу в закритому приміщенні ВП АЕС. З'єднання валів двигуна та насоса здійснюється за допомогою торсійної муфти, що не передає осьові зусилля від насоса.

4.1 Початкові розрахункові дані

Проведемо розрахунок захисту для асинхронного двигуна ВА3 215/109-6АМ05 характеристики наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Номінальні параметри ВА3 215/109-6АМ05

№	Основні технічні характеристики	Одиниці вимірювання	Значення
1	Потужність	кВт	8000
2	Номінальна напруга	В	6000
3	Номінальний струм статора	А	880
4	Номінальна частота обертання	Об/хв	1000
5	Номінальна коефіцієнт потужності ($\cos\phi$)	-	0,91
6	Коефіцієнт корисної дії ККД	%	96
7	Частота	Гц	50
8	З'єднання фаз обмотки статора	-	У
9	Клас ізоляції обмотки статора	-	В
10	Напрямок обертання	-	праве
11	Ковзання	%	0,6

Величини струму статора, коефіцієнта потужності та коефіцієнт корисної дії при часткових навантаженнях наведено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Параметри потужності при різних навантаженнях

Найменування показників	Одиниці вимірювання	Норма при потужності, кВт				
		2000	4000	5300	6000	7000
Струм статора	А	312	476	605	669	773
Коефіцієнт потужності ($\cos\phi$)	-	0,69	0,86	0,89	0,904	0,91
ККД	в.о.	0,895	0,94	0,947	0,955	0,957

Для наочності параметри потужності при різних навантаженнях побудуємо графічним шляхом.

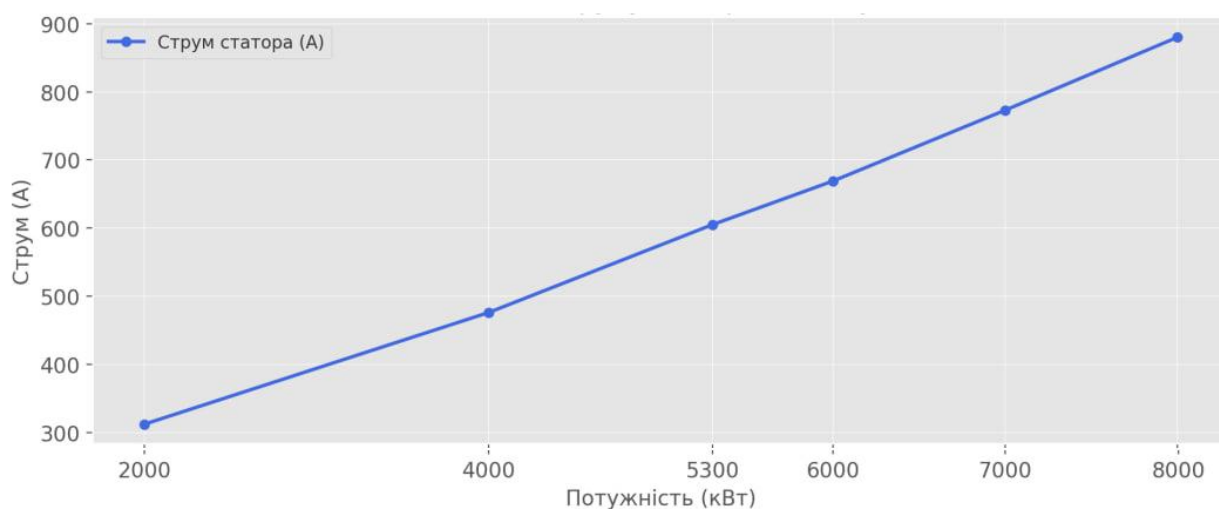


Рисунок 4.1 – Залежність струму статора від потужності

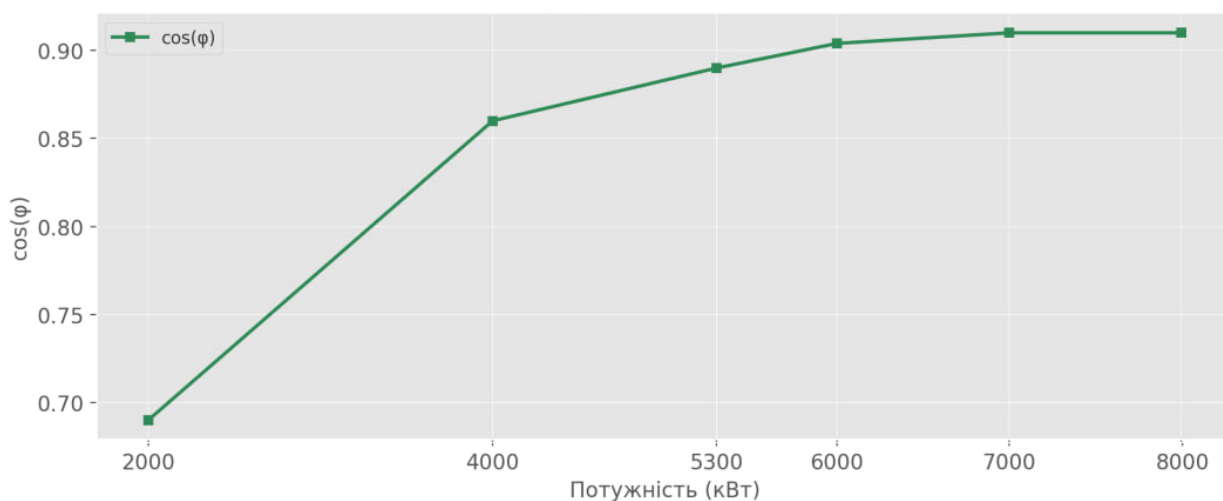


Рисунок 4.2 – Залежність коефіцієнт потужності від потужності

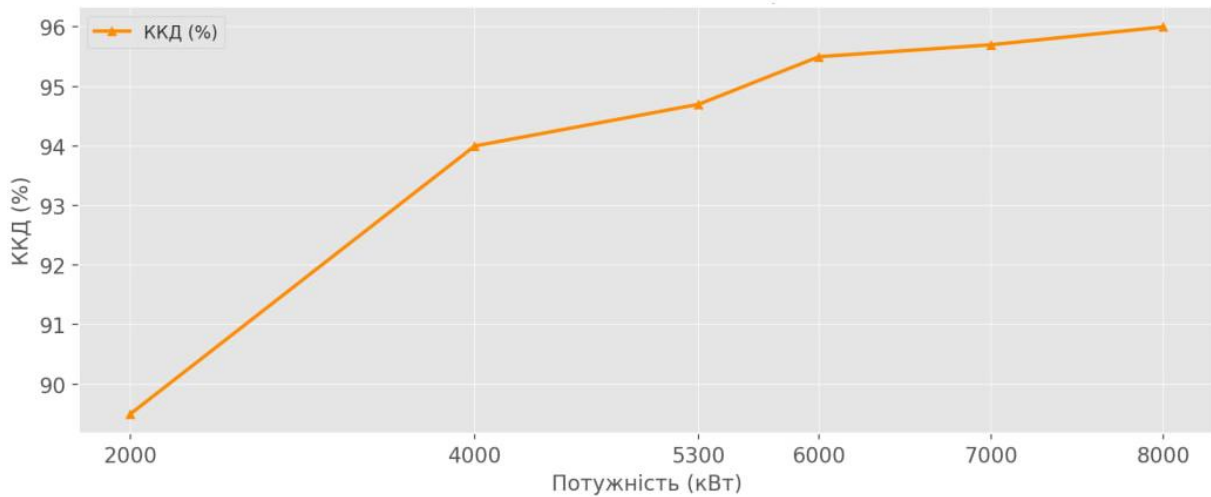


Рисунок 4.3 – Залежність ККД від потужності

4.2 Диференційний захист двигунів від міжфазних к.з.

