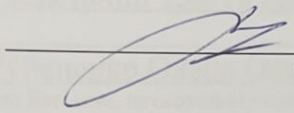


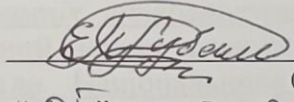
Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра електричних станцій та систем

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на тему:
«РЕЛЕЙНИЙ ЗАХИСТ ПІДСТАНЦІ 150/10 кВ»

Виконав: студент 2-го курсу, групи 2ЕСМ-22м
спеціальності 141 – «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
освітня програма «Електричні системи та
мережі»
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

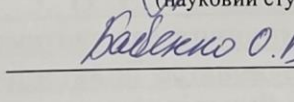
 Хитрук П.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник: д.т.н., доцент, проф. каф. ЕСС
(науковий ступінь, учене звання, посада)

 Рубаненко О.О.
(прізвище та ініціали)

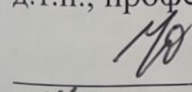
« 05 » 27 грудня 20__ р.

Опонент: д.т.н., доц. каф. ЕССЕМ
(науковий ступінь, учене звання, посада)

 Бабенко О.В.
(прізвище та ініціали)

« 11 » 27 грудня 2023 р.

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


« 04 » 27 грудня 20__ р.

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

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

«18» 09 2023 р.

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Хитрук Павло Вікторович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Релейний захист підстанції 150/10 кВ»

Керівник роботи _____

д.т.н., доцент, проф. каф. ЕСС Рубаненко Олена Олександрівна,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджена наказом ВНТУ від «18» вересня 2023 року № 247

2. Терміни подання студентом роботи _____

3. Вихідні дані до роботи: Перелік літературних джерел за тематикою роботи: 1. Кідиба В.П. Релейний захист електроенергетичних систем – : Підручник. – Львів:Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2015. – 504 с. 2. Тептя В. В., Комар В. О., Лесько В. О., Бурикін О.Б. Релейний захист високовольтних електродвигунів. Ч. 1:електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання – Вінниця: ВНТУ, 2023. – 130 с. 3. О. Є. Рубаненко, О. О. Рубаненко, І. О. Гунько. Релейний захист та автоматика електричних станцій – Вінниця: ВНТУ, 2023. – 125 с. Вихідні дані: На підстанції встановлені два трансформатори Т1 ТА Т2 ТДТН-25000/150/У1. Відкрита розподільний пристрій 150 кВ виконаний за схемою “Два блоки лінія-трансформатор з короткозамикачами та відокремлювачами в колах трансформаторів і неавтоматичною перемичкою з боку лінії пересилань”.

4.Зміст текстової частини Вступ. 1. Дослідження схеми та обладнання підстанції. 2. Розрахунок релейних захистів підстанції 510/10 кВ.

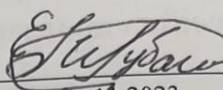
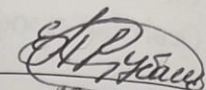
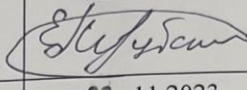
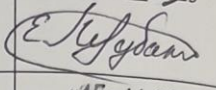
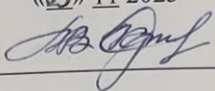
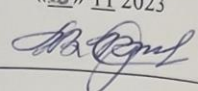
3.Дистанційний захист від усіх видів КЗ та вибір уставок. 4. Економічна частина. 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Висновки.

Список літератури. Додатки.

5.Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Титульний аркуш. 1. Мета та задачі МДР 2. Об'єкт та предмет дослідження 3. Характеристика підстанції та її обладнання 4. Схема підстанції

4. Номінальні параметри трансформатора 5. Параметри мікропроцесорного захисту “Діамант L030” 6. Структурна схема «Діамант L030» 7. Економічні показники 8. Висновки.

6. Консультанти розділів роботи

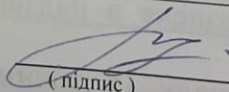
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
Спеціальна частина	Керівник роботи Рубаненко О. О., д.т.н., доцент., проф.. кафедри ЕСС	«01» 09 2023 	«01» 02 2023 
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Кобилянський О. В. д. пед. н., професор кафедри БЖДПБ <i>Рубаненко О.О.</i>	«08» 11 2023 	«15» 11 2023 
Економічна частина	Остра Н. В., к.т.н., доц., доцент кафедри ЕСС	«03» 11 2023 	«15» 11 2023 

7. Дата видачі завдання «01» вересня 2023р.

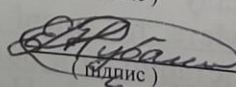
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва та зміст етапів	Термін виконання етапів роботи		При- мітка
		початок	кінець	
1	Розроблення технічного завдання	01.09.2023	07.09.2023	вик
2	Вступ. Огляд літературних джерел	08.09.2023	13.09.2023	вик
3	Виконання аналітичної частини МКР (Дослідження схеми та обладнання підстанції)	13.09.2023	06.10.2023	вик
4	Виконання теоретичної частини МКР (Розрахунок уставок релейних захистів підстанції 150/10 кВ)	07.10.2023	21.10.2023	вик
5	Виконання практичної частини МКР (Вибір параметрів дистанційного захисту ЛЕП)	22.10.2023	02.11.2023	вик
6	Виконання економічної частини (Економічна частина)	03.11.2023	07.11.2023	вик
7	Виконання розділу охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях (Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях)	08.11.2023	15.11.2023	вик
8	Формування висновків по роботі	16.11.2023	18.11.2023	вик
9	Оформлення пояснювальної записки	19.11.2023	22.11.2023	вик
10	Виконання графічної частини та оформлення презентації	23.11.2023	27.11.2023	вик
11	Перевірка МКР на плагіат. Попередній захист МКР	28.11.2023	30.11.2023	вик
12	Опонування МКР			
	Захист МКР	01.12.2023	04.12.2023	вик
II декада грудня (за графіком)				

Студент


(підпис)

Керівник роботи


(підпис)

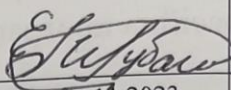
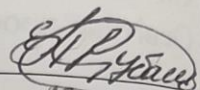
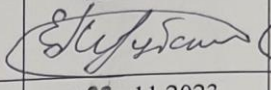
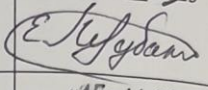
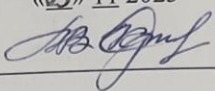
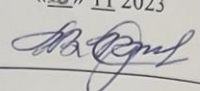
Хитрук П.В.

Рубаненко О.О.

ВСТУП.....	10
1 ДОСЛІДЖЕННЯ СХЕМИ ТА ОБЛАДНАННЯ ПІДСТАНЦІЇ.....	13
1.1 Характеристика підстанції та її складових.	14
1.2 Основне обладнання.....	15
1.3 Обладнання ВРУ – 150 кВ.	15
1.4 Управління та автоматизація.....	19
1.5 Автоматика вимикачів 150 кВ.....	20
1.6 Диференційний захист шин 150 кВ та реле перенапруги.....	22
1.7 Ізоляція, блискавкозахист та заземлення.	22
1.8 Вимірювання параметрів ліній електропередач 150 кВ.	23
1.9 Висновки до першого розділу.	23
2 РОЗРАХУНОК УСТАВОК РЕЛЕЙНИХ ЗАХИСТІВ ПІДСТАНЦІЇ 150/10 кВ	24
2.1 Початкові дані для розрахунку.	24
2.2 Вибір уставок програмного модуля маніпуляції.....	26
2.3 Вибір уставок програмного модуля пуску ВЧ.....	27
2.4 Вибір уставок програмного модуля підготовки вимкнення.....	29
2.5 Перевірка чутливості захисту ДФЗ.....	30
2.6 Налаштування вимкнення ЛЕП за допомогою ДФЗ під час стрибка намагнічування трансформаторів.	33
2.7 Розрахунок уставок резервних захистів у складі терміналу REL650.....	43
2.8 Протиаварійні струмові захисти. Вибір уставок	51
2.9 Висновки до другого розділу	54
3 ВИБІР ПАРАМЕТРІВ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗАХИСТУ ЛЕП.....	55
3.1 Вибір коефіцієнтів компенсації струмів.	55
3.2 Розрахункові режими для вибору уставок дистанційного захисту:	55
Висновки до третього розділу	76
4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	77
4.1 Економічна оцінка ефективності підстанції	77
4.2 Економічне обґрунтування доцільності впровадження релейних захистів..	77
4.3 Економічне обґрунтування впровадження удосконаленої схеми захисту....	80

Висновки до четвертого розділу	82
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	80
5.1 Задачі розділу.....	80
5.2 Аналіз умов праці робіт пов'язаних з монтажем релейного захисту та автоматика.....	Ошибка! Закладка не определена.
5.3 Розробка організаційно-технічних рішень охорони праці при електричному монтажу релейного захисту та автоматика..	Ошибка! Закладка не определена.
5.4 Протипожежний захист приміщення релейного захисту та автоматика	Ошибка! Закладка не определена.
Висновки до п'ятого розділу	94
ВИСНОВКИ	95
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	96
ДОДАТОК А. Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність тестових запозичань	108
ДОДАТОК Б. Технічне завдання МКР	108
ДОДАТОК В. Пристрій “Діамант L030” його призначення та функціональні можливості	100
ДОДАТОК Г. Ілюстративна частина	101

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
Спеціальна частина	Керівник роботи Рубаненко О. О., д.т.н., доцент., проф.. кафедри ЕСС	«01» 09 2023 	«01» 09 2023 
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Кобилянський О. В. д. пед. н., професор кафедри БЖДПБ <i>Рубаненко О.О.</i>	«01» 11 2023 	«15» 11 2023 
Економічна частина	Остра Н. В., к.т.н., доц., доцент кафедри ЕСС	«03» 11 2023 	«15» 11 2023 

7. Дата видачі завдання «01» вересня 2023р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва та зміст етапів	Термін виконання етапів роботи		Примітка
		початок	кінець	
1	Розроблення технічного завдання	01.09.2023	07.09.2023	вик
2	Вступ. Огляд літературних джерел	08.09.2023	13.09.2023	вик
3	Виконання аналітичної частини МКР (Дослідження схеми та обладнання підстанції)	13.09.2023	06.10.2023	вик
4	Виконання теоретичної частини МКР (Розрахунок уставок релеїних захистів підстанції 150/10 кВ)	07.10.2023	21.10.2023	вик
5	Виконання практичної частини МКР (Вибір параметрів дистанційного захисту ЛЕП)	22.10.2023	02.11.2023	вик
6	Виконання економічної частини (Економічна частина)	03.11.2023	07.11.2023	вик
7	Виконання розділу охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях (Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях)	08.11.2023	15.11.2023	вик
8	Формування висновків по роботі	16.11.2023	18.11.2023	вик
9	Оформлення пояснювальної записки	19.11.2023	22.11.2023	вик
10	Виконання графічної частини та оформлення презентації	23.11.2023	27.11.2023	вик
11	Перевірка МКР на плагіат. Попередній захист МКР	28.11.2023	30.11.2023	вик
12	Опонування МКР			
	Захист МКР	01.12.2023	04.12.2023	вик
II декада грудня (за графіком)				

Студент

(підпис)

Керівник роботи

(підпис)

Хитрук П.В.

Рубаненко О.О.

3MICT

АНОТАЦІЯ

Хитрук П. В. «Релейний захист підстанції 150/10 кВ»
Магістерська кваліфікаційна робота – Вінниця: ВНТУ, 2023. – 101 с., табл.: 6,
рис.: 22, бібліогр.: 21.

У магістерській кваліфікаційній роботі приведено схеми та обладнання підстанції. Досліджено роботу пристрою релейного захисту “Діамант L030”.

В розрахунковій частині пораховано уставки релейних захистів ЛЕП 150/10 кВ.

В економічній частині магістерської кваліфікаційної роботи визначено термін окупності заміни електромеханічного захисту лінії 150 кВ на мікропроцесорний захист лінії.

Ключові слова: релейний захист та автоматика, підстанція, електрична мережа, лінія електропередачі.

ANNOTATION

P. V. Khytruk " Relay protection of the 150/10 kV substation". Master's qualification work – Vinnitsa: VNTU, 2023. – 101 p., tabl .: 22, fig. 3, bibliogr .: 21.

In the master's qualification work, schemes and equipment of the underground station were carried out. The operation of the "Diamond L030" relay protection device was investigated.

In the calculation part, the relay protection settings of the 150/10 kV substation were calculated.

In the economic part of the master's qualification work the analysis of the payback period of the microprocessor relay protection of the substation has been carried out.

Key words: relay protection and automatics, substation, electric network, power line.

Скорочення та умовні позначення

КЗ – Коротке замикання

ЛЕП – Лінія електропередач

ЕЕС – Електроенергетична система

ПС – Підстанція

ТВП – Трансформатор власних потреб

ВРУ – Відкрита розподільна установка

ВРП – Відкритий розподільний пристрій

РПН – Регулювання під навантаження

ТН – Трансформатор напруги

ТС – Трансформатор струму

ТУ – Технічний умови

ТС – Технічний стан

МП – Мікропроцесор

ДФЗ – Диференційний захист

РЗА – Релейний захист та автоматика

ПУЕ – Правила улаштування електроустановок

ВСТУП

Актуальність теми. Стабільна робота енергосистеми України є важливою складовою, як і в багатьох сферах життя людини, так і в забезпеченні економічного розвитку країн. В процесі експлуатації ЕЕС в електричних мережах можуть виникати аварійні та особливі режими, які можуть призвести до пошкоджень електричного обладнання підстанцій, наприклад, напругою 150 кВ.

Релейний захист є важливою складовою забезпечення надійності, стабільності та безаварійної роботи ЕЕС. Виявлення та відключення електричних об'єктів під час виникнення пошкоджень, несправності в електромережах дають змогу стабілізувати роботу енергосистеми в короткий термін та запобігти виведенню електрообладнання з роботи.

Під час експлуатації ЕЕС, навантаження в енергосистемі змінюється. Це призводить до збільшення вимог до стійкості, швидкодії, чутливості та надійності, тому дослідження релейного захисту підстанцій 150 кВ є актуальними. Очікується, що врахування результатів таких досліджень дозволить покращити показники надійності електричних підстанцій.

Для забезпечення ефективності захисту першочергово потрібно забезпечити правильний вибір відповідних приладів релейного захисту, розрахунок їх можливостей та правильний їх вибір та експлуатацію. За допомогою релейного захисту відбувається автоматичне визначення особливих та аварійних режимів, вимкнення пошкодженого обладнання, що перешкоджає розповсюдженню пошкодження на суміжне обладнання.

За допомогою підстанцій 150 кВ відбувається розподіл та передача електроенергії, що дає змогу забезпечити стабільну подачу електроенергії до споживачів. Саме релейний захист допомагає підвищити надійність та покращити умови безпечної експлуатації.

Отже тема МДР є актуальною.

Мета роботи: розробка релейного захисту ПС 150/10 кВ.

Об'єкт: методи розрахунків уставок релейних захистів підстанції 150/10 кВ.

Предмет досліджень: релейний захист підстанції 150/10 кВ.

Відповідно до мети в МДР поставлені наступні задачі:

- дослідити схеми та обладнання ПС;
- розрахувати уставки максимальних струмових ступеневих захистів підстанції 150/10 кВ;
- розрахувати уставки дистанційних захистів ліній;
- визначити економічну ефективність впровадження сучасного мікропроцесорного захисту ліній 150 кВ підключених до підстанції 150/10 кВ;
- дослідити заходи з охорони праці та цивільного захисту;

Особистий внесок здобувача: Магістерська кваліфікаційна робота є самостійно виконаною працею, в якій автором розроблено релейний захист підстанції 150/10 кВ та розраховані уставки захисту ЛЕП .

Публікації результатів магістерської кваліфікаційної роботи. Результати МКР містяться у тезах доповіді у тезах доповіді на Всеукраїнська науково-технічній конференції підрозділів Вінницького національного технічного університету НТКП ВНТУ.

Рубаненко О.Є., Хитрук П.В. Релейний захист підстанції 150 кВ: тези наук.-техн. конф. Вінниця 2024 р. С.1 – 1 теза

1 ДОСЛІДЖЕННЯ СХЕМИ ТА ОБЛАДНАННЯ ПІДСТАНЦІЇ

Підстанція 150 кВ (кіловольт) є складовою частиною електричної енергетичної системи для передачі та розподілу електроенергії на великій відстані. Підстанції 150 кВ працюють на напрузі 150 000 вольт (150 кіловольт), що є високою напругою і дозволяє передавати електроенергію на великі відстані з мінімальними втратами. Трансформатори на підстанціях 150 кВ мають потужність для підвищення або зниження напруги відповідно до потреб системи передачі та розподілу. Захист та безпека забезпечуються системами, які автоматично відключають обладнання в разі аварії або несправності для запобігання подальшим пошкодженням та забезпечення безпеки персоналу.

Ключовим процесом в забезпеченні надійності та безпеки експлуатації електромережі є вчасне виявлення несправностей релейного захисту. Основними кроками виявлення несправностей релейного захисту є аналіз роботи релейного захисту, спостереження за вхідними та вихідними параметрами релейного захисту, а також їх аналіз [1].

Впровадження систем віддаленого моніторингу та керування дозволяє експлуатаційному та оперативному в реальному часі контролювати та діагностувати релейний захист. Проведення навчання персоналу щодо виявлення та усунення несправностей релейного захисту та усунення аварійних ситуацій є також важливою складовою забезпечення стабільної роботи електричних станцій та мереж. Використання сучасних технологій комп'ютерного навчання персоналу, з метою покращення якості автоматизації процесів діагностування електричного обладнання та виявлення аварійних та особливих режимів роботи релейного захисту допомагає покращити надійність та безпеку експлуатації як релейного захисту, так і контрольованого цим захистом високовольтного обладнання.

Релейний захист на підстанціях 150 кВ відіграє важливу роль у запобіганні небезпечним ситуаціям (коротким замикання, перевантаженням, перенапруги,

аварійним зменшенням напруги та частоти та іншим порушенням в роботі електричних мереж, які можуть призвести до аварійних та особливих режимів. Релейний захист виявляє відхилення в роботі електричного обладнання на ранніх стадіях розвитку дефектів та вимикає контрольоване обладнання, щоб запобігти пошкодження (суміжного з контрольованим) обладнання.

1.1 Характеристика підстанції та її складових.

На підстанції 150/10 кВ встановлено два трансформатора Т1 та Т2 типу ТДТН-25000/150, потужність по 25000 кВА кожний. Існуючий відкритий розподільний пристрій 150 кВ має два блоки з короткозамикачами та має відділювачі в колах трансформаторів і неавтоматичну перемичку з боку ліній електропередачі [2]. Завдяки наявності короткозамикачів забезпечується надійне та швидке відключення ліній в разі короткого замикання або аварії, що допомагає уникнути пошкоджень та забезпечує надійність експлуатації мережі. Неавтоматична перемичка надає операторам можливість вручну керувати приєднаннями в контрольованій електричній мережі, що є корисним для безаварійної експлуатації. Відділювачі та неавтоматична перемичка дозволяють відділяти проблемні ділянки мережі, дозволяють зменшити вплив відключення ліній на інших споживачів та забезпечити безпеку працівників, які виконують обслуговування і ремонт мережі, оскільки точно можуть бути впевнені, що ділянка відключена від мережі (завдяки видимому розриву). Напруга на силові трансформатори подається за допомогою двох повітряних ліній ПЛ-150 кВ.

Відкритий розподільний пункт 10 кВ налічує одну систему шин та встановлених трансформаторів власних потреб ТВП-1 та ТВП-2 (ТМ-160/10). Наявність трансформаторів власних потреб дає можливість задіяти додаткові трансформатори для забезпечення електричною енергією власних потреб, наприклад для живлення обладнання підстанції. Система шин і трансформатори підстанції дають можливість забезпечити надійність електропостачання, оскільки можлива паралельна робота обладнання для підвищення надійності.

Усі конструкції на цій підстанції передбачають можливість монтажу та ремонту обладнання.

1.2 Основне обладнання.

Обладнання на підстанції відіграє важливу роль у забезпеченні її стабільної і надійної роботи. Підстанція містить таке обладнання: трансформатори, відділювачі, короткозамикачі, автоматику, пристрої моніторингу технічного стану високовольтного обладнання і т. п. Це обладнання взаємопов'язане та працює для якісного забезпечення електричною енергією підстанцію, для перетворення, розподілу та керуванням передаванням електроенергії та для якісного постачання електроенергії споживачам [3].

На підстанції здійснюється перетворення напруги з 150 кВ на 10 кВ. Обладнання відіграє роль перетворення енергії, тому його надійна та безперебійна робота є ключовим елементом у забезпеченні стабільної роботи електромережі та споживачів.

1.3 Обладнання ВРУ – 150 кВ.