4.2.1 Диференційний захист з реле серії РНТ

Розрахунок струму небалансу:

$$I_{\text{нб}} = k_{\text{одн}} \cdot e \cdot k_{\text{ап}} \cdot I_{\text{д.ном}}; \quad (4.1)$$

$$I_{\text{нб}} = 1 \cdot 0,1 \cdot 1 \cdot 880 = 88 \text{ (A)}.$$

де $k_{\text{ап}} = 1$ – враховує вплив аперіодичної складової для реле серії РНТ. Коефіцієнт однотипності; $k_{\text{одн}} = 0,5, 1$ – приймає значення 0, 0,5 або 1 – відповідно для однотипних або різнотипних трансформаторів струму. У практиці побудови диференційного захисту електродвигунів зазвичай використовують різнотипні трансформатори струму, тому приймають $k_{\text{одн}} = 1$; $e = 0,1$ – Відносна похибка трансформаторів струму становить; $I_{\text{д.ном}}$ – це номінальний струм двигуна.

Струм спрацювання реле:

$$I_{c.p} = k_{\text{від}} \cdot I_{\text{нб}}; \quad (4.2)$$

$$I_{c.p} = 1,8 \cdot 88 = 158,4 (A).$$

де коефіцієнт відведення $k_{\text{від}}$ становить 1,8 – 2; $I_{\text{нб}}$ – струм небалансу, виникає внаслідок похибок та різнотипності трансформаторів струму, а також під впливом аперіодичної та періодичної складових струму, які з'являються під час пуску двигуна.

Розрахунок кількості витків:

$$w_{\text{диф.розр}} = \frac{100}{I_{c.p}}; \quad (4.3)$$

$$w_{\text{диф.розр}} = \frac{100}{158,4} \approx 0,631 (\text{вит}).$$

$$w_{\text{диф}} = 1 (\text{вит}).$$

Струм спрацювання:

$$k_{TA} = \frac{1000}{5} = 200 (A).$$

$$I_{c.з} = \frac{100 \cdot k_{TA}}{w_{\text{диф}} \cdot k_{\text{сх}}^{(3)}}; \quad (4.4)$$

$$I_{c.з} = \frac{100 \cdot 200}{1 \cdot 1} = 20000 (A).$$

Перевірка чутливості:

$$k_u = \frac{I_{\text{к.з.мін}}^{(2)}}{I_{\text{с.з}}}; \quad (4.5)$$

$$k_u = \frac{1760}{20000} = 0.088 \leq 2.$$

$k_u \leq 2$ умова не сходиться, захист не є чутливим продовжимо розрахунок іншого реле.

4.2.2 Диференційний захист з реле серії ДЗТ

Розрахуємо кількість витків:

$$I_\Gamma = k_{\text{пуск}} \cdot I_{\text{Д.ном}}; \quad (4.6)$$

$$I_\Gamma = 7 \cdot 880 = 6160 \text{ (A)}.$$

$$I_{\text{нб}} = I_{\text{нб}^*} \cdot I_\Gamma; \quad (4.7)$$

$$I_{\text{нб}} = 0.30 \cdot 6160 = 1848 \text{ (A)}.$$

$$w_{\text{диф.розр}} = \frac{9.6 \cdot I_\Gamma}{I_{\text{нб}}}; \quad (4.8)$$

$$w_{\text{диф.розр}} = \frac{9.6 \cdot 6160}{1848} \approx 32.0 \text{ (вит.)}.$$

$$w_{\text{диф}} = 32 \text{ (вит.)}.$$

де $I_{\text{нб}}$ – струм не балансу; $I_{\text{нб}^*}$ – струм не балансу від схеми з'єднань; I_Γ – струм в гальмівній обмотці; $w_{\text{диф}}$ – кількість витків в диференційній обмотці.

Ммагніторушійна сила диференційної обмотки реле:

$$F_{\text{диф}}^{(2)} = \frac{I_{\text{к.з.мін}}^{(2)} \cdot k_{\text{сх}}^{(3)}}{k_{\text{ТА}}} \cdot w_{\text{диф}}; \quad (4.9)$$

$$F_{\text{диф}}^{(2)} = \frac{1760 \cdot 1}{200} \cdot 32 = 281.6 \text{ (A)}.$$

де $F_{\text{диф}}^{(2)}$ – мінімальне значення фазного струму в обмотці статора двигуна при двофазному короткому замиканні на його виводах; $k_{\text{сх}}^{(3)} = 1$ – коефіцієнт, що враховує схему з'єднання вторинних обмоток трансформаторів струму на стороні живлення двигуна; $k_{\text{ТА}}$ – коефіцієнт трансформації трансформаторів струму, встановлених на стороні живлення; $w_{\text{диф}}$ – кількість витків у диференційній обмотці.

Коефіцієнт чутливості:

$$F_{\text{с.р}} = 100 \text{ (A)}.$$

$$k_{\text{ч}} = \frac{F_{\text{диф}}^{(2)}}{F_{\text{с.р}}}; \quad (4.10)$$

$$k_{\text{ч}} = \frac{281.6}{100} = 2.82 \geq 2.$$

Цей варіант є найкращий зі всіх варіантів чутливості ДЗТ, які наведені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Порівняння чутливості реле ДЗТ для різних схем з'єднання

Схема з'єднання	$I_{\text{нб}^*}$	$w_{\text{диф}}$	$F_{\text{диф}}^{(2)}$	$k_{\text{ч}}$
Неповна зірка – трикутник	0.45	22	193.6	1.94
Зірка – трикутник	0.32	28	246.4	2.46
Неповна зірка – неповна зірка	0.34	27	237.6	2.38
Зірка – зірка	0.30	32	281.6	2.82

Побудуємо графік чутливості для різних схем з'єднань рисунок 4.4.

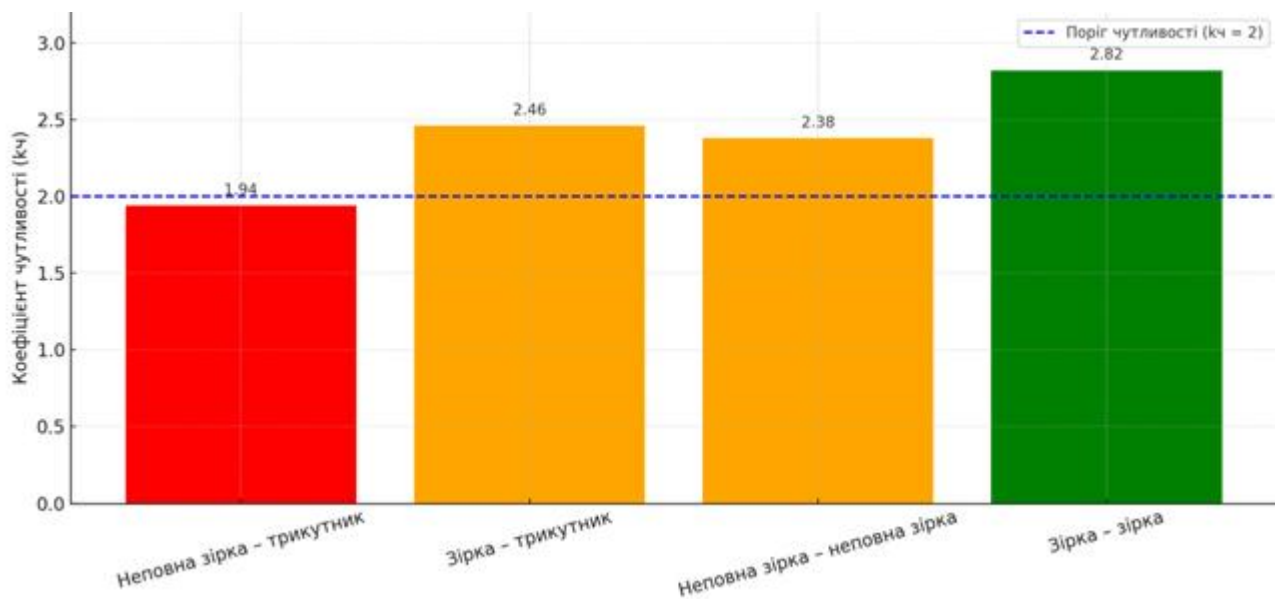


Рисунок 4.4 – Порівняння коефіцієнтів чутливості $k_{\text{ч}}$ для схем реле ДЗТ

З рисунка 4.4 видно, що найбільш ефективна схема для цього типу двигуна і реле зірка – зірка.