Обладнання ВРУ – 150 кВ на даній підстанції наведена в таблиці 1.1

Таблиця 1.1 – Обладнання ВРУ – 150 кВ

Назва обладнання	Тип обладнання, характеристики	Виробник
Вимикачі елегазові 150 кВ	GL313-F3/4031	GE

Продовження таблиці 1.1 – Обладнання ВРУ – 150 кВ

Назва обладнання	Тип обладнання, характеристики	Виробник
Трансформатори струму 150 кВ	ІМВ-170 400/1А	ABB
Трансформатори напруги 150 кВ	EMF-170 150000	ABB
Роз'єднувачі триполюсні 150 кВ	GW55-170D/2000	ABB
Роз'єднувачі однополюсні 150 кВ	GW55-170DII/2000	ABB
Обмежувачі перенапруг 150 кВ	PEXLIM Q144-УН170	ABB

На даній підстанції елегазові вимикачі відіграють роль надійного та безпечного засобу для відключення електромережі у випадках ремонтних робіт або аварійних ситуацій. Трансформатори напруги змінюють напругу для вимірювань та контролю в електричних мережах. Роз'єднувачі, як трьох полюсні, так і однополюсні, використовуються для відключення частини обладнання або мережі. Обмежувачі перенапруг захищають обладнання від надмірної напруги, забезпечуючи надійну роботу системи. Всі ці пристрої спільно створюють комплексний захист для електричної мережі та обладнання на підстанції.

На підстанції встановлено силові трансформатори Т-1 та Т-2 типу ТДТН-25000/150 з такими технічними характеристиками наведеними таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Номінальні параметри ТДТН-25000/150

Назва параметру	Характеристики
Номінальна потужність	25 000
Номінальна напруга ВН, кВ:	158
Номінальна напруга НН, кВ:	11
Втрати холостого ходу, кВт	37
Втрати короткого замикання, кВт	137
Напруга коротко замикання, %	17,7

Розрахуємо можливі межі регулювання напруги за допомогою РПН трансформаторів.

Значення напруги (1.1), що відповідає ступені регулювання визначається за формулою:

$$U_{ВН n} = U_{ВН 0} \cdot (1 \pm U_{рнн n}), \quad (1.1)$$

де $U_{ВН n}$ – значення напруги на виводах силового трансформатора в n-ому положенні регулювання;

n – значення положення РПН, $n = \pm 9$;

$U_{ВН n}$ – номінальна напруга обмотки силового трансформатора, $U_{ВН n} = 158$;

$U_{рнн n}$ – положення діапазону регулювання напруги на стороні високої напруги трансформатора.

$$U_{рнн 9} = \frac{n \cdot \Delta U_{рнн}}{100},$$

де $\Delta U_{рпн}$ – діапазон регулювання РПН $\Delta U_{рпн} = 1.78\%$

Визначимо діапазон регулювання напруги, крайнього "+" відгалуження ($\Delta U_{рпн_9}$):

$$\Delta U_{рпн9} = \frac{n \cdot \Delta U_{рпн}}{100} ;$$

$$U_{ВН9} = 158 \cdot (1 + 0,1602) = 183,3 \text{ кВ.}$$

З розрахунку побачимо, що крайнє "+" відгалуження відповідає значенню напруги 183,3 кВ.

Проведемо аналогічні розрахунки для всіх положень, отримані значення наведено в таблиці 1.2.3.

Таблиця 1.3 – Розрахунок меж регулювання напруги РПН

№ положення РПН	Значення регулювання напруги, в. о.	Значення напруги при відповідному положенню РПН, кВ
-9	-0,1602	132,7
-8	-0,1424	135,5
-7	-0,1246	138,3
-6	-0,1068	141,1
-5	-0,089	143,9
-4	-0,0712	146,8
-3	-0,0534	149,6
-2	-0,0356	152,4
-1	-0,1068	141,1
0	0	158,0

Продовження таблиця 1.3 – Розрахунок меж регулювання напруги РПН

№ положення РПН	Значення регулювання напруги, в. о.	Значення напруги при відповідному положенню РПН, кВ
1	0,0178	160,8
2	0,0356	163,6
3	0,0534	166,4
4	0,0712	169,2
5	0,089	172,1
6	0,1068	174,9
7	0,1246	177,7
8	0,1424	180,5
9	0,1602	183,3

Отже, таким чином визначили межі регулювання напруги та сумісності блоків автоматичного регулювання РПН, блоки автоматичного регулювання РПН повністю задовольняють потребам.

1.4 Управління та автоматизація

Організація релейного захисту на підстанції складається з улаштування захисту ЛЛ-150 кВ, улаштування релейних пристроїв, улаштування автоматики та схем керування вимикачів 150 кВ, основного та резервного захисту силових трансформаторів [4].

Основний захист ліній 150 кВ забезпечує мікропроцесорний пофазний диференційний струмовий захист з комплектом ступінчастих захистів (диференційним, струмовим спрямованим захистом нульової послідовності, максимальний струмовий захист, тощо) на базі пристрою RED650, термінали двох підстанцій яких можуть зв'язуватись між собою по віддаленому з'єднанні. Модуль передачі даних на протилежний кінець коротко, середнього, та довгого діапазону хвиль вбудований в пристрій RED650, що дає змогу обміну даними між мікропроцесорними терміналами за допомогою оптоелектронного перетворювача. По колах струму пристрій підключається до вторинних кіл

трансформаторів струму 150 кВ, по колах змінної напруги відбувається підключення до вторинних кіл ТН-150 кВ "зірки" та "розімкненого трикутника".

Пристрій захисту Л-150 кВ типу RED650 містить наступні функції:

- диференційний захист лінії з оптоволоконним каналом зв'язку;
- дистанційний захист від міжфазних КЗ з полігональною характеристикою;
- дистанційний захист від КЗ на землю з полігональною характеристикою;
- визначення пошкодженої фази, виріз від режиму навантаження, визначення коливання потужності, захист від асинхронного режиму та ходу;
- струмова відсічка, багатоступеневий максимальний струмовий захист від міжфазних КЗ;
- струмова відсічка, багатоступеневий спрямований струмовий захист нульової послідовності;
- струмовий захист зворотної послідовності;
- захист від зниження/підвищення напруги прямої послідовності, підвищення напруги нульової послідовності;
- захист від зниження/підвищення частоти, по швидкості зміни частоти;
- вимірювання електричних параметрів мережі;

Пристрій захисту Л-150 кВ є важливим елементом захисту та автоматизації електропередачі у високовольтних лініях електропередачі та забезпечує стабільну роботу електромережі.

Резервний захист ліній 150 кВ це додатковий захист, який активізується у випадку відмови або несправності основного захисту, який виконується на базі пристрою REL650. По колу струму захисту пристрій підключається до трансформаторів струму, по колу напруги до вторинних кіл трансформаторів напруги та містить наступні функції:

- дистанційний захист від міжфазних КЗ;
- дистанційний захист від міжфазних КЗ на землю;
- визначення пошкодженої фази, визначення коливань потужності, захист від асинхронного режиму та ходу;

- струмовий захист зворотної послідовності;
- захист від зниження/підвищення напруги прямої послідовності, підвищення напруги нульової послідовності;
- захист від зниження/підвищення частоти, по швидкості зміни частоти;
- контроль кіл змінного струму та напруги;
- захист від зниження/підвищення частоти, по швидкості зміни частоти;

Резервний захист допомагає підвищити надійність та стійкість мережі у випадку аварій та інших ситуацій.

1.5 Автоматика вимикачів 150 кВ

Автоматика вимикачів 150 кВ відбувається на базі пристрою REC650, схема автоматики якого передбачає контроль технологічних параметрів елегазового вимикача таки як: цілісність електромагнітів увімкнення або вимкнення, блокування операцій при аварійному тиску елегазу).

Управління вимикачами виконується дистанційно з агрегатної шафи вимикача на ВРУ – 150 кВ, при цьому відбувається вимкнення відповідного приєднання з використанням основного та резервного захисту.

З метою попередження помилкових операцій, які виконуватиме персонал з первинними комутаційними апаратами 150 кВ, повинен передбачатись оперативне блокування роз'єднувачів 150 кВ, які включають у себе можливість виконувати наступні операції:

- подача напруги на ділянки електричної схеми, які заземлені увімкненими заземлюючими пристроями, а також ділянки відділені від заземлюючих ножів;
- увімкнення заземлюючих пристроїв на ділянку не відділену роз'єднувачем

1.6 Диференційний захист шин 150 кВ та реле перенапруги

Диференційний захист шин 150 кВ відбувається на базі пристрою REB-670, який підключається до окремих вторинних шин кіл трансформаторів струму ввідного вимикача 150 кВ Т1 секційного вимикача до кіл приєднання при виникненні пошкодження відповідно відбувається вимкнення. За передачу інформації відповідають модулі передачі даних по інформаційній шині у відповідності до стандартів

Реле перенапруги передбачає дистанційну та автоматичну роботу та повинно включати в себе автоматичне регулювання напруги силового трансформатора Т1 під навантаженням з контролем рівня напруги низької сторони трансформатора, блокування регулювання при перенавантаженні трансформатора по струму навантаження, контроль роботи при усіх режимах роботи, облік ресурсу реле перенапруги [5].

1.7 Ізоляція, блискавкозахист та заземлення.

Ізоляція передбачає використання ізолюючих матеріалів щоб уникнути електричного контакту між провідниками або обладнанням та землею, для запобігання коротким замиканням уникненню витоку струму. Відповідно до стандартів безпека та захист передбачені ізоляцією, блискавкозахистом та заземлення повинні обов'язково присутні на підстанції. Питома ефективна довжина шляху витоку ізоляції, питома ефективна довжина шляху витоку повинна бути не меншою ніж 2 см/кВ (150 кВ)[6].

Блискавкозахист передбачає захист обладнання від прямих ударів блискавки здійснюється за допомогою блискавковідводів на існуючих порталних конструкціях і існуючих окремих блискавковідводів на території підстанції.

Заземлення використовується для відводу надмірного струму до землі, заземлення допомагає забезпечити стабільну роботу систем захисту,

вимірювальних пристроїв та іншого обладнання. Заземлюючий пристрій на підстанції виконаний згідно до усіх технічних вимог та характеристик[7]. Заземлювач має вигляд сітки зі сталі з додатковими електродам, розрахунковий опір розтіканню заземлюючого пристрою не перевищує допустиму позначку – 0,5 Ом, горизонтальний заземлювач прокладається на глибині 0,7 метра від поверхні землі.

Використання ізоляції, блискавкозахистом та заземлення є обов'язковою її експлуатації та забезпечує безпеку персоналу та обладнання.

1.8 Вимірювання параметрів ліній електропередач 150 кВ.

Вимірювання електричних параметрів обладнання та пристроїв телемеханіки на лініях електропередач напругою 150 кВ здійснюється з врахуванням технічних умов (ТУ), технічного стану (ТС) та врахуванням взаємних зв'язків (ТВ) обладнання та ліній електропередач за допомогою симетричних пристроїв та систем, наприклад, Satec PM130 [8], який вимірює:

- силу струму в фазах і нейтралі, середнє і максимальнє значення сили струму за обраний проміжок часу;
- фазні і лінійні напруги, середнє і максимальнє значення напруги за вибраний проміжок часу;
- частота, середнє і максимальнє значення частоти за вибраний проміжок часу;
- повна потужність, по кожній фазі і загальний коефіцієнт потужності;
- коефіцієнт потужності по кожній фазі і загальний із зазначенням характеру
- вимірювання навантаження (індуктивного або реактивного);

В колах струму Satec PM130 підключається до вторинної обмотки лінійних трансформаторів струму, а в колах напруги до вторинних кіл трансформаторів напруги – до вторинних кіл ТН - 150 кВ[9].

1.9 Висновки до першого розділу.

Релейний захист підстанції 150 кВ є невід'ємною складовою обладнання електричних мереж, яка забезпечує надійність та безпеку електропостачання.

Правильний вибір обладнання релейного захисту на підстанції є важливою складовою надійної та стабільної роботи підстанції.

2 РОЗРАХУНОК УСТАВОК РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ ЛЕП 150 кВ ПІДСТАНЦІЇ 150/10 кВ

2.1 Початкові дані для розрахунку.

Лінія передачі (ЛЕП) має довжину 76,5 км, опір прямої послідовності $Z_1 = 7,34 + j30,34 \text{ Ом}$ та нульової послідовності $Z_0 = 24,08 + j100,62 \text{ Ом}$. Коефіцієнт трансформації трансформатора струму становить $K_{cm} = 400/1$. Максимальний струм навантаження на повітряній ЛЕП складає 183 А з умовою гранично допустимого нагріву проводу ПЛ для проводу ЛЕП типу АС-300/39. Максимальний кут навантаження становить -30 градусів. Усі ці параметри важливі для визначення навантаження та безпечної експлуатації ЛЕП, для забезпечення надійної та ефективної експлуатації ЛЕП в електричній системі[10]. Розрахункові значення струмів КЗ приведені в таблиці 2.1

Таблиця 2.1 – Струми КЗ ПЛ4

Струм КЗ			3-ф КЗ	1-фазне КЗ			2-фазне на землю		
	Місце КЗ	Режим	I_1	I_0	I_1	I_2	I_0	I_1	I_2
ПС	ПЛ2 150 кВ	Нормальний режим	119	208	30	48	216	76	44
		СЕС =0	11	135	4	4	141	7	4
		Відкл. С-1 ПС	97	178	23	40	187	61	36

Продовження таблиці 2.1 – Струми КЗ ПЛ4

Струм КЗ			3-ф КЗ	1-фазне КЗ			2-фазне на землю		
	Місце КЗ	Режим	I_1	I_0	I_1	I_2	I_0	I_1	I_2

ПС	ПЛ2 150 кВ	Відкл. С-1 ПС	211	256	60	81	270	138	73
		Каскад 1	385	479	115	126	459	247	137
	ПЛ3 150 кВ	Нормальний режим	83	476	17	35	490	50	33
		СЕС =0	33	262	11	11	265	22	11
		Відкл. С-1 ПС	105	465	25	42	478	66	39
		Відкл. С-1 ПС	145	369	65	45	402	107	38
		Каскад 2	1194	1687	352	373	1565	760	435
		Каскад 1+2	1454	1642	464	445	1533	944	510
	ПС		2360						

2.2 Вибір уставок програмного модуля маніпуляції

До параметрів маніпуляції відносяться такі уставки “КОЕФІЦІЄНТ МАН. ПРИ І2”, “ЗРУШЕННЯ ФАЗИ МАНІП. ПВЧ”, “УМОВ. НУЛЬ СТРУМУ МАНІП.”, “МАСШТАБНИЙ КОЕФІЦІЄНТ-Т”.

Вибір уставки “КОЕФІЦІЄНТ МАН. ПРИ І2 (К)” проводиться з урахуванням наступних умов:

- а) Забезпечення при несиметричному КЗ переважного порівняння струмів фаз зворотної послідовності:
- при 2ф КЗ на землю розрахунок проводиться за формулою:

$$K_H = \frac{I_{1\text{роз.}} + I_{\text{нав.}}}{I_{2\text{роз.}}} \quad (2.1)$$

$$\text{з боку ПС1 150 кВ } K \geq K_H \frac{I_{1\text{ роз.}} + I_{\text{нав.}}}{I_{2\text{ роз.}}} = 1.5 \cdot \frac{76+92}{44} = 5.73;$$

$$\text{з боку ПС2 150 кВ } K \geq K_H \frac{I_{1\text{ роз.}} + I_{\text{нав.}}}{I_{2\text{ роз.}}} = 1.5 \cdot \frac{50+92}{33} = 6.45;$$

- при 1ф КЗ на землю розрахунок проводиться за формулою:

$$K_H \frac{I_{\text{нав.}}}{I_{2\text{ роз.}}} \quad (2.2)$$

$$\text{з боку ПС1 150 кВ } K \geq K_H \frac{I_{\text{нав.}}}{I_{2\text{ роз.}}} = 1.5 \cdot \frac{92}{44} = 2.9;$$

$$\text{з боку ПС2 150 кВ } K \geq K_H \frac{I_{\text{нав.}}}{I_{2\text{ роз.}}} = 1.5 \cdot \frac{92}{33} = 3.9;$$

де $I_{1\text{ роз.}}$ та $I_{2\text{ роз.}}$ – розрахункові первинні струми прямої і зворотної послідовності під час несиметричних КЗ у кінці ПЛ;

$K_H = 1.5$ – коефіцієнт надійності.

б) Уставка “КОЕФ. МАН. ПРИ I2” задається рівним аналогічному параметру панелі диференційного захисту спільно з якою працює диференційний захист, уставка протилежного кінця якого $k = 8$. Тому “КОЕФ. МАН. ПРИ I2 (К)” = 8.

Уставки “ЗРУШЕННЯ ФАЗИ МАНІП. ПВЧ”, “УМОВ. НУЛЬ СТРУМУ МАНІП.”, “МАСШТАБНИЙ КОЕФІЦІЄНТ-Т” визначаються під час відведення.

2.3 Вибір уставок програмного модуля пуску ВЧ

По струму I_1 :

Уставка “ПОРІГ СПАРЦ.ПУСК.ОРГ.(по струму I_1)” приймається однаковою на обох кінцях ПЛ і перевіряється за умови відведення від максимального навантажувального струму лінії розрахунок проведемо за формулою:

$$I_{1\text{спрац.пуск}} \geq \frac{k_H}{k_b} \cdot I_{\text{макс.роб.}} \quad (2.3)$$

$$I_{1\text{спрац.пуск}} \geq \frac{k_H}{k_b} \cdot I_{\text{макс.роб.}} = \frac{1.1}{0.85} \cdot 600 = 776,47(A)$$

Прийmemo “ПОРІГ.СПАРЦ.ПУСК.ОРГ.(по струму I_1)” = 900 А (7.5 А вторинного струму). Уставку протилежного кінця необхідно прийняти рівною пристрою диференційного захисту з боку ПС1 та ПС2 ($I_{\text{сп}}^n = 900 A$).

По струму I_2 :

Уставка “ПОРІГ.СПАРЦ.ПУСК.ОРГ.(по струму I_2)” приймається однаковою на обох кінцях ПЛ і перевіряється на умови відсутності небалансу в режимі протікання максимального навантажувального струму лінії:

$$I_{2\text{спрац.пуск}} \geq \frac{k_n k_\epsilon}{k_\epsilon k_{\text{тт}}} \cdot I_{\text{роб.макс}} \quad (2.4)$$

$$I_{2\text{спрац.пуск}} \geq \frac{k_n k_\epsilon}{k_\epsilon k_{\text{тс}}} \cdot I_{2\text{нб.розр}} = \frac{2 \cdot 1,2}{0,9 \cdot 120} \cdot 22,9 = 0,50(A),$$

де $k_n = 1.2$ – коефіцієнт надійності;

$k_\epsilon = 2$ – відношення струму спрацювання пускового органу до струму органу, що вмикає;

$k_{\text{тс}} = 120$ – коефіцієнт трансформації;

$k_{2\text{нб}} = 0.025$ – коефіцієнт, що визначає значення струму небалансу зворотної послідовності;

$I_{2нб.розр}$ – струм небалансу розрахунковий, зумовлений похибкою трансформаторів струму і фільтра струмів зворотної послідовності, розраховується за формулою:

$$I_{2нб.розр} = k_{2НБ} \cdot I_{роб.макс} = 0.025 \cdot 916 = 22.9 (A) \quad (2.5)$$

Прийmemo поріг “ПОРІГ.СПАРЦ.ПУСК.ОРГ.(по струму I_2)” = 60 А (0.15 А вторинного струму). Уставка приймається однаковою з усіх кінців ПЛ.

По струму $3I_0$:

Пуск за струмом $3I_0$ не виконується.

2.4 Вибір уставок програмного модуля підготовки вимкнення.

За опір лінії:

Характеристика дистанційного органу (реле опору органу підготовки вимкнення) – окружність в комплексній площині опорів. Діаметр кола задається уставкою “ОПІР СПРАЦ.”, кут максимальної чутливості – уставкою “КУТ МАКС. ЧУТЛИВ.”. Для максимальної сумісності з існуючими панелями диференційного захисту необхідно задати уставку “ЧАС РОБОТИ” – 0.3 с. (час, на який вводиться в роботу реле спрацювання диференційного захисту).

Уставка органу опору “ОПІР СПРАЦ.” обирається за умови відведення від максимального навантажувального режиму:

$$Z_{cp} \leq \frac{U_{роб.мін.}}{k_n \cdot k_g \cdot \sqrt{3} \cdot I_{роб.макс} \cdot \cos(\varphi_{мч} - \varphi_{нагр})} \quad (2.6)$$

$$Z_{cp} = \frac{0.9 \cdot 158000}{1.2 \cdot 1.05 \cdot 1.73 \cdot 916 \cdot \cos(75 - 35)} = 93 (Om)$$

Уставка опору вибирається за умовою забезпечення чутливості в кінці

ПЛ:

$$Z_{cp} \geq Z_{nl} \cdot k_u = 30.034 \cdot 2 = 60.68 \quad (2.7)$$

Отже приймемо “ОПІР СПРАЦ.” = 62.5 Ом , кут максимальної чутливості 75° - приймається рівним куту лінії.