4.2.3 Диференційний захист з реле РСТ-15

Для розрахунку реле РСТ-15 використаємо таблицю 4.4.

Таблиця 4.4 – Уставки спрацювання реле РСТ-15

Струм спрацювання реле $I_{\text{с.р}}$, А ($w=20$ витків)	2	2,5	3,25	4	4,5	5	6	6,5	9	12
Магніторушійна сила спрацювання реле $F_{\text{с.р}}$, А	40	50	65	80	90	100	120	130	180	240
Коефіцієнт зменшення чутливості реле, k , в.о.	1	1	1	2	1	2	1	2	2	2
Струм спрацювання реле $I_{\text{с.р.*}}$, в.о.	0,4	0,5	0,65	0,4	0,9	0,5	1,2	0,65	0,9	1,2

Первинний струм спрацювання реле:

$$I_{с.р}^{втор} = 4.0 (A).$$

$$I_{с.р}^{перв} = I_{с.р}^{втор} \cdot k_{TA} ; \quad (4.11)$$

$$I_{с.р}^{перв} = 4 \cdot 200 = 800 (A).$$

Коефіцієнт чутливості:

$$k_{ч} = \frac{I_{к.з.мін}^{(2)}}{I_{с.р}^{перв}} ; \quad (4.12)$$

$$k_{ч} = \frac{1760}{800} = 2.20 \geq 2.$$

Кількість витків обмотки:

$$w_{уст} = \frac{F_{с.р}}{I_{с.р}^{втор}} ; \quad (4.13)$$

$$w_{уст} = \frac{80}{4.0} = 20 (вит.).$$

Для наочності розрахуємо всі можливі варіанти ефективності реле в таблиці 4.5.

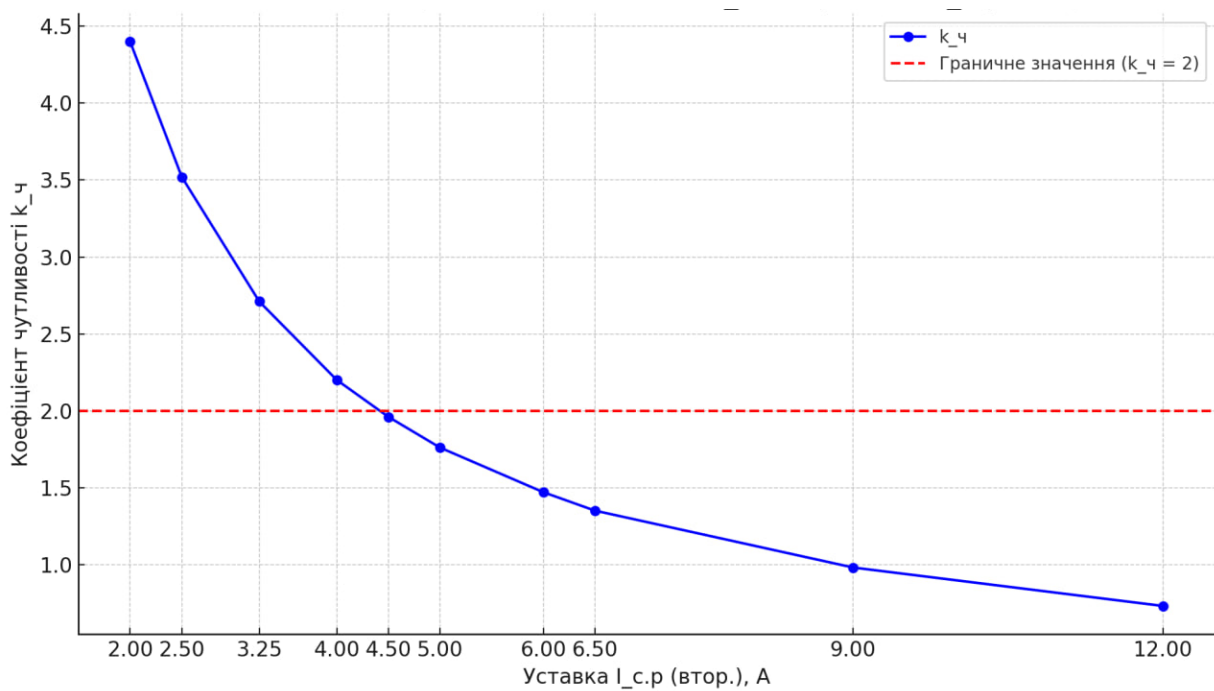
Таблиця 4.5 – Розрахунок параметрів реле РСТ-15

Уставка $I_{с.р}$ (втор.)	$I_{с.р}$ (перв.)	$F_{с.р}$	$k_{ч}$	$w_{уст}$	$k_{ч}$
2.00	400	40	1	20.00	4.40
2.50	500	50	1	20.00	3.52
3.25	650	65	1	20.00	2.71
4.00	800	80	2	20.00	2.20
4.50	900	90	1	20.00	1.96

Продовження таблиці 4.5

Уставка $I_{с.р}$ (втор.)	$I_{с.р}$ (перв.)	$F_{с.р}$	$k_ч$	$w_{уст}$	$k_ч$
5.00	1000	100	2	20.00	1.76
6.00	1200	120	1	20.00	1.47
6.50	1300	130	2	20.00	1.35
9.00	1800	180	2	20.00	0.98
12.00	2400	240	2	20.00	0.73

Побудуємо залежність коефіцієнта чутливості від уставки $I_{с.р}$ (втор.)
 рисунок 4.5.

Рисунок 4.5 – Порівняння коефіцієнтів чутливості $k_ч$ для схем реле РСТ-15

На рисунку 4.5 видно, що при уставках від 2 до 4 умова чутливості виконується, у всіх інших випадках – ні [10].

Висновок до четвертого розділу

У цьому розділі проведено детальний аналіз методів захисту асинхронного двигуна ВАЗ 215/109-6АМ05 від міжфазних коротких замикань. Порівняно ефективність трьох типів диференційного захисту: на базі реле серії РНТ, ДЗТ та РСТ-15.

На основі розрахунків встановлено:

– Захист з реле РНТ не забезпечує необхідну чутливість, що унеможливорює його використання без додаткових заходів.

– Захист з реле ДЗТ демонструє високу ефективність, особливо при схемі з'єднання трансформаторів струму «зірка – зірка» (коефіцієнт чутливості $k_{\text{ч}} \approx 2,82$).

– Захист з реле РСТ-15 є ефективним лише в обмеженому діапазоні уставок (до 4 А), що обмежує його універсальність.

На рисунку 4.5 наведено залежність струму короткого замикання від струму спрацювання реле. З графіка видно, що зі збільшенням струму спрацювання реле коефіцієнт чутливості зменшується.

Таким чином, найбільш доцільним для застосування є диференційний захист із реле ДЗТ зі схемою з'єднання «зірка – зірка», що забезпечує необхідну надійність і чутливість захисту двигуна в умовах експлуатації

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Організація безпечних умов праці в умовах експлуатації та технічного обслуговування релейного та мікропроцесорного захисту (РЗА) 6 кВ на АЕС здійснюється відповідно до вимог Закону України «Про охорону праці», ДСН 3.3.6.042-99.