Реле потужності і струм спрацювання $3I_0$:

Блокування виконує: перевірку перевищення струмом $3I_0$ уставки “СТРУМ ВІДКЛЮЧЕННЯ $3I_0$ ”, а також перевірку потужності і перевищення потужністю величини уставки “ПОТУЖНІСТЬ” відповідно до нульової або зворотної послідовності (задається уставкою “ТИП РЕЛЕ ПОТУЖНОСТІ”. При спрацюванні реле струму $3I_0$ і реле потужності (якщо задано його використання) видається сигнал “ДОЗВІЛ РОБОТИ”.

Уставка “СТРУМ ВІДКЛЮЧЕННЯ $3I_0$ ” обирається за умов відхилення від струму небалансу під час 3 фазного КЗ за трансформатором ПС1 150 кВ:

$$I_{спрац.3I_0} \leq k_H \cdot k_{анер.} \cdot f_i \cdot I_{кз.макс}^{(3)} = 1.4 \cdot 1 \cdot 0.1 \cdot 578 = 81 \quad (2.7)$$

Уставка “СТРУМ ВИМКНЕННЯ $3I_0$ ” обирається за умови відхилення від стрибка струму намагнічування трансформаторів при включенні ПЛ. Тому “СТРУМ СПРАЦЮВАННЯ $3I_0$ ” = 340 А (0.85 А вторинного струму).

Перевірка чутливості розрахованих уставок при КЗ на землю в кінці ПЛ:
З боку ПС1 150 кВ:

$$K_u = \frac{I_{мін}^{(1)}}{I_{спрац.3I_0}} \quad (2.7)$$

$$K_q = \frac{I_{\text{мін}}^{(1)}}{I_{\text{спрац.}3I_0}} = \frac{208}{340} < 1 \text{ — в мінімальному режимі}$$

$$K_q = \frac{I_{\text{мін}}^{(1)}}{I_{\text{спрац.}3I_0}} = \frac{1533}{340} < 2 \text{ — в каскадному режимі}$$

З боку ПС2 150 кВ:

$$K_q = \frac{I_{\text{мін}}^{(1)}}{I_{\text{спрац.}3I_0}} = \frac{476}{340} = 1 \text{ — в мінімальному режимі}$$

$$K_q = \frac{I_{\text{мін}}^{(1)}}{I_{\text{спрац.}3I_0}} = \frac{1533}{340} \geq 2 \text{ — в каскадному режимі}$$

2.5 Перевірка чутливості захисту ДФЗ.

Перевірка чутливості захисту під час симетричних КЗ:

Під час трьох фазного КЗ в кінці ПЛ в мінімальному режимі:

З боку ПС1 150 кВ

$$K_q = \frac{I_{\text{мін}}^{(1)}}{I_{\text{поріг.спрац.відкл.}}} \tag{2.8}$$

$$K_q = \frac{I_{\text{мін}}^{(1)}}{I_{\text{поріг.спрац.відкл.}}} = \frac{119}{2520} \leq 1 \text{ — в мінімальному режимі}$$

$$K_q = \frac{I_{\text{мін}}^{(1)}}{I_{\text{поріг.спрац.відкл.}}} = \frac{1454}{2520} \leq 1 \text{ — в каскадному режимі}$$

З боку ПС2 150 кВ

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{мін}}^{(1)}}{I_{\text{поріг.спрац.відкл.}}} = \frac{83}{2520} \leq 1 \text{ — в мінімальному режимі}$$

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{мін}}^{(1)}}{I_{\text{поріг.спрац.відкл.}}} = \frac{1454}{2520} \leq 1 \text{ — в каскадному режимі.}$$

Чутливість струмового диференційного захисту під час 3ф. КЗ недостатня, додатково використовується по “ОПОРУ ЛІНІЇ”.

Під час 3ф. КЗ в кінці ПЛ:

$$K_{\text{ч}} = \frac{Z_{\text{спрац.}}}{Z_{\text{л}}} \quad (2.9)$$

$$K_{\text{ч}} = \frac{Z_{\text{спрац.}}}{Z_{\text{л}}} = \frac{62.5}{30.34} > 2 \text{ - КЗ на шинах ПС1 150 кВ}$$

$$K_{\text{ч}} = \frac{Z_{\text{спрац.}}}{Z_{\text{л}}} = \frac{62.5}{20.17} > 2 \text{ - КЗ на шинах ПС2 150 кВ}$$

Перевірка чутливості захисту під час симетричних КЗ:

Під час одно фазного КЗ в кінці ПЛ в мінімальному режимі на шинах ПС1 150 кВ:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{мін}}^{(1)}}{I_{\text{поріг.спрац.відкл.}}} \quad (2.10)$$

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{мін}}^{(1)}}{I_{\text{поріг.спрац.відкл.}}} = \frac{48}{180} \leq 1$$

Під час одно фазного КЗ в кінці ПЛ в режимі каскаду на шинах ПС1 150 кВ:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{мін}}^{(1)}}{I_{\text{поріг.спрац.відкл.}}} = \frac{445}{180} \geq 2$$

Під час одно фазного КЗ на шинах ПС2 150 кВ:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{мін}}^{(1)}}{I_{\text{поріг.спрац.відкл.}}} = \frac{35}{180} \leq 1$$

В режимі каскаду:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{мін}}^{(1)}}{I_{\text{поріг.спрац.відкл.}}} = \frac{445}{180} \geq 2$$

Чутливість під час несиметричних КЗ забезпечується струмовими органами ДФЗ тільки після вимкнення ЛЕП з протилежного від джерела кінця.

2.6 Налаштування вимкнення ЛЕП за допомогою ДФЗ під час стрибка намагнічування трансформаторів.

Еквівалентний опір трансформаторів при увімкненні ПС 150 кВ

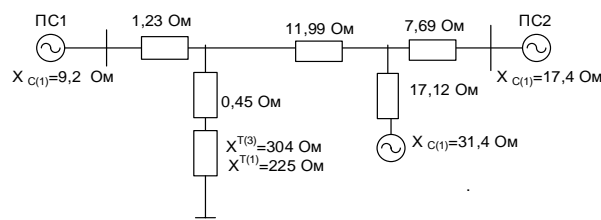


Рисунок 2.1 – Розрахункова схема мережі

$$X_{екв}^{(3)} = \left(\frac{304}{2} + 0.45 \right) + 11.99 + 17.12 = 181.56 (Ом),$$

$$X_{екв}^{(1)} = \left(\frac{225}{2} + 0.45 \right) + 11.99 + 17.12 = 142 (Ом).$$

Розрахунок струму спрацювання реле за умовою налаштування від стрибка струму намагнічування:

$$I_{сп} = \frac{C_{\delta} \cdot U_{ном}}{\sqrt{3} (X_{c1} + X_{тр.екв})} \quad (2.11),$$

де C_{δ} – розрахунковий коефіцієнт для відповідного органу захисту.

Для спрацювання на відключення (по струму I_1):

$$I^3 = \frac{0.92 \cdot 158000}{\sqrt{3} (3.43 + 181.56)} = 395 (A).$$

Для спрацювання на відключення (по струму I_2):

$$I^3 = \frac{0.49 \cdot 158000}{\sqrt{3} (3.43 + 181.56)} = 210 (A).$$

Для реле опору(РО):

$$Z = C_{\delta} \cdot (X_{c1} + X_{ТР.Екв}^{(1)}) - X_{c1} = 1.75 \cdot (31.44 + 142) - 31.44 (Ом)$$

Таблиця 2.2 – Таблиця уставок ПС (МП РЗА “Діамант L030” лінії ПЛ4)

Найменування параметру	Розмірність	Діапазон змінення	Прийняте значення	Примітка
Диференційно-фазний високочастотний захист				
Захист працює на	-	"Відключення" «Сигнал»	Відключення	Вибір дії захисту на вимкнення /на сигнал
Затримка спрацювання при 2 КЗ	-	"ВКЛ" "ВІДКЛ"	ВКЛ	Введення / виведення зміни витримки часу до аналізу кута зсуву фаз ВЧ сигналів при спрацюванні симетричного і несиметричного органів підготовки відключення захисту.
Час затримки	СЕК	0 – 0,1	0,02	Час від спрацювання симетричного і несиметричного органів підготовки відключення захисту
Кут блокування ДФЗ	ГРАД	0 – 180	54	Кут блокування захисту
Кількість пауз ВЧ сигналу	-	1 – 5	2	Кількість послідовних пауз ВЧ сигналу, при якому дозволяється спрацювання захисту
Коеф. маніп. при I ₂	-	0 – 20	8	Коефіцієнт при струмі I ₂ в розрахунку струму маніпуляції ВЧ передавачем
Здвиг фази маніп. ПВЧ	ГРАД	-180 – + 180	Уточнюється при налагодженні	Коефіцієнт при струмі I ₂ в розрахунку струму маніпуляції ВЧ передавачем
Уст. нуль струму маніп.	б/р	-10 – +10	Уточнюється при налагодженні	Величина зміщення нульової осі струму маніпуляції негативних значень для відбудови від шумів і розширення ВЧ пакетів

Продовження таблиці 2.2 Таблиця уставок ПС (МП РЗА “Діамант L030” лінії ПЛ4)

Найменування параметру	Розмірність	Діапазон змінення	Прийняте значення	Примітка
Масштабний коефіцієнт	б/р	0 – 1000	Уточнюється при налагодженні	Масштабний коефіцієнт, дозволяє змінювати множувач при розрахунку струму маніпуляціях для отримання достатнього значення амплітуди функціоналу $I_1 + k_{12}$
Компенсація U2	-	"ВКЛ" "ВІДКЛ"	ВІДКЛ	Введення/виведення функції компенсації напруги зворотної послідовності в органах пуску ПВЧ і підготовки відключення
Опір компенсації	ОМ	0 – 100	Не використ.	Опір компенсації U2
Кут опору компенсації	ГРАД	0 – 360	Не використ.	Кут повного опору компенсації U2
Комп. ємності провід.	-	"ВКЛ" "ВІДКЛ"	ВІДКЛ	Введення/виведення функції компенсації ємнісних струмів в органі маніпуляції
Час спрацювання органу опору	СЕК	0,1 – 10	Уточнюється при налагодженні	Тривалість спрацювання органу опору в умовах відсутності пуску захисту, після закінчення якого формується вихідний дискретний сигнал
Пуск ПВЧ				
По прирощуванню фазних струмів	-	"ВКЛ" "ВІДКЛ"	ВІДКЛ	Введення / виведення органу пуску ПВЧ за збільшенням фазних струмів
Поріг спрацювання пуску ОРГ.	А	0 – 150	-	Поріг спрацювання органу пуску ПВЧ за ймовірним

				значенням амплітуди фазного струму
--	--	--	--	------------------------------------

Продовження таблиці 2.2 – Таблиця уставок ПС (МП РЗА “Діамант L030” лінії ПЛ4)

Найменування параметру	Розмірність	Діапазон змінення	Прийняте значення	Примітка
По струму I_1	-	"ВКЛ" "ОТКЛ"	ВКЛ	Введення / виведення органу пуску ПВЧ за струмом прямої послідовності
По струму I_2	-	"ВКЛ" "ВІДКЛ"	ВКЛ	Введення / виведення органу пуску ПВЧ за струмом зворотної послідовності
Поріг спрацювання пуску ОРГ.	А	0 – 150	0,15 А (60 А)	Поріг спрацювання органу пуску ПВЧ за струмом зворотної послідовності
По струму $3I_0$	-	"ВКЛ" "ОТКЛ"	ВІДКЛ	Введення / виведення органу пуску ПВЧ за струмом нульової послідовності
Поріг спрацювання пуску ОРГ.	А	0 – 150	-	Поріг спрацювання органу пуску ПВЧ за струмом нульової послідовності
По напрузі U_2	-	"ВКЛ" "ВІДКЛ"	ВІДКЛ	Введення / виведення органу пуску ПВЧ по напрузі зворотної послідовності
Поріг спрацювання пуску ОРГ.	В	0 – 100	-	Поріг спрацювання органу пуску ПВЧ по напрузі зворотної послідовності
Відключення ДФЗ ВЧ				
По зростанню фазних струмів	-	"ВКЛ" "ВІДКЛ"	ВІДКЛ	Введення / виведення органу підготовки вимкнення за збільшенням фазних струмів

Продовження таблиці 2.2 – Таблиця уставок ПС (МП РЗА “Діамант L030” лінії ПЛ4)

Найменування параметру	Розмірність	Діапазон змінення	Прийняте значення	Примітка
Поріг спрацювання відключення	А	0 – 150	-	Поріг спрацювання органу підготовки вимкнення за значенням амплітуди фазного струму
По опорі лінії	-	"ВКЛ" "ВІДКЛ"	ВКЛ	Введення / виведення органу підготовки вимкнення за між фазним опором (СА) лінії
Опір спрацювання	ОМ	0 – 500	16,67 Ом (62,5 Ом)	Поріг спрацювання органу підготовки вимкнення за величиною між фазного опорі лінії
Зміщення	%	-10 – 10	-1%	Задається зсув характеристики реле опорі по осі максимальної чутливості
Кут максимальної чутливості	ГРАД	60 – 90	75	Задається кут нахилу характеристики реле опорі
Контроль часу органів опорі	-	"ВКЛ" "ВІДКЛ"	ВІДКЛ	Введення /виведення обмеження часу роботи органу підготовки відключення по опорі
Час роботи	СЕК	0,01 – 0,5	-	Час роботи органу підготовки відключення по опорі
По U_{min}	-	"ВКЛ" "ВІДКЛ"	ВІДКЛ	Введення /виведення органу підготовки відключення за мінімальним між фазній напрузі (СА)

Поріг спрацювання відключення	В	0 – 100	-	Поріг спрацювання органу підготовки вимкнення за величиною між фазної напруги
-------------------------------	---	---------	---	---

Продовження таблиці 2.2 – Таблиця уставок ПС (МП РЗА “Діамант L030” лінії ПЛ4)

Найменування параметру	Розмірність	Діапазон змінення	Прийняте значення	Примітка
По струму I_1	-	"ВКЛ" "ВІДКЛ"	ВКЛ	Введення / виведення органу підготовки вимкнення за струмом прямої послідовності
Поріг спрацювання відключення	А	0 – 150	6,3 А (2520 А)	Поріг спрацювання органу підготовки відключення по струму прямої послідовності
По струму I_2	-	"ВКЛ" "ОТКЛ"	ВКЛ	Введення / виведення органу підготовки відключення по струму зворотної послідовності
Поріг спрацювання відключення	А	0 – 150	0,45 А (180 А)	Поріг спрацювання органу підготовки вимкнення за струмом прямої послідовності
По струму $3I_0$	-	"ВКЛ" "ВІДКЛ"	ВІДК	Введення/виведення органу підготовки вимкнення за струмом нульової послідовності
Поріг спрацювання відключення.	А	0 – 150	-	Поріг спрацювання органу підготовки вимкнення за струмом нульової послідовності
По напрузі U_2	-	"ВКЛ" "ВІДК"	ВІДКЛ	Введення/виведення органу підготовки відключення по напрузі зворотної послідовності

Поріг спрацювання відключення.	В	0 – 100	-	Поріг спрацювання органу підготовки відключення по напрузі зворотної послідовності
--------------------------------	---	---------	---	--

Продовження таблиці 2.2 – Таблиця уставок ПС (МП РЗА “Діамант L030” лінії ПЛ4)

Найменування параметру	Розмірність	Діапазон змінення	Прийняте значення	Примітка
Блокування ДФЗ ВЧ				
Блокування		"Введення" "Виведення"	Введення	Введення / виведення функції блокування захисту
Блокування відключення по I_2		"Введення" "Виведення"	Введення	Введення / виведення функції блокування захисту тільки за струмом I_2
Реле опору	-	"ВКЛ" "ВІДКЛ"	ВКЛ	Введення / виведення органу блокування за опором
Опір спрацювання	ОМ	0 – 500	16,67 Ом (62,5 Ом)	Поріг спрацювання реле опору за величиною між фазного опору лінії, при якому знімається блокування спрацювання ДФЗ ВЧ
Зміщення	%	-10 – 10	-1%	Задається зсув характеристики реле опору по осі максимальної чутливості
Кут максимальної чутливості	ГРАД	60 – 90	75	Задається кут нахилу характеристики реле опору
Реле потужності	-	"ВКЛ" "ВІДКЛ"	ВКЛ	Увімкнення / вимкнення органу потужності додатково до органу струму нульової

				послідовності для зняття блокування
Тип реле потужності	-	"Зворотна послідовність" "Нульова послідовність"	Нульова послідовність	Задає тип органу потужності: зворотної або нульової послідовності

Продовження таблиці 2.2 – Таблиця уставок ПС (МП РЗА “Діамант L030” лінії ПЛ4)

Найменування параметру	Розмірність	Діапазон змінення	Прийняте значення	Примітка
Потужність спрацювання	ВТ	-200 – 200	3,0	Поріг спрацювання органу потужності для зняття блокування
Струм спрацювання $3I_0$	А	0 – 100	0,84 А (336 А)	Рівень струму нульової послідовності, для зняття блокування спрацювання ДФЗ ВЧ
Реле струму $3I_0$	-	"ВКЛ" "ВІДКЛ"	ВІДКЛ	Увімкнення / вимкнення самостійного органу струму нульової послідовності для зняття блокування
Поріг спрацювання по струму	А	0-100		Поріг спрацювання органу струму нульової послідовності
Реле струму	-	"ВКЛ" "ВІДКЛ"	ВІДКЛ	Увімкнення / вимкнення самостійного органу струму для зняття блокування
Тип струмового реле	-	"Пряма послідовність" "Фазна."	-	Задає тип органу струму: прямої послідовності або фазний

Поріг спрацювання по струму	A	0-100	-	Поріг спрацьовування органу струму
Пристрій резервування відмови вимикача				
Рівень	-	"ВКЛ" "ВІДКЛ"	ВКЛ	Введення/виведення функції ПРВВ

Продовження таблиці 2.2 – Таблиця уставок ПС (МП РЗА “Діамант L030” лінії ПЛ4)

Найменування параметру	Розмірність	Діапазон змінення	Прийняте значення	Примітка
Уставки по фазному струму	A	0,02 – 100	0,25 A (100 A)	Поріг спрацьовування по струму
Витримка рівня	СЕК	0,01 - 1	0,14	Інтервал до видачі сигналу "Робота ПРВВ в схему ДЗШ"
Видача П/К	-	"ВКЛ" "ВІДКЛ"	ВКЛ	Введення /виведення дозволу на видачу повторної команди "ВИКЛ" по ПРВВ
Довжина П/К на соленоїд	СЕК	0,01 – 1	0,1*	Тривалість повторної команди на соленоїд
Інтервал до видачі П/К	СЕК	0,01 - 2	0,01*	Інтервал до видачі повторної команди "ВИКЛ"
Контроль РПВ	-	"ВКЛ" "ВІДКЛ"	ВІДКЛ	Встановлюється контроль стану РПВ
Тип контакту РПВ		"Замкнутий" "Розімкнутий"	-	Встановлюється стан контакту, що визначає рівень сигналу від РПВ («Стан РПВ»)
АПВ – не використовується				

Визначення місця пошкодження				
R ПИТ. лінії НП	ОМ/КМ	0,0001 – 10	0,0839 втор. 0,3147 перв.	Встановлюється значення питомої активного опору нульової послідовності лінії
X ПИТ. лінії НП	ОМ/КМ	0,0001 – 10	0,3507 втор. 1,315 перв.	Встановлюється значення питомої реактивного опору нульової послідовності лінії

Продовження таблиці 2.2 – Таблиця уставок ПС (МП РЗА “Діамант L030” лінії ПЛ4)

Найменування параметру	Розмірність	Діапазон змінення	Прийняте значення	Примітка
R ПИТ. лінії ПП	ОМ/КМ	0,0001 – 10	0,0256 втор. 0,0959 перв.	Встановлюється значення питомої активного опору прямої послідовності лінії
X ПИТ. лінії. ПП	ОМ/КМ	0,0001 – 10	0,1058 втор. 0,3969 перв.	Встановлюється значення питомої реактивного опору прямої послідовності лінії
Довжина лінії	КМ	0 – 999,99	76,5	Встановлюється довжина лінії

2.7 Розрахунок уставок резервних захистів у складі терміналу REL650

Вибір уставок міжфазної струмової відсічка:

Струм спрацювання має задовольняти наступним умовам:

Відведення від КЗ в кінці ПЛ (ш.150 ПС1):

$$I_{спр.} \geq K_{зал.} \cdot I_{кз.макс(ф)} \quad (2.12)$$

Розрахункові струми КЗ:

В нормальному режимі: $I_{\phi(3\phi)} = 119(A)$, $I_{\phi(1\phi)} = 146(A)$.

В максимальному режимі (Л4_К вимкнена на ПС2): $I_{\phi(3\phi)} = 491(A)$,

$I_{\phi(1\phi)} = 502(A)$.

$$I_{\text{снр.}} \geq 1.3 \cdot 502 = 653(A)$$

Відведення від КЗ в кінці ПЛ (ш.150 ПС2):

В нормальному режимі: $I_{\phi(3\phi)} = 83(A)$, $I_{\phi(1\phi)} = 207(A)$.

В максимальному режимі (Л4_К вимкнена на ПС1): $I_{\phi(3\phi)} = 325(A)$,

$I_{\phi(1\phi)} = 403(A)$.

$$I_{\text{снр.}} \geq 1.3 \cdot 403 = 524(A)$$

Відведення від КЗ на шинах 150 ПС:

В нормальному режимі: $I_{\phi(3\phi)} = 2163(A)$, $I_{\phi(1\phi)} = 1764(A)$.

В максимальному режимі (вимкнений С1 на ПС): $I_{\phi(3\phi)} = 2970(A)$,

$I_{\phi(1\phi)} = 2645(A)$.

$$I_{\text{снр.}} \geq 1.3 \cdot 2970 = 3861(A)$$

Визначальна умова вибору уставки – відведення від КЗ на шинах ПС: 3861(A). Розрахункова уставка: 3861 (A).

Перевірка чутливості відсічки при КЗ на початку ПЛ:

$$\text{При } 3_{\phi} \text{ КЗ: } K_{\text{ч}} = \frac{4523-2163}{3861} < 1;$$

$$\text{При } 1_{\phi} K3 : K_{\phi} = \frac{4891-1764}{3861} < 1.$$

Чутливість після каскадного вимкнення ПЛ на ПС1:

$$\text{При } 3_{\phi} K3 : K_{\phi} = \frac{3845-1653}{3861} < 1;$$

$$\text{При } 1_{\phi} K3 : K_{\phi} = \frac{4335-1408}{3861} < 1.$$

Чутливість після каскадного вимкнення ПЛ на ПС1 та ПС2:

$$\text{При } 3_{\phi} K3 : K_{\phi} = \frac{3152}{3861} < 1;$$

$$\text{При } 1_{\phi} K3 : K_{\phi} = \frac{3689}{3861} < 1.$$

Струмова відсічка неефективна, в роботу не вводиться.

Вибір уставок струмового захисту нульової послідовності:

Розрахункові режими для вибору уставок СЗНП:

Програмний комплекс V-VI-50ПЗ

Варіантний розрахунок параметрів EF4-R670

Завдання 1

<Підрежими з комутаціями>

/1 Вкл =1 2818-2817

/2/1 Відкл = 2045-2051

/3/2 Відкл = 2034-2032

/4/1 Відкл = 2031-2039

/5 Відкл = 2046-2045

/6 Відкл = 2046-2038

/8 Відкл = 2037-2050 <відключена ПЛ4 на ПС1>

<узгодження с ПЛ1>

/10 Відкл = 2041-2042*2042 <відключена ПЛ1 на ПС3>

/11/10 Відкл = 2037-2050 < відключена ПЛ4 на ПС3>

/12/10 Відкл = 2045-2051 < відключена ПЛ3 на ПС3>

< узгодження с ПЛ4>

/20 Відкл = 2034-2032*2032 <каскад ПЛ4 на ПС1>

/21/20 Відкл = 2045-2051 < відключена ПЛ3 на ПС3>

/22/20 Відкл = 2050-2170 < відключена ПЛ2 на ПС3>

/23/21 Відкл = 2050-2170 < відключена ПЛ2 на ПС3>

< узгодження с ПЛ2>

/30 Відкл = 2045-2051 < відключена ПЛ3 на ПС3>

/31/30 Відкл = 2032-2034 < відключена ПЛ4 на ПС2>

EF4-R-1 ВЛ= 2038-2037 < гілка ПЛ с розрахованою EF4-R>

Визначальна умова вибору уставки:

За струмом – узгодження із $L1_k$ в каскаді: 950 (А),

За часом – узгодження із $L4_b, L2_k$: 1.1 (сек.).

Приймається уставка:

IN2> = 910 А (227%IBase), t2 = 1,1 с, направлена.

I Перевірка чутливості при КЗ у шин ПС1 в нормальному режимі								
I	Елемент мережі	0	2038-2037,	місце	установки	захисту	2038, ступінь захисту	2
I								I
I	Розгл :	Коеф. чутливість, підрежимів і мін струми[a] для їх ррозрахунку						I
I	Елемент мережі :	N 2	N 2	N 1	N 1	N 3	N 3	I
I	Iуст :	173	182	211	221	315	336	I
I	[a] :	[1]	[1.1]	[1]	[1.1]	[1]	[1.1]	I
I								I
I	910 :	0.19	0.20	0.23	0.24	0.35	0.37	I

I _____ I

Рисунок 2.2 – розрахунок уставок струмового захисту нульової послідовності

Перевірка чутливості при КЗ у шин ПС1							
Елемент мережі	0	2038-2037,	місце установки захисту	2038,	ступінь захисту	2	
Розгл : Коеф чутливості, підрежимів та мін струми[a] для їх розрахунку							
Елемент мережі	:	N 1	N 1	N 2	N 2	N 3	N 3
Iуст	:	471	485	882	935	1090	1279
[a]	:	[1]	[1.1]	[1]	[1.1]	[1]	[1.1]
910	:	0.52	0.53	0.97	1.17	1.36	1.59

Рисунок 2.3 – розрахунок відведень уставок струмового захисту нульової послідовності

3 ступінь СЗНП.

Розрахунок уставок струмового захисту нульової послідовності EF4-R670							
Елемент мережі	0	2038-2037,	місце установки захисту	2038,	ступінь захисту	3	
Умова вибору :П/р: Первинний струм [a]:Коеф :Макс. Перв. струму:Уставка[a]							
уставки	:	NN:	I захист /Iпоперд	[1]:ткрозп:	захисту	[1]	
:Квід=1.10I							
Згідно з ТЗНП ПРЕД. елемента 0 2031-2039 Iуст= 1100 Tуст=1.40 DT=0.30							
Узгодження с ТЗНП ПЛ1							
КЗ	0	2031-2042	L=1.000:	1:	122	:	1930
			L=1.000:	10:	322	:	3991
			L=1.000:	11:	1175	:	3669
			L=1.000:	12:	792	:	3900
Максимальний первинний струм захисту 307а (КЗ 0 2031-2042 L=1.000,п/р N 11)							
Уставка 340а,1.70сек							

Розрахунок уставок струмового захисту нульової послідовності EF4-R670							
Елемент мережі	0	2038-2037,	місце установки захисту	2038,	ступінь захисту	3	
Умова вибору :П/р: Первинний струм [a]: Коеф :Макс. Перв. струму:Уставка [a]							

```

I уставки : NN: I захист /Іпоперд [1]:ткрозп: захисту [1]
:Квід=1.10I
I
I Згідно з ТЗНП ПРЕД. елемента 0 2031-2033 Іуст= 1800 Туст=0.80 DT=0.30 I
Узгодження с ТЗНП Л74б
I КЗ 0 2031-2033 L=1.000: 1: 174 : 6347 : 0.027: 49 : 50 I
I L=1.000: 10: 248 : 6061 : 0.041: 73 : 80 I
I L=1.000: 11: 877 : 5633 : 0.156: 280 : 310 I
I L=1.000: 12: 521 : 6010 : 0.087: 156 : 170 I
I

```

Рисунок 2.4 – розрахунок уставок струмового захисту за допомогою програмного комплексу V-VI-50ПЗ 3 ступінь СЗНП

```

I
I Максимальний первинний струм захисту 280а (КЗ 0 2031-2033 L=1.000,п/р N 11)
I Уставка 310а,1.10сек I
I
-----
I Розрахунок уставок струмового захисту нульової послідовності EF4-R670 I
I Елемент мережі 0 2038-2037, місце установки захисту 2038, ступінь захисту 3 I
I
I Умова вибору :П/р: Первинний струм [а]: Коеф : Макс. Перв. струму :Уставка[а]
I уставки : NN: I захист /Іпоперд [1]:ткрозп: захисту [1] :Квід=1.10I
I
I Згідно з ТЗНП ПРЕД. елемента 0 2032-2029 Іуст= 1224 Туст=0.80 DT=0.30 I
I
Узгодження с ТЗНП Л74а
I КЗ 0 2032-1074 L=1.000: 1: 33 : 1519 : 0.022: 27 : 30 I
I L=1.000: 10: 49 : 1507 : 0.033: 40 : 40 I
I L=1.000: 11: 181 : 1488 : 0.122: 149 : 160 I
I L=1.000: 12: 103 : 1504 : 0.069: 84 : 90 I
I
I Максимальний первинний струм захисту 149а (КЗ 0 2032-1074 L=1.000,п/р N 11)
I Уставка 160а,1.10сек I
I
-----
I Розрахунок уставок струмового захисту нульової послідовно EF4-R670 I
I Елемент мережі 0 2038-2037, місце установки захисту 2038, ступінь захисту 3 I
I
I Умова вибору :П/р: Первинний струм [а]: Коеф : Макс. Перв. струму :Уставка[а]]
I уставки : NN: I захист /Іпоперд [1]:ткрозп: захисту [1] :Квід=1.10I
I
I Згідно з ТЗНП ПРЕД. елемента 0 2031-2030 Іуст= 2088 Туст=0.80 DT=0.30 I
I
Узгодження с ТЗНП Л975
I КЗ 0 2031-2030 L=1.000: 1: 46 : 2223 : 0.021: 43 : 50 I
I L=1.000: 10: 68 : 2202 : 0.031: 64 : 70 I
I L=1.000: 11: 249 : 2165 : 0.115: 240 : 260 I
I L=1.000: 12: 143 : 2198 : 0.065: 136 : 150 I
I
I Максимальний первинний струм захисту 240а (КЗ 0 2031-2030 L=1.000,п/р N 11)
I Уставка 260а,1.10сек I
I

```

Рисунок 2.5 – розрахунок уставок струмового захисту за допомогою програмного комплексу V-VI-50ПЗ 3 ступінь СЗНП

```

-----
I      Розрахунок уставок струмового захисту нульової послідовно EF4-R670      I
IEлемент мережі 0 2038-2037, місце установки захисту 2038, ступінь захисту 3  I
I      I
I Умова вибору :П/р: Первинний струм [а]: Коеф : Макс. Перв. струму :Уставка
[a]
I  уставки      : NN: I захист /Iпоперд [1]:ткрзп: захист [1] :Квід=1.10I
I      I
I      Згідно з ТЗНП ПРЕД. елемента0 2050-2170 Iуст= 1800 Iуст=0.80 DT=0.30  I
Узгодження с ТЗНП ПЛ2
I КЗ 0 2050-2141 L=1.000: 1: 403 : 4768 : 0.085: 152 : 170 I
I      L=1.000: 30: 768 : 4158 : 0.185: 332 : 365 I
I      L=1.000: 31: 984 : 2804 : 0.351: 631 : 690 I
I      I
IМаксимальний первинний струм захисту 631а (КЗ 0 2050-2141 L=1.000,п/р N 31)
I      Уставка 690а,1.10сек
I      I
-----

```

Рисунок 2.6 – розрахунок уставок струмового захисту за допомогою програмного комплексу V-VI-50ПЗ 3 ступінь СЗНП

Визначальна умова вибору уставки:

За струмом – узгодження із $L_{1к}$ в каскаді: 330 (А),

За часом – узгодження із $L_{1к}$: 1.7 (сек).

Приймається уставка:

$IN3 > = 330$ А (82%I_{Base}), $t3 = 1,7$ с, направлена.

```

-----
I      Перевірка чутливості при КЗ у шин ПС2
I      Елемент мережі 0 2038-2037, місце установки захисту 2038, ступінь захисту
3
I      I
I Розгл.      : Коеф. чутливість, підрежимів та мін струми для їх ррозрахунку I
IEлемент мережі :  N 2  N 2  N 1  N 1  N 3  N 3  N 8  N 8  I
I  Iуст      :  173  182  211  221  315  336  508  535  I
I  [а]      :  [1]  [1.1] [1]  [1.1] [1]  [1.1] [1]  [1.1]  I
I      I
I      330  :  0.52  0.55  0.64  0.67  0.95  1.02  1.54  1.62  I
I      I
-----
I      ПРОВЕРКА ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ при КЗ у шин ПС1
I      Элемент сети 0 2038-2037, место установки защиты 2038, ступень защиты 3  I
I      I
I Розгл.      : Коеф. чутливість, підрежимів та мін струми для їх ррозрахунку I
IEлемент мережі :  N 1  N 1  N 2  N 2  N 3  N 3  I
-----

```

I	Iуст	:	471	485	882	935	1090	1279	I
I	[a]	:	[1]	[1.1]	[1]	[1.1]	[1]	[1.1]	I
I									I
I	330	:	1.43	1.47	2.67	2.83	3.30	3.88	I
I									I

Рисунок 2.7 – розрахунок уставок струмового захисту за допомогою програмного комплексу V-VI-50ПЗ 3 ступінь СЗНП 4 ступінь СЗНП.

I	Розрахунок уставок струмового захисту нульової послідовності EF4-R670									I				
I	Елемент мережі	0	2038-2037,	місце	установки	захисту	2038,	ступінь	захисту	4	I			
I	Умова вибору	:	П/р:	Первинний	струм	[a]:	Коеф	:	Макс.	Перв.	струму	:Уставка	I	
I	[a]												I	
I	уставки	:	NN:	I	захист	/I	поперд	[1]:	ткрозп:	захист	[1]		I	
I	:Квід=1.10I												I	
I													I	
I	Згідно з	ТЗНП	ПРЕД.	елемента	0	2031-2033	Iуст=	408	Туст=2.60	DT=0.30			I	
I	Узгодження с ТЗНП Л74Б													
I	КЗ	0	2031-2033	L=1.000:	1:	174	:	6347	:	0.027:	11	:	10	I
I				L=1.000:	10:	248	:	6061	:	0.041:	16	:	20	I
I				L=1.000:	11:	877	:	5633	:	0.156:	63	:	70	I
I				L=1.000:	12:	521	:	6010	:	0.087:	35	:	40	I
I													I	
I	Максимальний	первинний	струм	захисту	63а	(КЗ	0	2031-2033	L=1.000,	п/р	N	11)	I	
I				Уставка	70а,	2.90сек							I	
I													I	
I	Розрахунок уставок струмового захисту нульової послідовності EF4-R670													
I	Елемент мережі	0	2038-2037,	місце	установки	захисту	2038,	ступінь	захисту	4			I	
I	Умова вибору	:	П/р:	Первинний	струм	[a]:	Коеф	:	Макс.	Перв.	струму	:Уставка	I	
I	[a]												I	
I	уставки	:	NN:	I	захист	/I	поперд	[1]:	ткрозп:	захист	[1]		I	
I	:Квід=1.10I												I	
I													I	
I	Згідно з	ТЗНП	ПРЕД.	елемента	0	2032-2029	Iуст=	884	Туст=1.60	DT=0.30			I	
I	Узгодження с ТЗНП Л74а													
I	КЗ	0	2032-1074	L=1.000:	1:	33	:	1519	:	0.022:	19	:	20	I
I				L=1.000:	10:	49	:	1507	:	0.033:	28	:	30	I
I				L=1.000:	11:	181	:	1488	:	0.122:	17	:	120	I
I													I	
I	Максимальний	первинний	струм	захисту	107а	(КЗ	0	2032-1074	L=1.000,	п/р	N	11)	I	
I				Уставка	120а,	1.90сек							I	
I													I	
I	Розрахунок уставок струмового захисту нульової EF4-R670													
I	Елемент мережі	0	2038-2037,	місце	установки	захисту	2038,	ступінь	захисту				I	
I	Умова вибору	:	П/р:	Первинний	струм	[a]:	:	Коеф	:	Макс.	Перв.	струму	:Уставка	I
I	[a]												I	
I	уставки	:	NN:	I	захист	/I	поперд	[1]:	ткрозп:	захист	[1]:	Квід=1.10	I	
I													I	

Рисунок 2.8 – розрахунок уставок струмового захисту за допомогою програмного комплексу V-VI-50ПЗ 4 ступінь СЗНП

I	Згідно з ТЗНП ПРЕД. елемента										0	2031-2030	Iуст= 1020	Tуст=2.00	DT=0.30	
Узгодження с ТЗНП Л975																
I	КЗ	0	2031-2030	L=1.000:	1:	46	:	2223	:	0.021:	21	:	20	I		
I				L=1.000:	10:	68	:	2202	:	0.031:	31	:	30	I		
I				L=1.000:	11:	249	:	2165	:	0.115:	117	:	130	I		
I				L=1.000:	12:	143	:	2198	:	0.065:	66	:	70	I		
I																
IМаксимальний первинний струм захисту 117а (КЗ 0 2031-2030 L=1.000,п/р N 11)																
I	Уставка 130а,2.30сек															
I																

I	Розрахунок уставок струмового захисту нульової послідовності EF4-R670 I															
I	IEлемент мережі 0 2038-2037, місце установки захисту 2038, ступінь захистуI															
I																
I	Умова вибору :П/р: Первинний струм [а]: Коеф :: Макс. Перв. струму :Уставка															
[а]																
I	уставки : NN: I захист /Iпоперд [1]:ткрозп: захист [1]															
:Квід=1.10I																
I																
I	Згідно з ТЗНП ПРЕД. елемента										0	2050-2170	Iуст= 504	Tуст=3.20	DT=0.30	
Узгодження с ТЗНП ПЛ2																
I	КЗ	0	2050-2141	L=1.000:	1:	403	:	4768	:	0.085:	42	:	50	I		
I				L=1.000:	30:	768	:	4158	:	0.185:	93	:	100	I		
I				L=1.000:	31:	984	:	2804	:	0.351:	176	:	190	I		
I																
IМаксимальний первинний струм захисту 176а (КЗ 0 2050-2141 L=1.000,п/р N 31)																
I	Уставка 190а,3.50сек															
I																

Рисунок 2.9 – розрахунок уставок струмового захисту за допомогою програмного комплексу V-VI-50ПЗ 4 ступінь СЗНП

Визначальна умова вибору уставки:

За струмом – узгодження із Л975 в каскаді: 130 (А),

За часом – узгодження із ПЛ2 : 3.5 (сек).

Приймається уставка:

IN4> = 130 А (32%I_{Base}), t₄ = 3,5 с, направлена.

2.8 Протиаварійні струмові захисти. Вибір уставок

Струм спрацювання МСЗ та СЗЗП має задовольняти наступним умовам:

Відведення від максимального струму навантаження ПЛ(тільки для МСЗ):

$$I_{спр} \geq \frac{K_{отс}}{K_g} \cdot I_{нагр.макс} \geq \frac{1.2}{0.95} \cdot 600 = 760(A)$$

Узгодження із захистами від міжфазних КЗ та КЗ на землю суміжних приєднань в напрямках вперед та назад:

$$I_{спр} \geq \frac{K_{отс}}{K_{\chi}} \cdot I_{розрах.макс}$$

Узгодження із Л1 СЕС (режим ЛЗ_к на ПС вимкнений):

$$K_{\chi \text{ дз}} = \frac{Z_{спрац.}}{Z_{розра.}} = \frac{14.7}{1.56} = 9.04,$$

$$I_{мсз} \geq \frac{1.1}{9.04} \cdot 2882 = 351(A)1.4с,$$

$$K_{\chi \text{ сзп}} = \frac{I_{розра.}}{I_{спрац.}} = \frac{2318}{360} = 6.44,$$

$$I_2 \geq \frac{1.1}{6.44} \cdot 1079 = 184(A)2.8с.$$

Узгодження із Л2_к (режим Л4_к відключена на ПС1):

$$K_{\chi \text{ дз}} = \frac{Z_{спрац.}}{Z_{розра.}} = \frac{15}{1.25} = 14,$$

$$I_{мсз} \geq \frac{1.1}{14} \cdot 309 = 28(A)0.8с,$$

$$K_{ч\text{ сзнп}} = \frac{I_{розр.}}{I_{спрац.}} = \frac{4059}{1800} = 2.25,$$

$$I_2 \geq \frac{1.1}{2.25} \cdot 112 = 55(A)1.1c.$$

Узгодження із Л74_б (режим: Л1_к в ремонті):

$$K_{ч\text{ оз}} = \frac{Z_{спрац.}}{Z_{розр.}} = \frac{23.75}{0.9} = 25,$$

$$I_{мсз} \geq \frac{1.1}{25} \cdot 24 = 10(A)1.5c,$$

$$K_{ч\text{ сзнп}} = \frac{I_{розр.}}{I_{спрац.}} = \frac{5848}{1104} = 5.3,$$

$$I_2 \geq \frac{1.1}{5.3} \cdot 80 = 20(A)1.1c.$$

Узгодження із Л4_а (режим Л1_к в ремонті):

$$K_{ч\text{ оз}} = \frac{Z_{спрац.}}{Z_{розр.}} = \frac{31.25}{19.8} = 1.58,$$

$$I_{мсз} \geq \frac{1.1}{1.58} \cdot 94 = 65(A)1.7c,$$

$$K_{ч\text{ сзнп}} = \frac{I_{розр.}}{I_{спрац.}} = \frac{1459}{888} = 1.64,$$

$$I_2 \geq \frac{1.1}{1.64} \cdot 41 = 28(A)1.1c.$$

Узгодження із Л975 (режим: Л1_к в ремонті):

$$I_{МСЗ} \geq 0,8с.$$

$$I_2 \geq 0,8с.$$

Визначальна умова вибору уставки:

МСЗ за струмом – відведення від навантаження: 760 А,

СЗЗП за струмом – узгодження із Л1 СЕС: 220 А,

За часом – узгодження із Л1 СЕС: 2.8 сек.