Умови праці персоналу, який виконує роботи з обслуговування РЗА у виробничих приміщеннях та розподільчих пристроях, відповідають непостійному робочому місцю. Таке робоче місце визначається як те, на якому працівник перебуває менше половини тривалості робочого дня або епізодично, що характерно для обхідників та електромонтерів РЗА.

Згідно з Гігієнічною класифікацією праці за показниками шкідливості та небезпечності умов праці (ДСН 3.3.6.042-99), умови класифікуються за такими групами факторів:

1. Фізичні фактори:

- Мікроклімат (температура повітря, вологість, швидкість руху повітря у РУ-6 кВ, кабельних тунелях);
- Рівень шуму (від трансформаторів, вентиляції);
- Штучне освітлення;
- Електромагнітні поля, вібрації (під час використання ручного інструменту).

2. Хімічні фактори:

- Пари технічних розчинників та лаків (обслуговування плат, шаф РЗА);
- Пил у кабельних приміщеннях.

3. Психофізіологічні фактори:

- Фізичні навантаження при переміщенні між поверхами;
- Підвищена зорово-нервова напруга під час налагодження.

У подальших підрозділах розглядаються вимоги до технічної безпеки, електробезпеки, мікроклімату, складу повітря робочої зони, вибору ЗІЗ, а також пожежної безпеки на об'єктах АЕС.

5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта

5.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

Під час технічного обслуговування, перевірки та випробування пристроїв релейного та мікропроцесорного захисту (РЗА) у електроустановках напругою 6 кВ необхідно суворо дотримуватись комплексу організаційних і технічних заходів безпеки. Це особливо важливо на об'єктах атомної енергетики, де високі вимоги до надійності та безпеки роботи персоналу.

Перед початком робіт слід виконати такі підготовчі заходи:

- знеструмити обладнання, відключивши відповідні кола живлення;
- становити заземлення у відповідних комірках (КРУ), в яких будуть проводитись роботи;
- вивісити плакати безпеки «Не вмикати! Працюють люди» на рубильниках, ключах керування, клемниках, а також на ручках дверей шаф;
- перевірити відсутність напруги на струмовідних частинах з використанням індикаторів напруги, дозволених до застосування в енергоустановках.

Після цього допускається демонтаж чи підключення релейного захисту, виконання налаштувань, тестування та інші операції.

У разі виконання робіт у діючому електричному щиті чи шафі із мікропроцесорними пристроями захисту слід:

- переконатися, що всі струмовідні частини відключено, заземлено та закрито екранами;
- використовувати діелектричні килимки, інструмент із ізольованими ручками та засоби індивідуального захисту (діелектричні рукавички, окуляри, каски);
- забороняється торкатися живих частин та виконувати підключення при наявності напруги або струму навантаження;

– під час перевірок та випробувань мікропроцесорних пристроїв необхідно використовувати спеціальні тестові пристрої (омметри, струмовипробувачі, релейні стенди) та уникати контакту з елементами, що перебувають під напругою.

У приміщеннях РУ, де встановлено шафи РЗА, необхідно дотримуватись вимог до мікроклімату, забезпечити вентиляцію та наявність аварійного освітлення. При зниженні освітленості нижче допустимих норм роботи слід припинити до відновлення належного рівня світла.

Під час виконання робіт на ПЛ або КЛ, які під'єднані до захищеного обладнання:

- забороняється встановлювати або знімати візки з вимикачами в контрольне положення, якщо не встановлено заземлення;
- вимикач може бути переведений у контрольне положення лише при відсутності персоналу на трасі лінії або за наявності нарядного дозволу з вказівками щодо безпеки.

Особливу увагу слід приділяти роботі з джерелами вторинної напруги (трансформатори струму і напруги), оскільки їх неправильне підключення або коротке замикання вторинного кола може спричинити небезпечне перенапруження або ураження електрострумом. Перед роз'єднанням вторинного кола трансформатора струму необхідно:

- замкнути ланцюг через шунтуючий перемикач;
- перевірити наявність опору розімкнутій частині ланцюга;
- заборонено виконувати ці дії без попереднього узгодження з оперативним персоналом.

Під час роботи з пристроями захисту, що містять вбудовані джерела постійного струму (наприклад, живлення мікропроцесорних пристроїв від АКБ), необхідно переконатися у відключенні відповідного автомату та відсутності напруги на клеммах живлення.

Усі роботи виконуються виключно за нарядом-допуском або розпорядженням, з призначенням відповідальної особи за безпечне проведення

робіт. Працівники мають пройти інструктаж та перевірку знань з охорони праці та електробезпеки відповідної групи [11-14].

5.1.2 Електробезпека

Основні технічні рішення щодо запобігання електротравмам під час обслуговування систем релейного та мікропроцесорного захисту 6 кВ на АЕС включають:

- виконання технічних заходів під час підготовки робочого місця;
- застосування електрозахисних засобів при виконанні робіт на електроустановках.

1) Підготовка робочого місця для робіт, пов'язаних із зняттям напруги, виконується в такій послідовності:

- здійснити вимкнення відповідного обладнання із забезпеченням заходів проти повторного або помилкового ввімкнення комутаційної апаратури;
- встановити заборонні плакати на ручних приводах і ключах дистанційного керування;
- у разі потреби, огородити відкриті струмопровідні частини, що залишилися під напругою;
- перевірити відсутність напруги на струмопровідних частинах, до яких буде підключене переносне заземлення;
- приєднати переносні заземлення до заземлювального контуру, а потім – до знеструмлених струмопровідних частин;
- встановити плакати «Заземлено» на приводи вимикачів та інші апарати;
- у разі необхідності – додатково огородити робоче місце, якщо поруч залишаються елементи під напругою, та вивісити відповідні попереджувальні знаки безпеки.

2) Під час технічного обслуговування та ремонту пристроїв РЗА необхідно використовувати засоби захисту від ураження електричним струмом, дії

електричного та електромагнітного полів, а також засоби індивідуального та колективного захисту.

Ізолювальні електрозахисні засоби поділяються на:

Основні, які застосовуються в електроустановках напругою понад 1000 В:

- ізолювальні штанги (оперативні, вимірювальні);
- показчики напруги (контактні і безконтактні);
- ізолювальні кліщі та електровимірювальні прилади;
- пристрої для фазування, сигналізатори напруги;
- переносні заземлення.

Додаткові:

- діелектричні рукавички та взуття;
- діелектричні килимки, ізолювальні підставки;
- захисні щити, ширми, огороження;
- ізолювальні накладки та ковпаки;
- плакати безпеки, сигнальні знаки.

Крім того, обов'язковими є засоби індивідуального захисту (ЗІЗ):

- захисні каски – для запобігання травмам голови;
- захисні окуляри або щитки – для очей і обличчя;
- респіратори – у випадку появи парів та пилу;
- рукавиці та комбінезони – для захисту шкіри;
- запобіжні пояси та страхувальні канати – під час роботи на висоті або в колодязях.

Вибір електрозахисних засобів та ЗІЗ здійснюється згідно з чинними нормативними документами та з урахуванням конкретних умов експлуатації. В разі застосування основних засобів захисту обов'язкове використання щонайменше одного додаткового. Для захисту від напруги кроку допускається використання діелектричного взуття без основних засобів.