Приймається уставка:

МСЗ: $I_{1>} = 760$ А (190% I_{Base}), $t_1 = 2,8$ с, ненаправлена.

СЗЗП: $I_{2 1>} = 220$ А (55% I_{Base}), $t_1 = 2,8$ с, ненаправлена.

Захисти вводяться оперативно при несправності кіл змінно напруги.

Перевірка чутливості прийнятих уставок:

При КЗ на початку ПЛ ПС нормальний режим:

$$K_{ч(мс)3ф} = \frac{4523 - 2163}{760} > 2,$$

$$K_{ч(мс)2ф} = \frac{0.8 - (4523 - 2163)}{760} > 2,$$

$$K_{ч(сзп)1ф} = \frac{840}{220} > 2.$$

Чутливість при КЗ біля шин ПС1 та ПС2 забезпечується після вимкнення ПЛ з усіх інших кінців ПЛ (подвійний каскад).

2.9 Висновки до другого розділу

Вибір пристроїв релейного захисту виконується за допомогою розрахунку струмів короткого замикання.

Результати розрахунків допоможуть вибрати обладнання для забезпечення безпечної експлуатації підстанції

3 ВИБІР ПАРАМЕТРІВ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗАХИСТУ ЛЕП 150 кВ

3.1 Вибір коефіцієнтів компенсації ємнісних струмів.

Для усіх ступенів дистанційного захисту приймається коефіцієнт компенсації струму K_k , який впливає на струм в дистанційному захисті в нормальному режимі ($Z_{л}$ – програма враховує опір лінії на ділянці відпайки).

Для першої зони дистанційного захисту ЛЕП $ZM_1:K_k = 0.954$, коефіцієнт компенсації струмів замикання на землю по величині $KNMag_1 = 0.95$, та по куту $KNAng_1 = 1^\circ$.

Для зони лінії $ZM_1 - ZM_2: K_k = 0.954$, $KNMag_1 = 0.95$, $KNAng_1 = 1^\circ$.

3.2 Розрахункові режими для вибору уставок дистанційного захисту

Програмний комплекс розрахунку V-VI-50ПЗ параметрів режиму (Комплексного програмного забезпечення (V-VI-50ПЗ) автоматизованих розрахунків на ПЕВМ аварійних режимів и уставок РЗ в складних електричних мережах).

Варіантний розрахунок параметрів дистанційного захисту виконуємо за допомогою програмного забезпечення V-VI-50ПЗ.

Завдання для розрахунку

Оглядаємо підрежими з комутаціями.

Підрежими з комутаціями:

/1 Вкл = 1 2818-2817

/2/1 Відкл = 2045-2051

/3/1 Відкл = 2034-2032

/4/1 Відкл = 2037-2050

/5 Відкл = 2046-2045

/6 Відкл = 2046-2038

/8 Відкл = 2037-2050 <відключена ПЛ4 на ПС1>

<узгодження с ПЛ1>

/10 Відкл = 2041-2042*2042 <відключена ПЛ1 на ПС3>

/11/10 Відкл = 2037-2050 <відключена ПЛ4 на ПС1>

/12/10 Відкл = 2045-2051 <відключена ПЛ3 на ПС1>

<узгодження с ПЛ4>

/20 Відкл = 2034-2032*2032 <каскад ПЛ4 на ПС1>

/21/20 Відкл = 2045-2051 <відключена ПЛ3 на ПС3>

/22/20 Відкл = 2050-2170 <відключена ПЛ2 на ПС3>

/23/21 Відкл = 2050-2170 <відключена ПЛ2 на ПС3>

<узгодження с ПЛ2>

/30 Відкл = 2045-2051 <відключена ПЛ3 на ПС3>

/31/30 Відкл = 2032-2034 <відключена ПЛ4 на ПС2>

/100 Відкл = 2032-2034 2037-2050

/101 Відкл = 2032-2034 2037-2050*2050

/102 Відкл = 2032-2034*2032 2037-2050

Під модуль моделювання КЗ через активний перехідний опір ДЗ-R-2 ПЛ
= 2038-2037*2038*2038

Коефіцієнт трансформації трансформатора струму

$$K_{TC} = 400/1$$

Номінальна напруга трансформатора струму

$$U_{ном.тс} = 150 \text{ кВ}$$

$FL=76.0$ град. - імпедансний кут ПЛ для ДЗ-R у протилежного кінця ПЛ

Дистанційний захист ступень 1

I	РОЗРАХУНОК УСТАВОК ДИСТАНЦІЙНОГО ЗАХИСТУ ДЗ-R670	I
I	Елемент мережі 0 2038-2037, ТС у 2038, ТН у 2038, ступні захисту 1	I
I	Коеф. трансформації тр-ра струму 400/1, ступінь напруги тр-ра струму 150кВ	I
I	Коеф. компенсації $K_k = 0.954$ 0.019, кут ПЛ $FL= 76.0$ гр	I

Рисунок 3.2 – Розрахунок уставок дистанційного захисту першого ступеня за допомогою програмного комплексу V-VI-50ПЗ

ВІДВЕДЕННЯ										
Відведення від 1фКЗ в кінці ПЛ – на шинах ПС1										
1фКЗ 2032	:	1	:	25.91	104.50	:	88.82	:	23.69	I
1фКЗ 2032	:	2	:	17.59	310.96	:	264.32	:	70.48	I
1фКЗ 2032	:	3	:	322.91	898.05	:	763.34	:	203.56	I
1фКЗ 2032	:	4	:	8.82	35.74	:	30.38	:	8.10	I
1фКЗ 2032 RZ= 5.00	:	1	:	184.68	91.32	:	77.63	:	20.70	I
1фКЗ 2032 RZ= 5.00	:	2	:	522.33	315.14	:	267.87	:	71.43	I
1фКЗ 2032 RZ= 5.00	:	3	:	1383.37	575.87	:	489.49	:	130.53	I
1фКЗ 2032 RZ= 5.00	:	4	:	62.86	32.59	:	27.70	:	7.39	I
I Мінімальний первинний опір X захисту 32.59 ом (1фКЗ 2032, п/р N 4) I										
I Первинний опір X уставки 27.70 ом I										
РОЗРАХУНОК УСТАВОК ДИСТАНЦІЙНОГО ЗАХИСТУ ДЗ-R670										
I Елемент мережі 0 2038-2037, ТС у 2038, ТН у 2038, ступні захисту 1 I										
I Коеф. трансформації тр-ра струму 400/1, ступінь напруги тр-ра струму 150кВ I										
I Коеф. компенсації Kk = 0.954 0.019, кут ПЛ FL = 76.0гр I										
I Умовия вибору :П/р : Первин. опір: Первин. опір уст: Вторин опір I										
I уставки : NN : захисту : Квід =0 .85 : уставки I										
I : : Rз[ом] Xз[ом] : Хуст перв[ом] :Хуст вт[ом] I										
I										
ВІДВЕДЕННЯ										
Відведення від 1фКЗ в кінці ПЛ – у шинах ПС2										
1фКЗ 2050	:	1	:	10.62	44.79	:	38.07	:	10.15	I
1фКЗ 2050	:	2	:	5.98	23.49	:	19.97	:	5.32	I
1фКЗ 2050	:	3	:	6.89	27.71	:	23.55	:	6.28	I
I										
1фКЗ 2050	:	4	:	-14.08	-53.95	:	Fz зах<0	:		I
1фКЗ 2050 RZ= 5.00	:	1	:	65.88	42.94	:	36.50	:	9.73	I
1фКЗ 2050 RZ= 5.00	:	2	:	23.65	22.78	:	19.36	:	5.16	I
1фКЗ 2050 RZ= 5.00	:	3	:	40.37	26.61	:	22.61	:	6.03	I
1фКЗ 2050 RZ= 5.00	:	4	:	-52.27	-53.10	:	Fz зах<0	:		I
I										
I Мінімальний первинний опір X захисту 22.78 ом (1фКЗ 2050, п/р N 2) I										
I Первинний опір X уставки 19.36 ом I										
I Вторинний опір X уставки 5.16 ом I										
I										

Рисунок 3.3 – Розрахунок уставок дистанційного захисту першого ступеня за допомогою програмного комплексу V-VI-50ПЗ

Визначальна умова вибору уставки:

відведення від 1Фкз на шинах ПС1: 19.19 Ом

Відведення при $RZ > 0$ Ом, відведення по R не потребується.

Приймається уставка:

$$X_1 = 19.1 \text{ Ом.}$$

$$Z_1 = 19.7 \text{ Ом, } t_1 = 0 \text{ с.}$$

$$\text{Розрахунок } Z_1 \text{ при } \varphi_n = 76^\circ \Rightarrow Z_1 = \frac{X}{\sin 76} = 19.7 \text{ Ом}$$

I	РОЗРАХУНОК УСТАВОК ДИСТАНЦІЙНОГО ЗАХИСТУ ДЗ-R670						I
I	Елемент мережі 0 2038-2037, ТС у 2038, ТН у 2038, ступні захисту 1						I
I	Коеф. трансформації тр-ра струму 400/1, ступінь напруги тр-ра струму 150кВ						I
I	Коеф. компенсації Kk=0.954 0.019, кут ПЛ FL= 76.0б.						I
I							I
I	Умови вибору	:П/р	: Первин. опір:	Первин. опір уст:	Вторин опір		I
I	уставки	: NN:	попередні	: захисти	: уст , К чув = 1.10	уставки	I
I		:	: X = 19.10[ом]	Rз[ом]	Xз[ом]:R уст перв	[ом] R уст вт	I
I							I

Рисунок 3.4 – Розрахунок уставок дистанційного захисту першого ступеня за допомогою програмного комплексу V-VI-50ПЗ

Забесп. Чут. при СОГ з ДЗ-R 0 2038-2037 Хуст перв = 19.10(К скор1.00)Kk=0.954 0.019I									
Забезпечення чутливості по R при 3ф КЗ на шинах ПС1 в н.р.									
I	3фКЗ 0 2038-2032 L=0.571:	1:	18.12	19.09	18.12	19.09	14.70	: 3.92	I
I					13.36	tg 76.0			I
I	RD= 1.00	:	:	:	:	:	:	:	I
I	3фКЗ 0 2038-2032 L=0.585:	2:	11.03	19.07	11.03	19.07	6.91	: 1.84	I
I					6.28	tg 76.0			I
I	RD= 1.00	:	:	:	:	:	:	:	I
I	3фКЗ 0 2038-2032 L=0.573:	3:	12.09	19.10	12.09	19.10	8.06	: 2.15	I
I					7.33	tg 76.0			I
I	RD= 1.00	:	:	:	:	:	:	:	I
I									I
I	Макс. первин опір R захисту	13.36	ом	(3фКЗ 0 2038-2032 L=0.571,	п/р N	1)			I
I	Первинний опір R уставки	14.70	ом						I
I	Вторинний опір R уставки	3.92	ом						I
I									I
РОЗРАХУНОК УСТАВОК ДИСТАНЦІЙНОГО ЗАХИСТУ ДЗ-R670								I	
I	Елемент мережі 0 2038-2037, ТС у 2038, ТН у 2038, ступні захисту 1						I		
I	Коеф. трансформації тр-ра струму 400/1, ступінь напруги тр-ра струму 150кВ						I		
I	Коеф. компенсації Kk=0.954 0.019, кут ПЛ FL= 76.0б.						I		
I							I		
I	Умови вибору	:П/р:	Первин. опір:	Первин. опір уст:	Вторин опір				I
I	уставки	: NN:	попередні	: захисти	: уст , К чув = 1.10	уставки			I
I		:	: X= 19.10[ом]	Rз[ом]	Xз[ом]:R уст перв	[ом] R уст вт			I
I							I		
Забесп. Чут. при СОГ з ДЗ-R 0 2038-2037 Хуст перв = 19.10(К скор1.00)Kk=0.954 0.019I									
Забезпечення чутливості по R при 3ф КЗ на шинах ПС2 в н.р.									
I	3фКЗ 0 2038-2050 L=0.856:	1:	18.47	18.79	18.47	18.79	15.16	: 4.04	I
I					13.78	tg 76.0			I
I	RD= 1.00	:	:	:	:	:	:	:	I

```

ЗфКЗ 0 2038-2050 L=0.869: 2: 10.80 19.10 10.80 19.10 6.65 : 1.77 I
I
I RD= 1.00 : : : : : I
ЗфКЗ 0 2038-2050 L=0.904: 3: 14.15 19.04 14.15 19.04 10.34 : 2.76 I
I

```

Рисунок 3.5 – Розрахунок уставок дистанційного захисту першого ступеня за допомогою програмного комплексу V-VI-50ПЗ

```

Забесп. Чут. при СОГ з ДЗ-Р 0 2038-2037 Хуст перв= 19.10 (Ксокр1.00)Кк=0.954
0.019I
I
I R X I
ЗфКЗ 0 2038-2032 L=0.633:100: 8.26 19.10 8.26 19.10 5.24 : 1.40 I
I 3.49 tg 76.0 I
I RD= 3.00 : : : : : I
I
I Макс. первин опір R захисту 3.49 ом (ЗфКЗ 0 2038-2032 L=0.633, п/р N100) I
I Первинний опір R уставки 5.24 ом I
I Вторинний опір R уставки 1.40 ом I
I
I РОЗРАХУНОК УСТАВОК (R уст) ДИСТАНЦІЙНОГО ЗАХИСТУ ДЗ-Р670 I
I Елемент мережі 0 2038-2037, ТС у 2038, ТН у 2038, ступені захисту 1 I
I Коеф. трансформації тр-ра струму 400/1, ступень напруги тр-ра тока 150кВ I
I Коеф. компенсації Кк=0.954 0.019, кут ПЛ FL= 76.0б I
I
I Умови вибору :П/р: Первин. опір : Первин. опір уст: Вторин опір I
I уставки : NN: попередні : захисти : уст ,К чут=1.50 уставки I
I :X= 19.10[ом] Rз[ом] Хз[ом]:Руст перв [ом] Руст вт I
I
Забесп. Чут. при СОГ з ДЗ-Р 0 2038-2037 Хуст перв= 19.10 (Ксокр1.00)Кк=0.954
0.019I
I
I R X I
ЗфКЗ 0 2038-2032 L=0.633:100: 8.26 19.10 8.26 19.10 5.24 : 1.40 I
I 3.49 tg 76.0 I
I RD= 3.00 : : : : : I
I
I Макс. первин опір R захисту 3.49 ом (ЗфКЗ 0 2038-2032 L=0.633, п/р N100) I
I Первинний опір R уставки 5.24 ом I
I Вторинний опір R уставки 1.40 ом I
I
I РОЗРАХУНОК УСТАВОК (R уст) ДИСТАНЦІЙНОГО ЗАХИСТУ ДЗ-Р670 I
I Елемент мережі 0 2038-2037, ТС у 2038, ТН у 2038, ступені захисту 1 I
I Коеф. трансформації тр-ра струму 400/1, ступень напруги тр-ра тока 150кВ I
I Коеф. компенсації Кк=0.954 0.019, кут ПЛ FL= 76.0гр I
I
I Умови вибору :П/р: Первин. опір : Первин. опір уст: Вторин опір I
I уставки : NN: попередні : захисти : уст ,К чут=1.1 уставки I
I : X= 19.10[ом] Rз[ом] Хз[ом]:Руст перв [ом] Руст вт I
I
Забесп. Чут. при СОГ з ДЗ-Р 0 2038-2037 Хуст перв= 19.10 (Ксокр1.00)Кк=0.954
0.019I
Забезпечення чутливості по R при 1ф КЗ на шинах ПС1 в нормальному режимі
1фКЗ 0 2038-2050 L=0.869: 1: 27.07 18.92 66.52 48.35 60.96 : 16.26 I
I 55.42 tg 77.1 I
I RZ= 5.00 : : : : : I

```


1фКЗ	0	2038-2050	L=0.936:	2:	20.44	19.06	40.11	39.30	34.47	:	9.19	I
I							31.34	tg 77.4				I
I			RZ= 5.00	:	:	:	:	:	:	:	:	I
1фКЗ	0	2038-2050	L=0.908:	3:	23.84	18.91	51.60	42.73	46.09	:	12.29	I
I							41.90	tg 77.2				I
I			RZ= 5.00	:	:	:	:	:	:	:	:	I
I												I

Рисунок 3.6 – Розрахунок уставок дистанційного першого ступеня захисту за допомогою програмного комплексу V-VI-50ПЗ

I	Макс. первин опір R захисту	55.42 ом	(1фКЗ 0 2038-2050 L=0.869, п/р N 1)	I
I	Первинний опір R уставки	60.96 ом		I
I	Вторинний опір R уставки	16.26 ом		I
I				I

Рисунок 3.7 – Розрахунок уставок дистанційного захисту першого ступеня за допомогою програмного комплексу V-VI-50ПЗ

Приймається уставка:

$$RFPP = 2 \cdot 14.96 = 30 = 16 \text{ Ом. } RFPE = 36 \text{ Ом}$$

Зона охоплення захисту ПЛ при 3ф КЗ в напрямку ПС1											
I	Елемент мережі	0 2038-2037,	ТС у 2038,	ТН у 2038,	ступені захисту 1,	Кч=1.00	I				
I	Коеф. трансформації тр-ра струму	400/1,	ступінь напруги тр-ра струму	150кВ	I						
I	Коеф. компенсації	Kk=0.954	0.019,	кут ПЛ FL=76.0гр	I						
I	Z уставки	:Защищаемая ВЛ:	П/р	:Зона захвата ВЛ:	Zрзр	:Zуст/Кч:Вид КЗ:	Рд	Rз	I		
I	ІДЗ-R670ом:	:	: [отн. ед. Льл]:	[ом]:	[ом] :	:	[ом]	I			
I	R 15.00	:	:	R -0.14	15.00:	:		I			
I	X 19.10	: 0 2038-2032	: 1:	0.573	X 19.09	19.10:	[3] :	I			
I	I	:	:	R -0.05	15.00:	:		I			
I	I	:	: 4:	0.630	X 19.10	19.10:	[3] :	I			
I	I	:	:	R 14.86	15.00:	:		I			
I	I	:	: 1:	0.404	X 12.49	19.10:	[3] : 3.00 0.00	I			
I	I	:	:	R 12.60	15.00:	:		I			
I	I	:	: 4:	0.629	X 19.10	19.10:	[3] : 3.00 0.00	I			
I								I			

Зона охоплення захисту ПЛ при 3ф КЗ в напрямку ПС2											
I	Елемент мережі	0 2038-2037,	ТС у 2038,	ТН у 2038,	ступень захисту 1,	Кч=1.00	I				
I	Коеф. трансформації тр-ра струму	400/1,	ступінь напруги тр-ра струму	150кВ	I						
I	Коеф. компенсації	Kk=0.954	0.019,	кут ПЛ FL=76.0гр	I						
I	Z уставки	:Защищаемая ВЛ:	П/р	:Зона захвата ВЛ:	Zрзр	:Zуст/Кч:Вид КЗ:	Рд	Rз	I		
I	ІДЗ-R670ом:	:	: [отн. ед. Льл]:	[ом]:	[ом] :	:	[ом]	I			
I	R 36.00	:	:	R -0.06	36.00:	:		I			
I	X 19.10	: 0 2038-2032	: 1:	0.579	X 19.10	19.10:	[1] :	I			
I	I	:	:	R -0.30	36.00:	:		I			
I	I	:	: 4:	0.796	X 19.10	19.10:	[1] :	I			
I	I	:	:	R 34.51	36.00:	:		I			
I	I	:	: 1:	0.516	X 14.82	19.10:	[1] : 0.00 5.00	I			
I	I	:	:	R 29.02	36.00:	:		I			
I	I	:	: 4:	0.799	X 19.10	19.10:	[1] : 0.00 5.00	I			

Зона охоплення захисту ПЛ при 3ф КЗ в напрямку ПС1									
Елемент мережі 0 2038-2037, ТС у 2038, ТН у 2038, ступені захисту 1, Кч=1.00									
Коеф. трансформації тр-ра тока 400/1, ступінь напруги тр-ра струму 150кВ									
Коеф. компенсації Kk=0.954 0.019, кут ПЛ FL=76.0гр									

Рисунок 3.8 – Розрахунок уставок дистанційного захисту першого ступеня за допомогою програмного комплексу V-VI-50ПЗ

Зона охоплення захисту ПЛ при 3ф КЗ в напрямку ПС2									
Елемент мережі 0 2038-2037, ТС у 2038, ТН у 2038, ступень защиты 1, Кч=1.00									
Коеф. трансформації тр-ра тока 400/1, ступінь напруги тр-ра струму 150кВ									
Коеф. компенсації Kk=0.954 0.019, кут ПЛ FL=76.0гр									

Зона захвату ВЛ: Зрозр: Зуст/Кч: Вид КЗ: Рд Rз									
ІДЗ-R670ом:	:	:	[отн. ед. Лвл]:	[ом]:	[ом]:	:	:	[ом]	І
R 15.00	:	:	:	R -0.11	15.00:	:	:		І
X 19.10	:	0 2038-2050	:	1:	0.859	X 18.73	19.10:	[3]:	І
I	:	:	:	R 0.08	15.00:	:	:		І
I	:	:	3:	0.912	X 19.01	19.10:	[3]:		І
I	:	:	:	R 14.90	15.00:	:	:		І
I	:	:	1:	0.608	X 12.51	19.10:	[3]:	3.00 0.00	І
I	:	:	:	R 14.83	15.00:	:	:		І
I	:	:	3:	0.717	X 14.67	19.10:	[3]:	3.00 0.00	І

Зона захвату ВЛ: Зрасч: Зуст/Кч: Вид КЗ: Рд R									
ІДЗ-R670ом:	:	:	[отн. ед. Лвл]:	[ом]:	[ом]:	:	:	[ом]	І
R 36.00	:	:	:	R -0.14	36.00:	:	:		І
X 19.10	:	0 2038-2050	:	1:	0.867	X 18.91	19.10:	[1]:	І
I	:	:	:	R -0.02	36.00:	:	:		І
I	:	:	3:	0.904	X 18.97	19.10:	[1]:		І
I	:	:	:	R 35.13	36.00:	:	:		І
I	:	:	1:	0.780	X 14.93	19.10:	[1]:	0.00 5.00	І
I	:	:	:	R 35.62	36.00:	:	:		І
I	:	:	3:	0.870	X 16.94	19.10:	[1]:	0.00 5.00	І

Рисунок 3.9 – Розрахунок уставок дистанційного захисту першого ступеня за допомогою програмного комплексу V-VI-50ПЗ

Прийняті уставки 1 ступені:

$$Z_1 = 19.7 \text{ Ом} (X_1 = 19.1 \text{ Ом}, R_1 = 4.76 \text{ Ом})$$

$$R_{FPP} = 30 \text{ Ом},$$

$$t_{1pp} = 0 \text{ с.}$$

$$t_{1pe} = 0 \text{ с.}$$

Дистанційний захист ступень 2

I	Розрахунок уставок дистанційного захисту ДЗ-R670						I
I	Елемент мережі 0 2038-2037, ТС у 2038, ТН у 2038, ступені захисту 2						I
I	Коеф. трансформації тр-ра струму 400/1, ступень напруги тр-ра струму 150кВ						I
I	Коеф. компенсації Kk=0.954 0.019, кут ПЛ FL= 76.0б						I
I							I
I	Умови вибору	:П/р	: Первин. опір:	Первин. опір уст:	Вторин опір	I	
I	уставки	: NN	: захисти	: К чув=1.25	: уставки	I	
I		:	: Rз[ом] Xз[ом]	: Хуст перв[ом]	:Хуст вт[ом]	I	
I							I
I							I
I	Забезпечення чутливості						I
I	При 3ф и 1ф КЗ на шинах ПС1						I
	3фКЗ 2032	: 1	: 11.99 133.52	: 166.89	: 44.51	I	
	3фКЗ 2032	: 2	: -55.79 -85.96	: Fz зах<0		I	
	3фКЗ 2032	: 3	: -472.59-642.41	: Fz зах<0		I	
	3фКЗ 2032	: 4	: 7.51 30.72	: 38.40	: 10.24	I	
	3фКЗ 2032 RD= 3.00	: 1	: 272.62 166.58	: 208.23	: 55.53	I	
	3фКЗ 2032 RD= 3.00	: 2	: -258.96 -38.70	: Fz зах<0		I	
	3фКЗ 2032 RD= 3.00	: 3	: *****-481.93	: Fz зах<0		I	
	3фКЗ 2032 RD= 3.00	: 4	: 68.43 31.72	: 39.65	: 10.57	I	
	1фКЗ 2032	: 1	: 25.91 104.50	: 130.62	: 34.83	I	
	1фКЗ 2032	: 2	: 17.59 310.96	: 388.70	: 103.65	I	
	1фКЗ 2032	: 3	: 322.91 898.05	: 1122.56	: 299.35	I	
	1фКЗ 2032	: 4	: 8.82 35.74	: 44.68	: 11.91	I	
	1фКЗ 2032 RZ= 5.00	: 1	: 184.68 91.32	: 114.16	: 30.44	I	
	1фКЗ 2032 RZ= 5.00	: 2	: 522.33 315.14	: 393.93	: 105.05	I	
	1фКЗ 2032 RZ= 5.00	: 3	: 1383.37 575.87	: 719.84	: 191.96	I	
	1фКЗ 2032 RZ= 5.00	: 4	: 62.86 32.59	: 40.74	: 10.86	I	
I							I
I	Розрахунок уставок дистанційного захисту ДЗ-R670						I
I	Елемент мережі 0 2038-2037, ТС у 2038, ТН у 2038, ступені захисту 2						I
I	Коеф. трансформації тр-ра тока 400/1, ступень напруги тр-ра струму 150кВ						I
I	Коеф. компенсації Kk=0.954 0.019, кут ПЛ FL= 76.0гр						I
I							I
I	Умови вибору	:П/р	: Первин. опір	: Первин. опір уст:	Вторин опір	I	
I	уставки	: NN	: захисти	: К чув=1.25	: уставки	I	
I		:	: Rз[ом] Xз[ом]	: Хуст перв[ом]	:Хуст вт[ом]	I	

Рисунок 3.10 – Розрахунок уставок дистанційного захисту другого ступеня за допомогою програмного комплексу V-VI-50ПЗ

I		Забезпечення чутливості				I			
При 3ф и 1ф КЗ у шин ПС2									
3фКЗ 2050	:	1	:	-12.18 131.98	:	164.97	:	43.99	I
3фКЗ 2050	:	2	:	7.17 30.55	:	38.18	:	10.18	I
3фКЗ 2050	:	3	:	5.91 22.58	:	28.22	:	7.53	I
3фКЗ 2050	:	4	:	-9.22 -32.30	:	Fz зах<0			I
3фКЗ 2050 RD= 3.00	:	1	:	267.47 230.54	:	288.18	:	76.85	I
3фКЗ 2050 RD= 3.00	:	2	:	26.81 31.01	:	38.76	:	10.34	I
3фКЗ 2050 RD= 3.00	:	3	:	57.11 25.65	:	32.07	:	8.55	I
3фКЗ 2050 RD= 3.00	:	4	:	-27.85 -32.24	:	Fz зах<0			I
1фКЗ 2050	:	1	:	10.62 44.79	:	55.99	:	14.93	I
1фКЗ 2050	:	2	:	5.98 23.49	:	29.36	:	7.83	I
1фКЗ 2050	:	3	:	6.89 27.71	:	34.63	:	9.24	I
1фКЗ 2050	:	4	:	-14.08 -53.95	:	Fz зах<0			I
1фКЗ 2050 RZ= 5.00	:	1	:	65.88 42.94	:	53.68	:	14.31	I
1фКЗ 2050 RZ= 5.00	:	2	:	23.65 22.78	:	28.47	:	7.59	I
1фКЗ 2050 RZ= 5.00	:	3	:	40.37 26.61	:	33.26	:	8.87	I
1фКЗ 2050 RZ= 5.00	:	4	:	-52.27 -53.10	:	Fz зах<0			I

I		Розрахунок уставок дистанційного захисту ДЗ-R670				I	
IEлемент мережі 0 2038-2037, ТС у 2038, ТН у 2038, ступені захисту 2							
I Коеф. трансформації тр-ра струму 400/1, ступень напруги тр-ра струму 150кВ							
I Коеф. компенсації Kk=0.954 0.019, кут ПЛ FL= 76.0б							
I							
I Умови вибору :П/р: Первин. опір: Первин. опір уст: Вторин опір							
I уставки : NN: попередні : захисти : уст ,Квід=0.85 уставки							
I : :Z= 7.20[ом] Rз[ом] Хз[ом]:Хуст перв [ом] Хуст вт							
I							
I Узгодження с ДЗ 0 2031-2039 Зуств перв= 8.00(К скор =0.90),Туств=0.00DT=0.80I							

Узгодження с ПЛ1 в каскаді при 3ф КЗ

3фКЗ 0 2031-2042 L=0.719:	1:	7.20< 77>-111.24	-238.10	Fz зах<0		I
3фКЗ 0 2031-2042 L=0.722:	10:	7.20< 77>	72.68 473.16	402.19	:	107.25 I
3фКЗ 0 2031-2042 L=0.721:	11:	7.20< 77>	21.46 94.61	80.42	:	21.45 I
3фКЗ 0 2031-2042 L=0.722:	12:	7.20< 77>	20.43 328.73	279.42	:	74.51 I
I						
I Мін первин. опір X захисту 94.61 ом (3фКЗ 0 2031-2042 L=0.721, п/р N 11)						
I Первинний опір X уставки 80.42 ом 0,8 с						
I Вторинний опір X уставки 21.45 ом						
I						

I		Розрахунок уставок дистанційного захисту ДЗ-R670				I	
I Елемент мережі 0 2038-2037, ТС у 2038, ТН у 2038, ступені захисту 2							
I Коеф. трансформації тр-ра струму 400/1, ступень напруги тр-ра струму 150кВ							
I Коеф. компенсації Kk=0.954 0.019, кут ПЛ FL= 76.0гр							
I							
I Умови вибору :П/р: Первин. опір: Первин. опір уст: Вторин опір							
I уставки : NN: попередні : захисти : уст ,Квід=0.85 уставки							
I : :Z= 21.38[ом] Rз[ом] Хз[ом]:Хуст перв [ом] Хуст вт							
I							

Рисунок 3.11 – Розрахунок уставок дистанційного захисту другого ступеня за допомогою програмного комплексу V-VI-50П

I Узгодження с ДЗ 0 2031-2033 Зуст перв= 23.75(К скор=0.90),Туст=1.20DT=0.40I										
Узгодження с Л746 при 3ф КЗ										
3фКЗ	0	2031-2033	L=1.000:	1:	21.36< 89>	-349.14	1742.75	1481.34	: 395.02	I
I			X1шунт= 13.450:	:	:	:	:	:	:	I
3фКЗ	0	2031-2033	L=1.000:	10:	21.32< 89>	-60.11	909.31	772.91	: 206.11	I
I			X1шунт= 13.250:	:	:	:	:	:	:	I
3фКЗ	0	2031-2033	L=1.000:	11:	21.30< 88>	5.84	163.55	139.01	: 37.07	I
I			X1шунт= 12.850:	:	:	:	:	:	:	I
3фКЗ	0	2031-2033	L=1.000:	12:	21.33< 89>	-141.96	658.50	559.73	: 149.26	I
I			X1шунт= 13.250:	:	:	:	:	:	:	I
I										I
I Мін первин. опір X захисту 163.55 ом (3фКЗ 0 2031-2033 L=1.000, п/р N 11)I										
I Первинний опір X уставки 139.01 ом 1,5 с*										
I Вторинний опір X уставки 37.07 ом										
I										
I Розрахунок уставок дистанційного захисту ДЗ-R670										
I Елемент мережі 0 2038-2037, ТС у 2038, ТН у 2038, ступені захисту 2										
I Коеф. трансформації тр-ра струму 400/1, ступень напруги тр-ра струму 150кВ										
I Коеф. компенсації Kk=0.954 0.019, кут ПЛ FL= 76.0гр										
I										
I Умови вибору :П/р: Первин. опір : Первин. опір уст: Вторин опір										
I уставки : NN: попередні : захисти :уст, Квід=0.85 уставки										
I : :Z= 14.85[ом] Rз[ом] Xз[ом]:Хуст перв [ом] Хуст вт										
I										
I Узгодження с ДЗ 0 2018-2131 Зуст перв= 16.50(К скор=0.90),Туст=0.00 DT=0.40I										
Узгодження с Л74 при 3ф КЗ										
3фКЗ	0	2018-2003	L=0.688:	1:	14.85< 76>	91.98	1217.39	1034.78	: 275.94	I
I										I
3фКЗ	0	2018-2003	L=0.688:	10:	14.85< 76>	106.86	655.77	557.41	: 148.64	I
3фКЗ	0	2018-2003	L=0.688:	11:	14.85< 76>	28.57	123.78	105.21	: 28.06	I
3фКЗ	0	2018-2003	L=0.688:	12:	14.85< 76>	32.57	463.35	393.85	: 105.03	I
I										I
I Мін первин. опір X захисту 123.78 ом (3фКЗ 0 2018-2003 L=0.688, п/р N 11)I										
I Первинний опір X уставки 105.21 ом 0,8 с										
I Вторинний опір X уставки 28.06 ом										
I										
I Розрахунок уставок дистанційного захисту ДЗ-R670										
I Елемент мережі 0 2038-2037, ТС у 2038, ТН у 2038, ступені захисту 2										
I Коеф. трансформації тр-ра струму 400/1, ступень напруги тр-ра струму 150кВ										
I Коеф. компенсації Kk=0.954 0.019, кут ПЛ FL= 76.0б										
I										
I Умови вибору :П/р: Первин. опір : Первин. опір уст: Вторин опір										
I уставки : NN: попередні : захисти : уст ,Квід=0.85 уставки										
I : :Z= 14.62[ом] Rз[ом] Xз[ом]:Хуст перв [ом] Хуст вт										
I										

Рисунок 3.12 – Розрахунок уставок дистанційного захисту другого ступеня за допомогою програмного комплексу V-VI-50ПЗ

I	Узгодження с ДЗ	0	2032-2029	Зуст перв=	16.25	(К скор=0.90),	Туст=0.00	DT=0.40	I	
Узгодження с Л74а при 3ф КЗ										
3фКЗ	0	2032-1074	L=0.739:	1:	14.62< 76>	101.87	997.18	847.60	: 226.03 I	
3фКЗ	0	2032-1074	L=0.739:	10:	14.63< 76>	102.51	561.15	476.97	: 127.19 I	
3фКЗ	0	2032-1074	L=0.739:	11:	14.63< 76>	27.88	110.96	94.32	: 25.15 I	
3фКЗ	0	2032-1074	L=0.739:	12:	14.63< 76>	37.88	374.56	318.37	: 84.90 I	
I	I									
I	Мін первин. опір X захисту	110.96	ом	(3фКЗ	0	2032-1074	L=0.739,	п/р N 11)	I	
I	Первинний опір X уставки	94.32	ом	0,8	с	I				
I	Вторинний опір X уставки	25.15	ом	I						
I	I									
Розрахунок уставок дистанційного захисту ДЗ-R670										
I	Елемент мережі	0	2038-2037,	ТС у 2038,	ТН у 2038,	ступені захисту 2				I
I	Коеф. трансформації тр-ра струму	400/1,	ступень напруги тр-ра струму 150кВ							I
I	Коеф. компенсації	Kk=0.954	0.019,	кут ПЛ FL= 76.0гр						I
I	I									
I	Умови вибору	:П/р:	Первин. опір уст:	Вторин опір						I
I	уставки	: NN:	попередні	: захисти	: уст,	Квід=0.85 уставки				I
I		: :Z=	10.12[ом]	Rз[ом]	Xз[ом]:	Хуст перв [ом] Хуст вт				I
I	I									
I	Узгодження з ДЗ	0	2031-2030	Зуст перв=	11.25	(К скор =0.90),	Туст=0.00	DT=0.40	I	
Узгодження с Л975 при 3ф КЗ										
3фКЗ	0	2031-2030	L=0.652:	1:	10.12< 64>	310.14	902.69	767.29	: 204.61 I	
3фКЗ	0	2031-2030	L=0.652:	10:	10.12< 64>	201.21	499.15	424.28	: 113.14 I	
3фКЗ	0	2031-2030	L=0.652:	11:	10.13< 64>	43.88	97.74	83.08	: 22.15 I	
3фКЗ	0	2031-2030	L=0.652:	12:	10.12< 64>	114.82	353.10	300.14	: 80.04 I	
I	I									
I	Мін первин. опір X захисту	97.74	ом	(3фКЗ	0	2031-2030	L=0.652,	п/р N 11)	I	
I	Первинний опір X уставки	83.08	ом	0,8	с	I				
I	Вторинний опір X уставки	22.15	ом	I						
I	I									
Розрахунок уставок дистанційного захисту ДЗ-R670										
I	Елемент мережі	0	2038-2037,	ТС у 2038,	ТН у 2038,	ступені захисту 2				I
I	Коеф. трансформації тр-ра струму	400/1,	ступень напруги тр-ра струму 150кВ							I
I	Коеф. компенсації	Kk=0.954	0.019,	кут ПЛ FL= 76.0гр						I
I	I									
I	Умови вибору	:П/р:	Первин. опір	: Первин. опір уст:	Вторин опір					I
I	уставки	: NN:	попередні	: захисти	: уст,	Квід=0.85 уставки				I
I		: :Z=	13.50[ом]	Rз[ом]	Xз[ом]:	Хуст перв [ом] Хуст вт				I
I	I									
I	I									
I	Узгодження с ДЗ	0	2050-2170	Зуст перв=	15.00	(К скор =0.90),	Туст=0.4	DT=0.40	I	
Узгодження с ПЛ2 при 3ф КЗ										
3фКЗ	0	2050-2141	L=1.000:	1:	13.53< 89>	-494.00	1149.65	977.20	: 260.59 I	
I	X1шунт=	8.650:	:	:	:	:	:	:	I	
I	I									
3фКЗ	0	2050-2141	L=1.000:	30:	13.50< 89>	7.18	90.90	77.27	: 20.60 I	
I	X1шунт=	8.050:	:	:	:	:	:	:	I	
I	I									

I	Мін первин. опір X захисту	90.90 ом (3фКЗ 0 2050-2141 L=1.000, п/р N 30)	I
I	Первинний опір X уставки	77.27 ом 0,8	I
I	Вторинний опір X уставки	20.60 ом	I
I			I

Рисунок 3.13 – Розрахунок уставок дистанційного захисту другого ступеня за допомогою програмного комплексу V-VI-50ПЗ

Визначальна умова вибору уставки при узгодженні при 3ф КЗ:

За опором - узгодження із ПЛ2: 76,3 Ом.

За часом - узгодження із ПЛ2. ДЗ: 0,8 сек.