5.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

5.2.1 Мікроклімат

Нормуються параметри мікроклімату у виробничих приміщеннях, а також гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони. Умови мікроклімату мають суттєвий вплив на самопочуття працівників, які обслуговують пристрої релейного та мікропроцесорного захисту. Згідно з чинними нормативами, тяжкість праці електротехнічного персоналу, що виконує роботи середньої інтенсивності з переважним розумовим навантаженням, відноситься до категорії Пб. Параметри мікроклімату в приміщенні наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Нормування параметрів мікроклімату на непостійних робочих місцях

Період року	Категорія робіт	Температура, °C			Відносна вологість		Швидкість руху повітря, м/с	
		Оптимальна	Допустима на робочих місцях		Оптимальна	Допустима на постійних та непостійних робочих місцях	Оптимальна	Допустима на постійних та непостійних робочих місцях
			постійних	непостійних				
Холодний	Середньої важкості Па	18-20	17-23	15-24	40-60	не більш 75	0,2	не більш 0,3
	Середньої важкості Пб	17-19	15-21	13-23			0,2	не більш 0,4

Для забезпечення відповідного мікроклімату в приміщеннях щитів РЗА та серверних, де розміщуються мікропроцесорні пристрої захисту і автоматики, передбачаються такі технічні рішення:

– у холодний період року – централізоване опалення або локальні системи обігріву (наприклад, електричні конвектори, калорифери);

Підтримка оптимального мікроклімату необхідна не лише для безпечної та ефективної роботи персоналу, а й для стабільного функціонування мікропроцесорних пристроїв, які мають обмеження щодо температурного режиму експлуатації.

5.2.2 Склад повітря робочої зони

Якість повітря на робочому місці безпосередньо впливає на самопочуття, працездатність і здоров'я персоналу. У виробничих приміщеннях повітря може містити шкідливі домішки – пил, гази, пари хімічних речовин, які при перевищенні допустимих норм можуть становити загрозу для працівників.

Для контролю безпеки повітряного середовища встановлені гранично допустимі концентрації (ГДК) шкідливих речовин, які виражаються в міліграмах речовини на кубічний метр повітря (мг/м³). У разі роботи в умовах, де можливе утворення пилу або виділення токсичних газів, ці значення мають суворо контролюватися [15-17].

Типовими забруднювачами повітря робочої зони при обслуговуванні електроустановок можуть бути вуглецю оксид (СО) та пил нетоксичний, наприклад, від зношення обладнання або при свердлінні, шліфуванні тощо. Їх допустимі концентрації наведено в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Вуглецю оксид (СО)	3	1	4
Озон	0,5	0,15	4
Формальдегід	0,035	0,003	2
Сірководень (H ₂ S)	0,008	0,008	2
Ацетон	0,35	0,35	4

5.2.3 Виробниче освітлення

Освітлення робочого місця є важливим фактором забезпечення безпечних і комфортних умов праці персоналу, який здійснює обслуговування пристроїв релейного та мікропроцесорного захисту. Недостатня або неправильно організована освітленість може призвести до втоми зору, зниження уваги та підвищення ризику аварійних ситуацій [18-20]. Умови освітлення регламентуються при штучному, природному та суміщеному освітленні, як наведено в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Вимоги до освітлення виробничих приміщень

Харак-ка зорової роботи	Найменши й або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Під-розряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Характеристика фону	Штучне при системі комбінованого освітлення		Природн є Ен пр	Сумісне Е сум
						всього	у т. ч. від загально го		
Середнь ої точності	Від 0,5 до 1,0 включно	IV	в	малий	світлий	400	200	4	2,4

5.2.4 Виробничий шум

Робота персоналу, який обслуговує системи релейного та мікропроцесорного захисту, зазвичай проходить у службових або технічних приміщеннях, де рівень шуму відносно невисокий. Проте, у деяких випадках у суміжних приміщеннях може працювати силове обладнання – трансформатори, вимикачі, вентиляційні установки тощо. Таке обладнання здатне створювати шум, який впливає на умови праці персоналу.

Допустимі рівні шуму регламентуються чинними гігієнічними нормативами, зокрема Державними санітарними нормами допустимих рівнів шуму в робочій зоні (ДСН 3.3.6.037-99). Для постійних робочих місць у

виробничих приміщеннях встановлено гранично допустимі рівні звукового тиску, наведені в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Рівень звукового тиску

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах з середньо геометричними частотами, Гц									Рівні шуму та еквів. рівні шуму, дБА, дБАекв.
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
3. Робота, яка виконується з часто отримуваними вказівками та акустичними сигналами;	96	83	74	68	63	60	57	55	54	65

Якщо фактичні рівні шуму перевищують допустимі, необхідно вживати заходів для його зниження. Методи поділяються на колективні та індивідуальні.

До колективних засобів боротьби з шумом належать:

- застосування звукоізолюючих матеріалів на стінах, стелі та перегородках (наприклад, акустичні панелі або мінеральна вата);
- використання поглинаючих екранів або шумозахисних кожухів навколо джерел шуму;
- монтаж малошумного вентиляційного обладнання з антивібраційними вставками;
- правильне розташування робочих місць – подалі від гучного обладнання.

Індивідуальні засоби захисту слуху:

- проти шумні навушники або вкладиші, які знижують рівень шуму до безпечного;
- їх застосування є обов'язковим у разі перевищення нормативів і неможливості знизити шум іншими способами.

Також важливо проводити регулярні вимірювання шуму спеціальними приладами (наприклад, шумомірами), особливо у тих приміщеннях, де встановлено енергоємне обладнання.

5.2.6 Виробничі випромінювання

Під час обслуговування мікропроцесорних систем релейного захисту і автоматики на АЕС працівники можуть зазнавати впливу електромагнітного випромінювання. Таке випромінювання виникає внаслідок роботи електронного обладнання, до якого належать:

- блоки живлення та цифрові модулі РЗА;
- прилади зв'язку та передачі даних;
- мікропроцесорні контролери та перетворювачі сигналів;
- високочастотне обладнання (у разі наявності – радіо засоби, аварійні передавачі, тощо).

Ці джерела можуть створювати електромагнітні поля (ЕМП) у широкому діапазоні частот – від кількох десятків кілогерц до гігагерц. Якщо їхній вплив перевищує допустимі норми, це може мати негативний вплив на здоров'я.

В Україні рівень електромагнітного випромінювання на робочих місцях регламентується ДСНіП 3.3.6.096-2002 «Державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів». У документі наведені допустимі рівні ЕМП залежно від частотного діапазону.

5.3 Технічні рішення з пожежної безпеки

Пожежна безпека є одним із ключових елементів охорони праці на об'єктах енергетики, зокрема в умовах експлуатації обладнання систем релейного та мікропроцесорного захисту. Її регламентують чинні норми ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва» та Типові правила пожежної безпеки для енергетичних підприємств.

Приміщення, у яких розміщено обладнання РЗА на АЕС, згідно з класифікацією за вибухо та пожежонебезпекою, відносяться до категорії Д – тобто до приміщень, у яких зберігаються або експлуатуються негорючі речовини і матеріали в холодному стані. Водночас, можливе накопичення пилу, кабельні

трасування та наявність електроустаткування створюють потенційну пожежну небезпеку, тому вживаються превентивні заходи.

Будівлі, де розташовані щитові з обладнанням релейного захисту, мають II ступінь вогнестійкості. Це означає, що основні несучі конструкції – із залізобетону або природних кам'яних матеріалів, а внутрішнє оздоблення – з негорючих матеріалів. Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвиликах) та максимальні межі поширення вогню по них (см) за ДБН В.1.1.7-2002 наведено в таблиці 5.6.

Протипожежні перешкоди і мінімальні межі їх вогнестійкості за ДБН В.1.1.7-2016 наведено в таблиці 5.7.