I	Розрахунок уставок дистанційного захисту ДЗ-R670							I	
I	Елемент мережі 0 2038-2037, ТС у 2038, ТН у 2038, ступені захисту 2							I	
I	Коеф. трансформації тр-ра струму 400/1, ступень напруги тр-ра струму 150кВІ							I	
I	Коеф. компенсації Kk=0.954 0.019, кут ПЛ FL= 76.0гр							I	
I								I	
I	Умови вибору	:П/р:	Перв струм	: Первин. опір уст:	Вторин опір		I		
I	уставки	: NN:	попередні	: захисти	: уст ,Квід=0.85уставки		I		
I		:	:3I0= 1960[a]:Rз[ом]	Xз[ом]:Хуст перв [ом]	Хуст вт		I		
I								I	
I	Узгодження с ТЗНП 0 2031-2039 3I0уст перв= 1960 Туст=0.80 DT=0.30							I	
Узгодження с ПЛ1 в каскаді при 1ф КЗ									
1фКЗ	0 2031-2042	L=0.992:	1:	1958	341.19	888.16	754.94	: 201.32	I
1фКЗ	0 2031-2042	L=1.000:	10:	1963	38.58	387.12	329.05	: 87.75	I
IX1ш=	12.550	X0ш=	43.925:	:	:	:	:	:	I
1фКЗ	0 2031-2042	L=1.000:	11:	1962	9.73	89.16	75.79	: 20.21	I
IX1ш=	11.350	X0ш=	39.725:	:	:	:	:	:	I
1фКЗ	0 2031-2042	L=1.000:	12:	1961	14.16	165.22	140.43	: 37.45	I
IX1ш=	12.250	X0ш=	42.875:	:	:	:	:	:	I
I								I	
I	Мін первин. опір X захисту	89.16 ом (1фКЗ 0 2031-2042 L=1.000, п/р N 11)	I						
I	Первинний опір X уставки	75.79 ом 1,1 с	I						
I	Вторинний опір X уставки	20.21 ом	I						
I			I						
I	Розрахунок уставок дистанційного захисту ДЗ-R670							I	
I	Елемент мережі 0 2038-2037, ТС у 2038, ТН у 2038, ступені захисту 2							I	
I	Коеф. трансформації тр-ра струму 400/1, ступень напруги тр-ра струму 150кВІ							I	
I	Коеф. компенсації Kk=0.954 0.019, кут ПЛ FL= 76.0гр							I	
I								I	
I	Умови вибору	:П/р:	Перв струм	: Первин. опір уст:	Вторин опір		I		
I	уставки	: NN:	попередні	: захисти	: уст ,Квід=0.85уставки		I		
I		:	:3I0= 1800[a]:Rз[ом]	Xз[ом]:Хуст перв [ом]	Хуст вт		I		
I								I	
I	Узгодження с ТЗНП 0 2031-2033 3I0уст перв= 1800 Туст=0.80 DT=0.30							I	
Узгодження с Л746 при 1ф КЗ									
1фКЗ	0 2031-2033	L=1.000:	1:	1795	104.51	1140.78	969.66	: 258.58	I
IX1ш=	12.750	X0ш=	44.625:	:	:	:	:	:	I
1фКЗ	0 2031-2033	L=1.000:	10:	1801	60.15	684.33	581.68	: 155.11	I
IX1ш=	12.250	X0ш=	42.875:	:	:	:	:	:	I
1фКЗ	0 2031-2033	L=1.000:	11:	1804	14.47	147.41	125.30	: 33.41	I
IX1ш=	11.550	X0ш=	40.425:	:	:	:	:	:	I
1фКЗ	0 2031-2033	L=1.000:	12:	1800	28.07	379.39	322.48	: 86.00	I

IX _{1ш} = 12.150 X _{0ш} = 42.525:	:	:	:	:	I
I					I
I	Мін первин. опір X захисту	147.41 ом (1фКЗ 0 2031-2033 L=1.000, п/р N 11)			I
I	Первинний опір X уставки	125.30 ом 1,1 с			I
I	Вторинний опір X уставки	33.41 ом			I
I					I

Рисунок 3.14 – Розрахунок уставок дистанційного захисту другого ступеня за допомогою програмного комплексу V-VI-50ПЗ

I	Розрахунок уставок дистанційного захисту ДЗ-R670						I	
I	Елемент мережі	0 2038-2037, ТС у 2038, ТН у 2038,	ступені захисту	2			I	
I	Коеф. трансформації тр-ра струму	400/1, ступень напруги тр-ра струму	150кВ				I	
I	Коеф. компенсації	Kk=0.954 0.019, кут ПЛ FL=	76.06				I	
I							I	
I	Умови вибору	:П/р:	Первин. опір:	Первин. опір уст:	Вторин опір		I	
I	уставки	: NN:	попередні :	захисти :	уст ,Квід=0.85уставки		I	
I		:	:3I0= 2880[a]:Rз[ом]	Xз[ом]:Хуст перв [ом]	Хуст вт		I	
I							I	
I	Узгодження с ТЗНП	0 2032-2029 3I0уст перв=	2880	Туст=0.00	DT=0.40		I	
	Узгодження с Л74а при 1ф КЗ							
	1фКЗ	0 2032-1074 L=0.674:	1:	2875	257.11	643.18	546.70 : 145.79	I
	1фКЗ	0 2032-1074 L=0.666:	10:	2875	157.27	410.16	348.64 : 92.97	I
	1фКЗ	0 2032-1074 L=0.653:	11:	2875	35.81	95.05	80.79 : 21.54	I
	1фКЗ	0 2032-1074 L=0.664:	12:	2875	84.42	222.15	188.83 : 50.35	I
I								I
I	Мін первин. опір X захисту	95.05 ом (1фКЗ 0 2032-1074 L=0.653, п/р N 11)						I
I	Первинний опір X уставки	80.79 ом 0,8 с						I
I	Вторинний опір X уставки	21.54 ом						I
I								I

I	Розрахунок уставок дистанційного захисту ДЗ-R670						I	
I	Елемент мережі	0 2038-2037, ТС у 2038, ТН у 2038,	ступені захисту	2			I	
I	Коеф. трансформації тр-ра струму	400/1, ступень напруги тр-ра струму	150кВ				I	
I	Коеф. компенсації	Kk=0.954 0.019, кут ПЛ FL=	76.06				I	
I							I	
I	Умови вибору	:П/р:	Перв ток :	Первин. опір уст:	Вторин опір		I	
I	уставки	: NN:	попередні :	захисти :	уст ,Квід=0.85уставки		I	
I		:	:3I0= 3120[a]:Rз[ом]	Xз[ом]:Хуст перв [ом]	Хуст вт		I	
I							I	
I	Узгодження з ТЗНП	0 2031-2030 3I0уст перв=	3120	Туст=0.00	DT=0.40		I	
	Узгодження с Л975 при 3ф КЗ							
	1фКЗ	0 2031-2030 L=0.694:	1:	3118	291.77	616.84	524.32 : 139.82	I
	1фКЗ	0 2031-2030 L=0.684:	10:	3115	176.66	394.06	334.95 : 89.32	I
	1фКЗ	0 2031-2030 L=0.666:	11:	3113	39.34	91.18	77.50 : 20.67	I
	1фКЗ	0 2031-2030 L=0.683:	12:	3115	96.64	214.67	182.47 : 48.66	I
I								I
I	Мін первин. опір X захисту	91.18 ом (1фКЗ 0 2031-2030 L=0.666, п/р N 11)						I
I	Первинний опір X уставки	77.50 ом 0,8						I
I	Вторинний опір X уставки	20.67 ом						I
I								I

I	Розрахунок уставок дистанційного захисту ДЗ-R670						I
I	Коеф. трансформації тр-ра струму	400/1, ступень напруги тр-ра струму	150кВ				I
I	Коеф. компенсації	Kk=0.954 0.019, кут ПЛ FL=	76.06				I
I							I
I	Умови вибору	:П/р:	Перв ток :	Первин. опір уст:	Вторин опір		I
I	уставки	: NN:	попередні :	захисти :	уст ,Квід=0.85уставки		I
I		:	:3I0= 1800[a]:Rз[ом]	Xз[ом]:Хуст перв [ом]	Хуст вт		I

I _____ I

Рисунок 3.15 – Розрахунок уставок дистанційного захисту другого ступеня за допомогою програмного комплексу V-VI-50ПЗ

I	Узгодження з ТЗНП	0 2050-2170	3I0уст перв= 1800	Tуст=0.80	DT=0.40	I
Узгодження с ПЛ2 при 1ф КЗ						
1фКЗ	0 2050-2141	L=1.000:	1:	1796	25.75 367.76 312.60	: 83.36 I
IX1ш=	13.050	X0ш= 45.675:	:	:	:	I
1фКЗ	0 2050-2141	L=1.000:	30:	1796	11.26 111.39 94.69	: 25.25 I
IX1ш=	11.650	X0ш= 40.775:	:	:	:	I
1фКЗ	0 2050-2141	L=1.000:	31:	1799	6.32 41.11 34.95	: 9.32 I
I						I
IX1ш=	6.950	X0ш= 24.325:	:	:	:	I
I _____ I						
I	Мін первин. опір X захисту	41.11 ом	(1фКЗ 0 2050-2141	L=1.000,	п/р N 31)	I
I	Первинний опір X уставки	34.95 ом	1,1 с			I
I	Вторинний опір X уставки	9.32 ом				I
I _____ I						
Розрахунок уставок дистанційного захисту ДЗ-R670						
I	Елемент мережі	0 2038-2037,	ТС у 2038,	ТН у 2038,	ступені захисту 2	I
I	Коеф. трансформації тр-ра струму	400/1,	ступень напруги тр-ра струму	150кВ	I	I
I	Коеф. компенсації	Kk=0.954	0.019,	кут ПЛ FL= 76.0б	I	I
I _____ I						
I	Умови вибору	:П/р:	Перв ток:	: Первин. опір уст:	Вторин опір	I
I	уставки	: NN:	попередні	: захисти	: уст ,Квід=0.85уставки	I
I		: 3I0=	1700[a]:Rз[ом]	Xз[ом]:Хуст перв [ом]	Хуст вт	I
I _____ I						
I	Узгодження с ТЗНП	0 2142-2172	3I0уст перв= 1700	Tуст=0.00	DT=0.40	I
Узгодження с Л7к при 1ф КЗ						
1фКЗ	0 2142-2053	L=0.677:	1:	1698	116.11 356.88 303.35	: 80.89 I
1фКЗ	0 2142-2053	L=0.648:	30:	1698	31.20 97.33 82.73	: 22.06 I
1фКЗ	0 2142-2053	L=0.528:	31:	1698	12.86 39.94 33.95	: 9.05 I
I _____ I						
I	Мін первин. опір X захисту	39.94 ом	(1фКЗ 0 2142-2053	L=0.528,	п/р N 31)	I
I	Первинний опір X уставки	33.95 ом				I
I	Вторинний опір X уставки	9.05 ом				I
I _____ I						

Рисунок 3.16 – Розрахунок уставок дистанційного захисту другого ступеня за допомогою програмного комплексу V-VI-50ПЗ

Умова вибору уставки захисту під час узгодження при 1 фазному КЗ:

За опором - узгодження із ПЛ2: 34.95 Ом.

За часом - узгодження із ПЛ2, Л74б: 1.1 сек.

I	Макс первин. опір R захисту	209.99 ом (3фКЗ 2050,п/р N 1)	I
I	Первинний опір R уставки	230.98 ом	I
I	Вторинний опір R уставки	61.60 ом	I
I			I

Рисунок 3.17 – Розрахунок уставок дистанційного захисту другого ступеня за допомогою програмного комплексу V-VI-50ПЗ

I	Розрахунок уставок дистанційного захисту ДЗ-R670				I		
I	Елемент мережі	0 2038-2037,	ТС у 2038,	ТН у 2038,	ступені захисту 2	I	
I	Коеф. трансформації тр-ра струму	400/1,	ступень напруги тр-ра струму	150кВ	I		
I	Коеф. компенсації Kk=0.954	0.019,	кут ПЛ FL=	76.0б	I		
I					I		
I	Умови вибору	:П/р	:Первин. опір	: Первин. опір уст	: Вторин опір	I	
I	уставки	: NN	: захисти	: Kцут =1.50	: уставки	I	
I		: Rz[ом]	Xz[ом]	: Rуст перв[ом]	:Rуст вт[ом]	I	
I						I	
I	Забезпечення чутливості				I		
I	Забезпечення чутливості по R при 3ф КЗ в каскаді					I	
I	3фКЗ 995 RD= 5.00	:101	: 10.99	20.47	8.84	: 2.36	I
I		:	: 5.89	tg 76.0		:	I
I	3фКЗ 995 RD= 5.00	:102	: 13.54	30.35	8.96	: 2.39	I
I		:	: 5.97	tg 76.0		:	I
I							I
I	Макс первин. опір R захисту	5.97 ом (3фКЗ 995,п/р N102)					I
I	Первинний опір R уставки	8.96 ом					I
I	Вторинний опір R уставки	2.39 ом					I
I							I
I	Розрахунок уставок дистанційного захисту ДЗ-R670				I		
I	Елемент мережі	0 2038-2037,	ТС у 2038,	ТН у 2038,	ступені захисту 2	I	
I	Коеф. трансформації тр-ра тока	400/1,	ступень напруги тр-ра струму	150кВ	I		
I	Коеф. компенсації Kk=0.954	0.019,	кут ПЛ FL=	76.0б	I		
I					I		
I	Умови вибору	:П/р	:Первин. опір	: Первин. опір уст	: Вторин опір	I	
I	уставки	: NN	: защиты	: Kцут = 1.10	: уставки	I	
I		: Rz[ом]	Xz[ом]	: Rуст перв[ом]	:Rуст вт[ом]	I	
I						I	
I	Забезпечення чутливості				I		
I	Забезпечення чутливості по R при 1ф КЗ на шинах ПС2 в н.р.					I	
I	1фКЗ 2032 RZ= 5.00	: 1	: 420.83	238.74	413.07	: 110.15	I
I		:	: 375.52	tg 79.3		:	I
I	1фКЗ 2032 RZ= 5.00	: 2	:*****	-397.21	Fz зах<0		I
I		:	:*****	tg 61.0			I
I	1фКЗ 2032 RZ= 5.00	: 3	:*****	-6076.56	Fz зах<0		I
I		:	:*****	tg 94.7			I
I	1фКЗ 2032 RZ= 5.00	: 4	: 119.69	66.89	115.74	: 30.86	I
I		:	: 105.22	tg 77.8		:	I
I	1фКЗ 2032 RZ= 5.00	: 5	: 289.69	167.09	286.37	: 76.36	I
I		:	: 260.33	tg 80.0		:	I
I							I
I	Макс первин. опір R захисту	375.52 ом (1фКЗ 2032,п/р N 1)					I
I	Первинний опір R уставки	413.07 ом					I
I	Вторинний опір R уставки	110.15 ом					I
I							I
I	Розрахунок уставок дистанційного захисту ДЗ-R670				I		
I	Елемент мережі	0 2038-2037,	ТС у 2038,	ТН у 2038,	ступені захисту 2	I	
I	Коеф. трансформації тр-ра тока	400/1,	ступень напруги тр-ра струму	150кВ	I		
I	Коеф. компенсації Kk=0.954	0.019,	кут ПЛ FL=	76.0б	I		

I									I
I	Умови вибору	:П/р	: Первин. опір	: Первин. опір уст	: Вторин опір				I
I	уставки	: NN	: захисти	: Кцут = 1.10	: уставки				I
I		:	: Rз[ом] Xз[ом]	: Rуст перв[ом]	:Rуст вт[ом]				I
I									I

Рисунок 3.18 – Розрахунок уставок дистанційного захисту другого ступеня за допомогою програмного комплексу V-VI-50ПЗ

I	Забезпечення чутливості							I	
I	Забезпечення чутливості по R при 1ф КЗ у шин ПС2 в н.р.							I	
I	1фКЗ 2050 RZ= 5.00	:	1	: 207.00	153.10	196.15	:	52.31	I
I		:		:	178.32	tg 79.4	:		I
I	1фКЗ 2050 RZ= 5.00	:	2	: 43.78	44.97	37.50	:	10.00	I
I		:		:	34.09	tg 77.8	:		I
I	1фКЗ 2050 RZ= 5.00	:	3	: 87.28	62.82	81.77	:	21.81	I
I		:		:	74.34	tg 78.4	:		I
I	1фКЗ 2050 RZ= 5.00	:	4	: -58.48	-61.76	Fz зах<0	:		I
I		:		:	-44.35	tg 77.1	:		I
I	1фКЗ 2050 RZ= 5.00	:	5	: 105.72	81.21	98.83	:	26.36	I
I		:		:	89.85	tg 78.9	:		I
I									I
I	Макс первин. опір R захисту			178.32 ом	(1фКЗ 2050,п/р N 1)				I
I	Первинний опір R уставки			196.15 ом					I
I	Вторинний опір R уставки			52.31 ом					I
I									I

I	Розрахунок уставок дистанційного захисту ДЗ-R670							I	
I	Елемент мережі 0 2038-2037, ТС у 2038, ТН у 2038, ступені захисту 2							I	
I	Коеф. трансформації тр-ра струму 400/1, ступень напруги тр-ра струму 150кВІ							I	
I	Коеф. компенсації Kk=0.954 0.019, кут ПЛ FL= 76.0б							I	
I									I
I	Умови вибору	:П/р	: Первин. опір	: Первин. опір уст	: Вторин опір				I
I	уставки	: NN	: захисти	: Кцут=1.50	: уставки				I
I		:	: Rз[ом] Xз[ом]	: Rуст перв[ом]	:Rуст вт[ом]				I
I									I

I	Забезпечення чутливості							I	
I	Забезпечення чутливості по R при 1ф КЗ в каскаді							I	
I	1фКЗ 995 RZ= 5.00	:	101	: 12.27	27.56	8.13	:	2.17	I
I		:		:	5.42	tg 76.1	:		I
I	1фКЗ 995 RZ= 5.00	:	102	: 15.55	40.41	8.08	:	2.15	I
I		:		:	5.38	tg 75.9	:		I
I									I
I	Макс первин. опір R захисту			5.42 ом	(1фКЗ 995,п/р N101)				I
I	Первинний опір R уставки			8.13 ом					I
I	Вторинний опір R уставки			2.17 ом					I
I									I

Рисунок 3.19 – Розрахунок уставок дистанційного захисту другого ступеня за допомогою програмного комплексу V-VI-50ПЗ

Приймається уставка:

$$RFPP = 2 \cdot 55 = 110 \text{ Ом.}$$

I Зона захвату захищеної ПЛ в напрямку ПС1 при 3ф КЗ I										
I Елемент мережі 0 2038-2037, ТС у 2038, ТН у 2038, ступені захисту 2, Кч=1.00I										
I Коеф. трансформації тр-ра струму 400/1, ступень напруги тр-ра струму 150квI										
I Коеф. компенсації Kk=0.954 0.019, кут ПЛ FL=76.0гр I										
I										
IZ уставки :Захищена ВЛ: П/р: Зона захвату ВЛ: Зрозр:Зуст/Кч: Вид КЗ: Rд Rз I										
IDЗ-R670ом: : :[відн. ед. Лпл]: [ом]: [ом] : : [ом] I										
I										
R	55.00	:	:	:		R	-1.11	55.00:	:	I
X	33.90	:	0 2038-2032	:	1:	0.640	X	33.82	33.90:	[3] : I
I	:	:	:	:	:		R	-0.16	55.00:	: I
I	:	:	102:	:	1.000		X	30.59	33.90:	[3] : I
I	:	:	:	:	:		R	45.22	55.00:	: I
I	:	:	1:	:	0.632		X	33.78	33.90:	[3] : 3.00 0.00I
I	:	:	:	:	:		R	3.52	55.00:	: I
I	:	:	102:	:	1.000		X	30.44	33.90:	[3] : 3.00 0.00I
I										

I Зона захвату захищеної ПЛ в напрямку ПС1 при 3ф КЗ I										
I Елемент мережі 0 2038-2037, ТС у 2038, ТН у 2038, ступені захисту 2,Кч=1.00I										
I Коеф. трансформації тр-ра струму 400/1, ступень напруги тр-ра струму 150квI										
I Коеф. компенсації Kk=0.954 0.019, кут ПЛ FL=76.0б I										
I										
IZ уставки :Захищена ПЛ: П/р: Зона захвату ВЛ: Зрозр:Зуст/Кч: Вид КЗ: Rд RзI										
IDЗ-R670ом: : :[відн. ед. Лпл]: [ом]: [ом] : : [ом] I										
I										
R	55.00	:	:	:		R	-0.43	55.00:	:	I
X	33.90	:	0 2038-2032	:	1:	0.695	X	33.90	33.90:	[1] : I
I	:	:	:	:	:		R	-0.31	55.00:	: I
I	:	:	102:	:	1.000		X	19.53	33.90:	[1] : I
I	:	:	:	:	:		R	69.46	55.00:	: I
I	:	:	1:	:	0.698		X	33.90	33.90:	[1] : 0.00 5.00I
I	:	:	:	:	:		R	5.38	55.00:	: I
I	:	:	102:	:	1.000		X	19.47	33.90:	[1] : 0.00 5.00I
I										

I Зона захвату захищеної ПЛ в напрямку ПС2 при 3ф КЗ I										
I Елемент мережі 0 2038-2037, ТС у 2038, ТН у 2038, ступені захисту 2,Кч=1.00I										
I Коеф. трансформації тр-ра струму 400/1, ступень напруги тр-ра струму 150квI										
I Коеф. компенсації Kk=0.954 0.019, кут ПЛ FL=76.0б I										
I										
IZ уставки :Захищена ПЛ: П/р: Зона захвату ВЛ: Зрозр:Зуст/Кч :Вид КЗ: Rд R I										
IDЗ-R670ом: : :[відн. ед. Лпл]: [ом]: [ом] : : [ом] I										
I										
R	55.00	:	:	:		R	-0.90	55.00:	:	I
X	33.90	:	0 2038-2050	:	1:	0.907	X	28.62	33.90:	[3] : I
I	:	:	:	:	:		R	0.04	55.00:	: I
I	:	:	101:	:	1.000		X	20.64	33.90:	[3] : I
I	:	:	:	:	:		R	54.77	55.00:	: I
I	:	:	1:	:	0.898		X	29.27	33.90:	[3] : 3.00 0.00I



Рисунок 3.22 - Зовнішній вигляд захисту

Схема підключення “Діамант L030” показана рис. 2.3

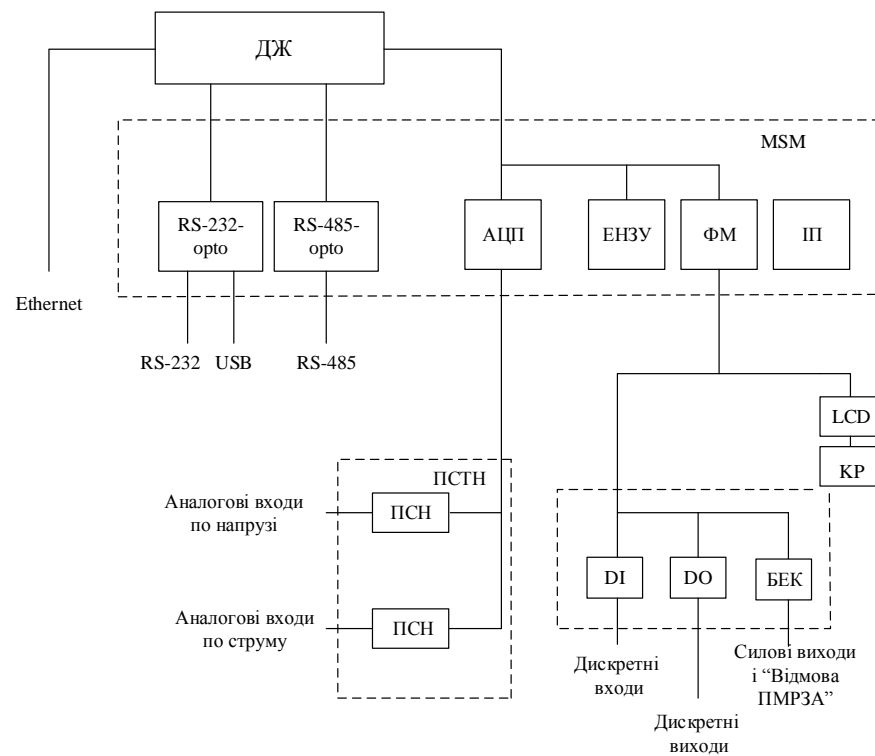


Рисунок 3.23 - Схема підключення “Діамант L030”

Висновки до третього розділу

Було визначено уставки дистанційного захисту, що дає можливість правильно налаштувати обладнання та забезпечити високу швидкість, точність та надійність захисту.