Таблиця 5.6 – Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій та максимальні межі поширення вогню по них

Ступінь вогнестійкості будинків	Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвиликах) і максимальні межі поширення вогню по них (см)								
	стіни				коло-ни	сходові площад-ки, костури, сходи, балки, марші сходових кліток	пере-криття між по-верхові (у т.ч. горищні та над підва-лами	елементи суміщених покриттів	
	несучі та сходових кліток	само-несучі	зовнішні не-несучі	внутрішні не-несучі (перегородки				пли-ти, насти-ли, прого-ни	балки, ферми, арки, рами
II	REI 120 M0	REI 60 M0	E 15 M0	EI 15 M0	R 120 M0	R 60 M0	REI 45 M0	RE 15 M0	R 30 M0

Таблиця 5.7 – Протипожежні перешкоди та мінімальні межі їх вогнестійкості

Протипожежні перешкоди	Типи проти-пожежних перешкод або їх елементів	Мінімальна межа вогнестійкості протипожежної перешкоди (у хвиликах)	Тип заповнення прорізів, не нижче	Тип протипожежного тамбур-шлюзу, не нижче
Стіни	2	REI 60	2	1
Перегородки	2	EI 15	3	2
Перекриття	2	REI 60	2	1

Протипожежні відстані між житловими, громадськими, адміністративно побутовими будинками промислових підприємств, гаражами слід приймати за таблицею 5.8.

Таблиця 5.8 – Протипожежні відстані

Ступінь вогнестійкості будинку	Відстані при ступені вогнестійкості будинків, м		
	I, II	III	IIIa, IIIб, IV, IVa, V
I, II	6/9	8/9	10/12

На території виробничої будівлі встановлено 5 вогнегасників ВП-5.

Забезпечення пожежної безпеки в приміщеннях, де обслуговується система релейного та мікропроцесорного захисту, є важливою складовою загальної безпеки виробництва. Урахування категорії приміщення за пожежною небезпекою, вибір будівельних конструкцій з відповідною вогнестійкістю, дотримання вимог до евакуації, наявність засобів виявлення та гасіння пожеж – усе це дозволяє ефективно запобігати загрозам для персоналу, обладнання та довкілля [21-26].

Висновок до п'ятого розділу

У розділі охорони праці розглянуто умови роботи персоналу при обслуговуванні систем релейного та мікропроцесорного захисту. Визначено шкідливі й небезпечні фактори, наведено технічні та організаційні заходи щодо безпеки. Особливу увагу приділено мікроклімату, якості повітря, електробезпеці, освітленню та пожежній безпеці відповідно до чинних нормативів.

ВИСНОВОК

Атомна електростанція є важливим стратегічним об'єктом енергетичної інфраструктури України. Її значення зростає в умовах постійної потреби в стабільному електропостачанні як в межах країни, так і в контексті можливого експорту електроенергії до Європи.

У першому розділі розглядається система електропостачання власних потреб АЕС, яка забезпечує безперебійну роботу обладнання енергоблока в усіх режимах. Її схема спроектована з урахуванням резервування і вимог безпеки, що підвищує надійність роботи всієї станції.

У другому розділі розглянуто релейний та мікропроцесорний захист мереж 6 кВ ВП АЕС, зокрема захист секційних вимикачів, електродвигунів і трансформаторів.

У третьому розділі детально розглянуто мікропроцесорний пристрій релейного захисту «Діамант».

В четвертому розділі детальний аналіз методів захисту асинхронного двигуна ВА3 215/109-6АМ05 від міжфазних коротких замикань. Порівняно ефективність трьох типів диференційного захисту: на базі реле серії РНТ, ДЗТ та РСТ-15.

У п'ятому розділі було розглянуто питання охорони праці, а саме: технічні рішення з безпечної організації обслуговування пристроїв релейного та мікропроцесорного захисту, електробезпеку, мікроклімат непостійного робочого місця, склад повітря робочої зони, рівні шуму, вібрації та електромагнітного випромінювання, пожежну безпеку із зазначенням типу вогнегасників і нормативних протипожежних відстаней, а також виробниче освітлення.

Загалом, впровадження та правильна експлуатація сучасних систем релейного та мікропроцесорного захисту на АЕС є запорукою не лише стабільної роботи енергоблоків, а й безпеки персоналу, населення та навколишнього середовища.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Правила безпечної експлуатації електроустановок (НПАОП 40.1-1.01-97).
2. Трансформатори силові. Типова інструкція з експлуатації (СОУ 40.1-21677681-07:2009).
3. О. Є. Рубаненко, М. П. Лабзун, М. О. Грищук, «Визначення дефектів трансформаторного обладнання з використанням частотних діагностичних параметрів,» Вісник Нац. техн. ун-ту "ХПІ", зб. наук. пр. Сер.: Нові рішення в сучасних технологіях, № 23, с. 41-46, 2017.
4. Високовольтні вводи напругою від 110 кВ до 750 кВ. Типова інструкція з експлуатації (СОУ 40.1-21677681-06:2009).
5. Загальні положення безпеки атомних станцій (НП 306.2.245-2024).
6. Правила безпечної експлуатації електроустановок (НПАОП.40.1-1.01-97).
7. Технічне обслуговування мікропроцесорних пристроїв релейного захисту, протиаварійної автоматики, електроавтоматики, дистанційного керування та сигналізації електростанцій та підстанцій 0,4 кВ до 750 кВ (СОУ-Н ЕЕ 35.514:2007).
8. Пограничний Б. П., Рубаненко О. Є., Химич В. В. Захист ліній 6 кВ власних потреб АЕС від подвійних замкнень. *Матеріали LIV науково-технічної конференції підрозділів Вінницького національного технічного університету (НТКП ВНТУ–2025)* : опубліковані доповіді [Електронний ресурс]. – Вінниця : ВНТУ, 2025. С. 1-5. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-feeem/all-feeem-2025/paper/view/23334>.
9. М РЗА «Діамант». URL: <https://www.hartron-incor.com.ua/>
10. Кідиба В. П. Релейний захист електроенергетичних систем: навч. посібник / в. п. Кідиба. – Львів; Видавництво Львівської політехніки, 2015. – 504 с.
11. ДСТУ EN 50110-1:2019 «Експлуатація електроустановок».

12. ДСТУ 7235:2011 «Системи електропостачання. Загальні вимоги безпеки».
13. НПАОП 40.1-1.21-98. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів (2029).
14. НПАОП 0.00-4.12-05 Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці.
15. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.
16. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.
17. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>.
18. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>.
19. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885.
20. ДСТУ EN 61439-1:2016 Устаткування розподілення та керування комплектне низьковольтне.
21. НАПБА.01.001-14. Правила пожежної безпеки в Україні. К. : МВС України, 2014. 47 с.
22. НАПБ А.01.001-14. Правила пожежної безпеки в Україні. К. : МВС України, 2014. 47 с.
23. ДСТУ 8829:2019 Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація. URL: <https://www.alutal.com.ua/wp-content/uploads/2021/02/dstu-8829-2019-1.pdf>.
24. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_36/5-1-0-1759.

25. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. URL: http://www.poliplast.ua/doc/dbn_v.1.1-7-2002.pdf.

26. ДБН В.2.2-28:2018 «Будинки і споруди. Будівлі енергетики».

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ НАВЧАЛЬНОЇ (КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ) РОБОТИ

Назва роботи: «Захист мереж 6 кВ власних потреб атомних електричних станцій»

Тип роботи: Бакалаврська кваліфікаційна робота

(кваліфікаційна робота, курсовий проект (робота), реферат, аналітичний огляд, інше (зазначити))

Підрозділ: Кафедра електричних станцій та систем

(кафедра, факультет (інститут), навчальна група)

Керівник: завідувач кафедри ЕСС д.т.н., професор Комар В. О.

(прізвище, ініціали, посада)

Показники звіту подібності

StrikePlagiarism	
Оригінальність	94,5
Загальна схожість	5,5

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне)

- ☐ Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- ☐ Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її автора. Роботу направити на доопрацювання.
- ☐ Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Заявляю, що ознайомлений (-на) з повним звітом подібності, який був згенерований Системою щодо роботи

Автор Хи
(підпис)

Химич В. В.
(прізвище, ініціали)

Опис прийнятого рішення

Робота допущена до захисту

Особа, відповідальна за перевірку

(підпис)

Вишневський С. Я
(прізвище, ініціали)

Експерт

(за потреби)

(підпис)

(прізвище, ініціали, посада)

ДОДАТОК Б
ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

**ЗАХИСТ МЕРЕЖ 6 КВ ВЛАСНИХ ПОТРЕБ АТОМНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ
СТАНЦІЙ**

Мета та задачі роботи

Метою роботи є дослідження особливостей функціонування систем релейного та мікропроцесорного захисту обладнання власних потреб АЕС для забезпечення його надійної та безперебійної роботи.



У відповідності із поставленою метою, в роботі роз'яснюються наступні **основні задачі**:

1. Розглянути різновиди захистів власних потреб.
2. Визначити первинний струм спрацювання реле РСТ -15.
3. Проаналізувати роботу релейного захисту.
4. Виконати розрахунок чутливості захисту.

Актуальність, об'єкт, предмет та апробація

Атомні електричні станції (АЕС) відіграють значну роль у покритті дефіциту електричних потужностей в Україні.

Це дуже складний і відповідальний процес, тому для забезпечення надійної та безперебійної роботи АЕС необхідно, щоб релейний та мікропроцесорний захист забезпечував стабільну роботу обладнання власних потреб (ВП). Це обладнання повинно не лише забезпечувати нормальному, аварійному та після аварійному режимі.

Об'єктом дослідження даної роботи є релейний та мікропроцесорний захист власних потреб АЕС.

Предметом досліджень є власні потреби АЕС.

Апробація. Матеріали бакалаврської роботи доповідалися на конференціях ВНТУ: *LIV науково-технічної конференції підрозділів Вінницького національного технічного університету (НТКП ВНТУ–2025)* : опубліковані доповіді [Електронний ресурс]. – Вінниця : ВНТУ, 2025. С. 1-5. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-feeem/all-feeem-2025/paper/view/23334>.

Та на конкурсі студентських наукових робіт: Учасникам Конкурсу науково-практичних робіт «Атомна енергетика та промисловість» 2025 р.

Захисти ВП АЕС, що діють на секційні вимикачі 6 кВ 4 ВП

До ліній живлення секцій 6 кВ 2BV, 2BW, 2BX відносяться:

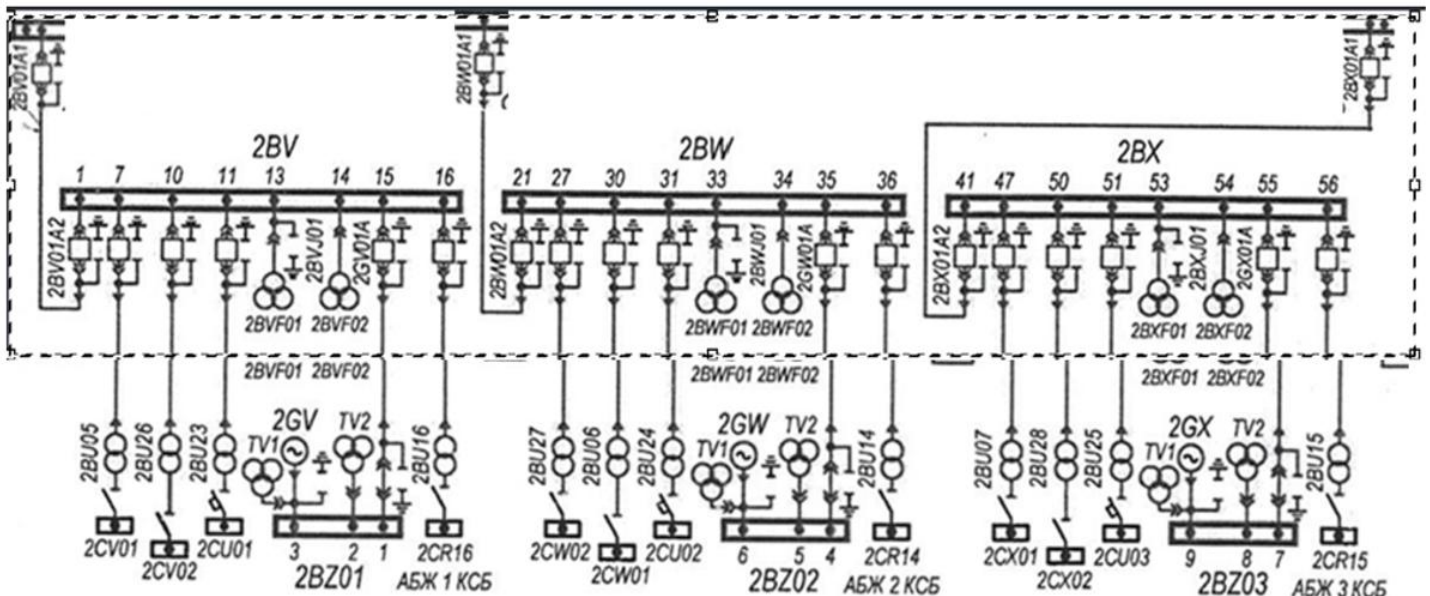
- 1) секційні вимикачі 2BV01A1, 2BW01A1, 2BX01A1;
- 2) секційні вимикачі секцій надійного живлення 2BV01A2, 2BW01A2, 2BX01A2.

Захист секційних вимикачів 2BV01A1, 2BW01A1, 2BX01A1 виконанні на базі М РЗА «Діамант» типу SV01, а саме:

- 1) МСЗ 1 ступінь;
- 2) МСЗ 2 ступінь;
- 3) ЛЗШ;
- 4) дуговий захист шафи і секції;
- 5) захист від замикань на землю (ОЗЗ);



Фрагмент схеми електричних з'єднань власних потреб 6 кВ АЕС 5



Принцип дії першого і другого ступінь МСЗ

6

МСЗ 1 і 2 ступінь (максимальний струмовий захист) – це два рівні захисту, які спрацьовують при перевищенні струму в лініях живлення.

1) Зона дії захисту охоплює кабельну лінію і 6 кВ шини секцій 2BV, 2BW, 2BX. Захист реалізується через трансформатори струму (ТА2а, ТА2с) і пристрій РЗА «Діамант».

2) Як працює захист:

– 1 ступінь спрацьовує при перевищенні струму і через 0,3 с відключає вимикачі живлення (наприклад, 2BV01A1 і 2BV01A2).

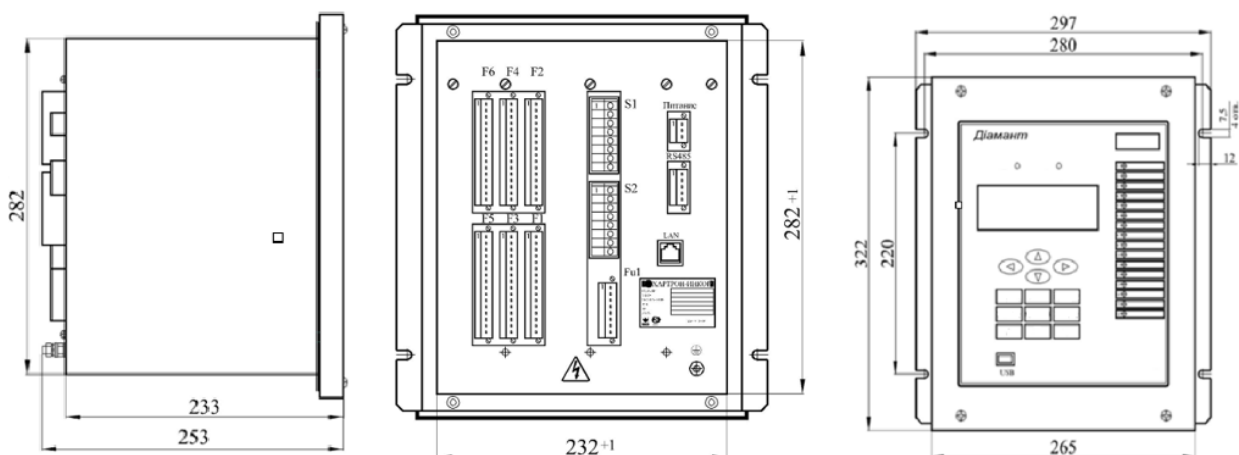
– Якщо 1 ступінь не усуває пошкодження, то через 0,45 с спрацьовує 2 ступінь, яка також відключає ті ж вимикачі.

3) При спрацюванні МСЗ (будь-якого ступеня) формується сигнал блокування для дистанційного захисту введів живлення (щоб вони не спрацювали даремно). Цей сигнал видає М РЗА «Діамант», і його можна заблокувати вручну ключем SAC1, який знаходиться на дверях шафи релейного захисту.

Модуль релейного захист і автоматики «Діамант»

7

М РЗА «Діамант» є сучасним мікропроцесорним пристроєм захисту, контролю та протиаварійної автоматики і являє собою комбінований багатофункціональний пристрій, що поєднує в собі різні функції захисту, автоматики, управління, місцевого та дистанційного керування.



Розрахунок чутливості диференційного захисту асинхронного двигуна на реле РСТ-15

Для розрахунку реле РСТ-15 використаємо таблицю 1.

Таблиця 2 – Номінальні параметри ВА3 215/109-6АМ05

Таблиця 1 – Уставки спрацювання реле РСТ-15

Струм спрацювання реле $I_{с.р.}$, А (w=20 витків)	2	2,5	3,25	4	4,5	5	6	6,5	9	12
Магнітуюча сила спрацювання реле $F_{с.р.}$, А	40	50	65	80	90	100	120	130	180	240
Коефіцієнт зменшення чутливості реле, k , в.о.	1	1	1	2	1	2	1	2	2	2
Струм спрацювання реле $I_{с.р.*}$, в.о.	0,4	0,5	0,65	0,4	0,9	0,5	1,2	0,65	0,9	1,2

№	Основні технічні характеристики	Одиниці вимірювання	Значення
1	Потужність	кВт	8000
2	Номінальна напруга	В	6000
3	Номінальний струм статора	А	880
4	Номінальна частота обертання	Об/хв	1000
5	Номінальний коефіцієнт потужності ($\cos\phi$)	-	0,91
6	Коефіцієнт корисної дії ККД	%	96
7	Частота	Гц	50
8	З'єднання фаз обмотки статора	-	У
9	Клас ізоляції обмотки статора	-	В
10	Напрямок обертання	-	праве
11	Ковзання	%	0,6

Вхідні дані для розрахунку захисту для асинхронного двигуна ВА3 215/109-6АМ05 характеристики наведені в таблиці 2.

Продовження розрахунку захисту

Якщо вторинний струм спрацювання реле буде

$$I_{с.р}^{втор} = 4.0 (A).$$

Кількість витків обмотки:

То первинний струм спрацювання реле буде:

$$w_{уст} = \frac{F_{с.р}}{I_{с.р}^{втор}}; \quad w_{уст} = \frac{80}{4.0} = 20 (витк.).$$

$$I_{с.р}^{перв} = I_{с.р}^{втор} \cdot k_{ТА};$$

$$I_{с.р}^{перв} = 4 \cdot 200 = 800 (A).$$

Первинний якщо вторинний струм спрацювання Коефіцієнт чутливості:

$$k_{ч} = \frac{I_{к.з.мін}^{(2)}}{I_{с.р}^{перв}};$$

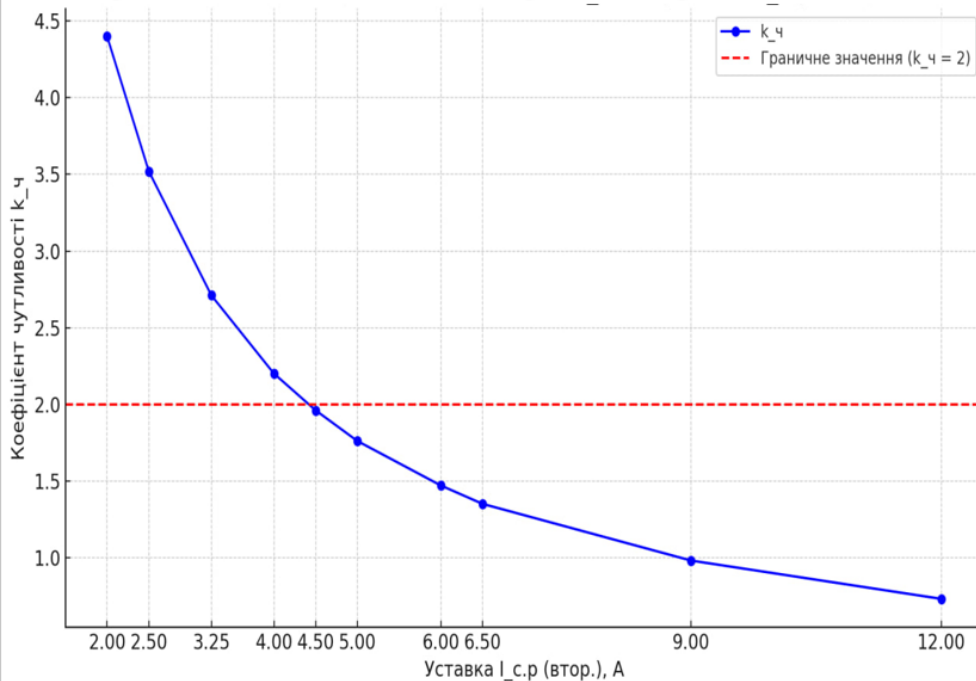
$$k_{ч} = \frac{1760}{800} = 2.20 \geq 2.$$

Таблиця 3 – Параметри реле РСТ-15

Уставка $I_{с.р.}$ (втор.)	$I_{с.р.}$ (перв.)	$F_{с.р.}$	$k_{ч}$	$w_{уст}$	$k_{ч}$
2.00	400	40	1	20.00	4.40
2.50	500	50	1	20.00	3.52
3.25	650	65	1	20.00	2.71
4.00	800	80	2	20.00	2.20
4.50	900	90	1	20.00	1.96
5.00	1000	100	2	20.00	1.76
6.00	1200	120	1	20.00	1.47
6.50	1300	130	2	20.00	1.35
9.00	1800	180	2	20.00	0.98
12.00	2400	240	2	20.00	0.73

Вплив уставки спрацювання реле на коефіцієнт чутливості захисту двигуна ВП

10



Коефіцієнт чутливості зворотно залежить від уставки спрацювання реле РСТ-15. Зростання струму спрацювання реле призводить до зменшення чутливості.

Висновки

11

До захистів власних потреб відносяться: МСЗ-1, МСЗ-2, ЛЗШ, ОЗЗ, а також дуговий захист шафи та секції.

Система захистів шин 6 кВ має два рівні МСЗ-1, МСЗ-2, які захищають шини ВП від перевантаження та короткого замикання. Якщо перший рівень не спрацював то через додатковий проміжок часу (0,45 с) спрацює другий рівень. Одночасно система блокує інші захисти, щоб уникнути помилкового відключення.

Релейний захист потрібен для того, щоб вчасно виявити аварію в мережі ВП та вимкнути пошкоджену ділянку, для того, щоб пошкодження не поширилась на інше обладнання ВП. Надійність ВП залежить від того, наскільки точно налаштовані уставки РЗА та наскільки швидко і правильно спрацює система РЗА. Сучасні пристрої, такі як «Діамант», дозволяють швидко і точно захищати обладнання власних потреб.

Захист з реле РСТ-15 є надійним лише в обмеженому діапазоні уставок (до 4 А), що обмежує його універсальність.