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Економічна оцінка ефективності підстанції

Основні напрямки розвитку електроенергетики направлені на вдосконалення та реконструкцію пристроїв електропостачання. Один із найважливіших напрямків є реконструкція пристроїв релейного захисту та автоматики. Модернізація та реконструкція потребує техніко-економічного обґрунтування для їх реалізації при розробці проектів.

Обґрунтування економічної ефективності практичного використання технологічних та технічних розробок базується на індивідуальному підході та специфіці кожного науково-технічного рішення згідно до загальних теорій економічної ефективності та методичних положеннях.

Підхід до економічного обґрунтування реконструкцій підстанцій залежить від виду заходів, які планується провести найбільш поширенні з них : заміна комутаційних апаратів, заміна трансформаторів, установка обмежувачів перенапруги, впровадження нових систем захистів. Якщо необхідно виконати індивідуальний підхід до економічної оцінки, то слід враховувати, що ґрунтуються вони на типовій методиці та оцінці ефективності впровадження нової техніки.

4.2 Економічне обґрунтування доцільності впровадження релейних захистів

Причиною впровадження вдосконалених схем релейних захистів може бути технічне переобладнання енергетичних об'єктів, невідповідність технічних і функціональних характеристик існуючих захистів, фізичний знос об'єктів та збільшення випадків відмов функціонування та пошкоджень діючих захистів.

Методичний підхід економічної оцінки, який заснований на зіставленні витрат, необхідних для запровадження нового захисту та його економічного ефекту є найбільш оптимальним. Основними критеріями є термін окупності та величина річного економічного ефекту.

Впровадження нового релейного захисту та автоматики включає вартість капітальних вкладень, які необхідні для придбання або створення удосконаленої системи захисту ($K_{зах}$) та річні витрати на обслуговування ($C_{пот.зах}$).

Вартість нових захистів визначається за сучасними ринковими цінами, якщо новий захист не має аналогів, то повинна скластись кошторисна вартість, яка складається:

$$K_{зах} = \sum (K_i + K_{мнж}), \quad (4.1)$$

де k_i – вартість елементів, які використовуються при створенні нової схеми захисту.

$K_{мнж}$ – витрати на монтаж плюс наладка та розрахунок усталеної схеми, які приймаються в розмірі 5% від вартості захисту або розраховуються за формулою:

$$K_{мнж} = t_{розр} \sum \left(\varphi_{роб} \cdot \frac{З_{міс}}{T_{міс}} \right) j \quad (4.2)$$

де $t_{розр}$ – час, необхідний для розробки схеми та монтажу схеми (визначається дослідним шляхом).

$\varphi_{роб}$ – кількість j – працівників, які беруть участь в розробці і монтажі схеми захисту.

$З_{міс}$ – середня місячна заробітна плата j – працівника в залежності від його кваліфікації.

T_{mic} – нормативний робочий час в середньому приймається 168 год. (21 робочий день).

Поточні витрати включають в себе витрати на утримання та обслуговування захисту ($C_{обс. зах.}$), складають в середньому 0.5 – 1% від вартості захисту та амортизаційні відрахування (C_a). Поточні витрати можна визначити за формулою:

$$C_{пот. зах} = C_{обс. зах} + C_a \quad (4.3)$$

Оцінка впровадження нового захисту складається з результату його річного використання, який порівнюється до числового значення запобігання шкоди від неспрацьовування діючого релейного захисту.

Методика оцінювання економічного збитку залежить від обладнання, яке планується замінити, Збиток може оцінюватись у вигляді витрат від простою внаслідок перерв в електропостачанні споживачів.

Збиток від аварійної ситуації, визначається за наступним виразом:

$$Y_{зах} = \Delta D_e + Y_{лікв} \quad (4.4)$$

де ΔD – недотримані доходи від неспрацьовування діючих захистів.

$Y_{лікв}$ – витрати на ліквідацію аварійної ситуації.

Недотримані доходи від неспрацьовування діючих захистів визначається за звітними даними підприємства за рік при відмовах діючих захистів.

Теоретичний розрахунок шкоди цих факторів визначається за виразом:

$$\Delta D_e = \Delta W_{спож} \cdot T_e \cdot \omega \cdot \frac{M_o}{60} \quad (4.5)$$

де $\Delta W_{спож}$ – електроенергія, що була недовідпущена споживачам внаслідок відмови захистів та ліквідації аварії, кВт·г.

T_e – тариф реалізації електроенергії споживачам, грн/ кВт·г.

ω – параметр потоку відмов пристроїв електропостачання через неспрацьовування захистів.

M_o – математичне очікування часу припинення енергопостачання через неспрацьовування захистів.

Витрати, на ліквідацію аварій при неспрацьовуванні захисту:

$$Y_{лкв} = K_{лік.зах} + C_{зн} + C_{мп} \quad (4.6)$$

де $C_{зн}$ – витрати заробітної плати персоналу, що ліквідує аварію.

$C_{мп}$ – витрати на спецтранспорт при виїздах на місце аварії.

$K_{лік.зах}$ – ліквідна вартість старого обладнання.

$$E_{зах} = Y_{зах} - (C_{ном.зах} + E_{HT} \cdot K_{зах}) \quad (4.7)$$

Термін окупності придбання або створення нового захисту розраховується за формулою:

$$T_{OK} = \frac{K_{зах}}{Y_{зах} - C_{ном.зах}} \quad (4.8)$$

4.3 Економічне обґрунтування впровадження удосконаленої схеми захисту

На двохтрансформаторній підстанції 150/10 кВ встановлюємо релейний захист на базі мікропроцесорних реле. Вартість 285 (тис. грн.).

Річний обсяг відпуску електроенергії споживачам:

$$\Delta W_{спож} = 6500 \text{ тис. кВт год.}$$

$$T_e = 2,4 \text{ грн/кВт год.}$$

$$K_{зах} = 850 \text{ тис. грн.}$$

На ліквідацію 10 аварій в системі енергопостачання бригадою з двох електриків було втрачено 45 год. понаднормової роботи. Середня годинна ставка двох електриків – 50 грн. / год. Вартість одного виїзду до місця аварії 600 грн.

1. Під час монтажу працювало 1 інженер та 8 електриків, час монтажу та налагодки захистів підстанції склало 35 днів. Заробітна плата інженера та електриків складає 9000 гривень.

$$K_{мнж} = 27 \cdot 9 \cdot \frac{9000}{168} = 130.175 \text{ (тис. грн),}$$

$$K_{зах} = 850 + 130,175 = 980.175 \text{ (тис. грн).}$$

2. Визначаємо річні поточні витрати ($C_{пот.зах}$) на експлуатацію нового захисту при нормі витрат на поточне обслуговування $H_{обс} = 0.5\%$ та при гарантованому терміні експлуатації нового мікропроцесорного захисту $t_{сл} = 12$ років.

$$C_{обс} = 980.175 \cdot \frac{0.5}{100} = 4.9 \text{ тис. грн.}$$

$$C_a = \frac{980.175}{12} = 81.68 \text{ тис.грн.}$$

$$C_{пот.зах} = 86.58 \text{ тис.грн.}$$

3. Визначаємо збитки від недовідпуску електроенергії при відмові старого захисту:

$$\Delta D_e = 6500 \cdot 2.4 \cdot 2 \cdot \frac{120}{60} = 62.4 \text{ тис. грн.}$$

4. Визначаємо витрати на ліквідацію аварій:

$$C_{zn} = 2 \cdot 50 \cdot 45 = 4.5 \text{ тис. грн.}$$

$$C_{тр} = 500 \cdot 11 = 5.5 \text{ тис. грн.}$$

$$U_{лкв} = 4.5 + 5.5 + 280 = 290 \text{ тис. грн.}$$

5. Визначаємо термін окупності установки нової шафи захисту, років:

$$T_{ок} = \frac{980.175}{290 - 86.58} = 4.8 \text{ років.}$$

Висновки до четвертого розділу

Проведені розрахунки економічних показників заміни релейного захисту на новий мікропроцесорний на прикладі двохтрансформаторної підстанції 150/10 кВ підтверджують, що інвестиції в цей проект окупляться протягом 4.8 років. Таким чином, такі заходи мають економічну ефективність.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

У даному розділі розробляються заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях під час експлуатації та монтажу обладнання підстанції.

Тому на електротехнічний персонал, який здійснює реконструкцію та обслуговування електрообладнання даного об'єкта впливають небезпечні та шкідливі виробничі фактори.

Фізичні фактори такі як макроклімат (температура, вологість, шкідливість руху повітря, інфрачервоне випромінювання), виробничий шум, вібрація (локальна, загальна), освітлення (природне, штучне). Ще одним шкідливим фактором є хімічний до нього належать речовини хімічного положення, аерозолі фіброгенної дії (пил).

Трудовий процес також має шкідливі фактори такі як: важкість праці, напруженість праці. Важкість праці визначається за різними параметрами, такими як обсяг загальних енергозатрат організму, фізичне динамічне навантаження, маса вантажу, кількість стереотипних робочих рухів, величина статичного навантаження, робоча поза та переміщення в просторі. Напруженість праці включає в себе інтелектуальні, сенсорні та емоційні навантаження, ступінь монотонності завдань та характер робочого режиму [11].

5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкту

Вимоги поширюються на електроустановки, що розміщуються в пожежо небезпечних зонах всередині і зовні приміщень. До експлуатації в пожежонебезпечних зонах допускається електрообладнання, що відповідає вимогам з урахуванням показників пожежо та вибухонебезпеки матеріалів (рідин, пилу, волокон).

Частини електрообладнання, які є відкритими та можуть іскрити, повинні бути розташовані не менше 1 м від місця негорючих матеріалів, переносні електричні машини, які використовуються в пожежонебезпечних зонах, містять

ступінь захисту не менше IP44.

Використання електронагрівальних приладів передбачає захищення їх робочих частин, що нагріваються, а самі прилади встановлювати на поверхні з негорючих матеріалів і захищати екранами [12].

В пожежонебезпечних зонах слід використовувати світильники, що мають ступінь захисту не менший, ніж IP44. Світильники з лампами розжарювання не повинні мати відбивачів і розсіювачів з горючих матеріалів. В разі встановлення світильників, що не мають штепсельних роз'ємів, на металевих кронштейнах (стійках), заземлення кронштейна слід забезпечувати жорстким кріпленням до нього заземленого металевого корпусу. В свою чергу, заземлення корпусу світильника слід виконати за допомогою перемички між заземлювальним і нульовим затискачами всередині ввідного пристрою світильника.

В пожежонебезпечних зонах всіх класів крім захисту від струмів КЗ провідники освітлювальних мереж слід захищати від перевантажень. Крім того, від перевантажень слід захищати силові мережі, які прокладаються в пожежонебезпечних зонах складських приміщень, і в інших випадках, якщо перевантаження може виникнути за умовами технологічного процесу. В пожежонебезпечних зонах будь-якого класу кабелі і проводи повинні мати покриття і оболонку з матеріалів, що не розповсюджують горіння.

Електробезпека передбачає собою заходи захисту людей від шкідливого та небезпечного впливу електричного струму. Технічні рішення для запобігання електротравмам передбачають запобігання контакту струмопровідними елементами електроустановки, використання нульового захисного провідника, електрозахисний засіб захисту.

Персонал, який обслуговує електроустановки, повинен бути забезпечений випробуваними засобами захисту. Перед застосуванням засобів захисту персонал зобов'язаний перевірити їх справність, відсутність зовнішніх пошкоджень, очистити і протерти від пилу, перевірити за штампом дату наступної перевірки. Користуватися засобами захисту, термін придатності яких вийшов, забороняється.

Використовуються основні та допоміжні електрозахисні засоби. Основними електрозахисними засобами називаються засоби, ізоляція яких тривалий час витримує робочу напругу, що дозволяє дотикатися до струмопровідних частин, які знаходяться під напругою. До них відносяться (до 1000В): ізолювальні штанги; ізолювальні та струмовимірювальні кліщі; покажчики напруги; діелектричні рукавиці; слюсарно-монтажний інструмент з ізольованими ручками.

5.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

Мікроклімат приміщення визначається набором фізичних параметрів повітря в приміщенні, які впливають на працюючу людину на її робочому місці та в робочій зоні.

Стандартизуються параметри мікроклімату у виробничих приміщеннях, а також встановлюються максимально допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони. Ступінь важкості праці класифікується за категоріями в залежності від загальних енерговитрат організму, виражених у кількості ккал/с (Вт). Параметри мікроклімату для виробничих приміщень, де встановлені лінії, наведені у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Параметри мікроклімату для виробничих приміщень

Період року	Категорія робіт	Температура, °С	Відносна вологість	Швидкість руху
Теплий	Ia	22-24	55 при 28°С	0,1-0,2
Холодний	Ia	21-23	75 при 25°С	Не більше 0,1

Склад повітря робочої зони передбачає додержання норм концентрації можливими забруднювачами повітря робочої зони гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у повітрі наведено в табл. 5.2

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

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Пил нетоксичний	0.5	0.15	4

Щоб забезпечити склад повітря робочої зони передбачено провітрювання приміщення, цілісність вікон для перешкоджання попадання пилу, встановлення пиловловлюючих засобів.

Виробниче освітлення поділяється на штучне та природне. Природне освітлення – це освітленість приміщень світлом неба (прямого або відображеного), що потрапило через світлові прийоми в зовнішніх конструкціях.

Штучне освітлення використовується двох систем: загальне або комбіноване [13]. Загальне освітлення – освітлення, при якому світильники розміщуються у верхній зоні приміщення рівномірно або пристосувальне до розташування обладнання Комбіноване освітлення - додаткове освітлення, при якому до загального освітлення додається ще й місцеве. Місцеве освітлення - освітлення, яке створюється світильниками, які концентрують світловий потік безпосередньо на робочих місцях. ДБН В.2.5-28-2018 розряд зорової роботи IV, підрозряд «г». Характеристика зорових робіт – середньої точності наведено в таблиці 5.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Таблиця 5.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Х-ка зорової роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Під-розряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Х-ка фону	Штучне при системі комбінованого освітлення		Природне Ен пр	Сумісне Е сум
						всього	у т. ч. від загального		
Середньої точності	Від 0,5 до 1,0 включно	IV	г	середній великий великий	світлий світлий середній	-	200	4	2,4

При експлуатації здійснюється контроль за рівнем напруги освітлювальної мережі, своєчасна заміна перегорілих ламп, забезпечується чистота повітря у приміщенні.

Виробничий шум для відносної логарифмічної шкали в якості нульових рівнів обрані показники, що характеризують мінімальний поріг сприйняття звуку людським вухом на частоті 1000 Гц. Нормативним документом [14], який регламентує рівні шуму для різних категорій робочих місць службових приміщень, є «ССБТ. Шум Загальні вимоги безпеки» (табл. 5.4).

Таблиця 5.4 – Рівень звукового тиску

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц								
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Постійні робочі місця в промислових приміщеннях	107	95	87	82	78	75	73	71	69

Для того щоб знизити шум в приміщенні необхідно безпосередньо біля джерела шуму використовувати звукопоглинаючі матеріали для покриття стелі та стін, для боротьби з вентиляційним шумом потрібно застосовувати вентилятори з найменшим шумом.

Виробничі вібрації виникає внаслідок коливань об'єктів або поверхонь спричинених механічною дією на об'єкт під час виробничого процесу. Основним методом віброзахисту є зниження вібрації шляхом дії на джерело виникнення: відстрочка від режиму резонанс; динамічне гасіння коливань, заміна конструктивних елементів уставок і будівельних конструкцій [15]. Засоби індивідуального захисту діляться на засоби для ніг, рук та тіла працюючого.

Таблиця 5.5 – Допустимі рівні вібрації на постійних місцях

Вид вібрації	Октавні смуги з середньгеометричними частотами, Гц									
	2	4	8	16	31,5	63	125	250	500	1000
Загальна вібрація на постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях	<u>1,3</u> 108	<u>0,45</u> 99	<u>0,22</u> 93	<u>0,2</u> 92	<u>0,2</u> 92	<u>0,2</u> 92	-	-	-	-

Психофізичні фактори поділяються на два класи:

1. Клас умов праці за показниками важкості праці – допустимий (середньої важкості): загальні енергозатрати організму (кґ/м) – до 290; зовнішнє фізичне динамічне навантаження, виражене в одиницях механічної роботи за зміну, кґ/(Вт): при регіональному навантаженні (для чоловіків) – 13000; при загальному навантаженні (за участю м'язів рук, тулуба, ніг) – до 44000; маса вантажу, що постійно підіймається та переміщується вручну, кґ – до 30 кґ; стереотипні робочі рухи: при локальному навантаженні (участь м'язів кистей та пальців рук)- до 40000; при регіональному навантаженні(участь рук та плечового суглоба) – до 20000; статичне навантаження (кґ/с): двома руками (чоловіки) – до 70000; за участю м'язів тулуба та ніг – до 100 000; робоча поза: періодичне перебування в незручній позі (робота з поворотом тулуба, незручним розташуванням кінцівок) та/або фіксованій позі (неможливість зміни взаємне розташування різних частин тіла відносно одна одної) до 25% часу зміни; перебування у вимушеній позі до

10%, в позі «стоячи» – до 60% часу зміни; нахил тулуба: вимушені нахили протягом зміни – 51-100 разів; переміщення у просторі (переходи через виконання технологічного процесу) – по горизонталі більше 8, вертикалі – 4 км.

2. Класи умов праці за показниками напруженості праці:

Інтелектуальні навантаження: зміст роботи – рішення складних завдань з вибором за алгоритмом (робота за серією інструкцій); сприймання сигналів з наступним порівнянням фактичних значень параметрів з їх номінальними значеннями. Заключна оцінка фактичних значень параметрів; обробка, перевірка і контроль за виконанням завдання; робота в умовах дефіциту часу.

Сенсорні навантаження: зосередження (%за зміну) – 51-75; щільність сигналів (звукові за 1 год) – 151-300; навантаження на голосовий апарат (протягом тижня) – від 20 до 25.

Емоційне навантаження: ступінь відповідальності за результат своєї діяльності – є відповідальним за функціональну якість допоміжних робіт (завдань). Вимагає додаткових зусиль з боку керівництва (бригадира, майстра тощо).

Режим праці: тривалість робочого дня – 8 год; змінність роботи – двозмінна (без нічної зміни).

5.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження безпеки роботи системи електропостачання комплексу первинної обробки і накопичення зерна в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій

Стійкість об'єктів енергетики є надзвичайно важливою, адже саме від їхньої безперебійної роботи залежить робота промислового комплексу та обороноздатності держави. Забезпечення надійності роботи ліній електропередач необхідно забезпечувати її захист різними пристроями в залежності від виду впливів. На стійкість роботи підстанції можуть вплинути надзвичайні ситуації, які виникають внаслідок природних явищ [16].

Приміщення релейного захисту та автоматики включає в себе складні електронні пристрої, тому при їх експлуатації завжди потрібно забезпечити необхідний захист працівників від електричних джерел небезпеки та проінформувати його про усі можливі ризики.

Несправності, такі як протікання надмірного струму через погані контакти металевих з'єднань, може призвести до надмірного виділення тепла в системах електротехнічного монтажу або поганого заземлення вимірювальних трансформаторів перенапруг, що призводить до травм від створеної напруги. Ще одне можливе джерело виникнення пожеж є попадання блискавки в приміщення релейного захисту та автоматики[17].

Серед загрозливих чинників надзвичайних ситуацій особливо великий вплив на обладнання підстанції має вплив електромагнітного імпульсу (ЕМІ). Електромагнітний імпульс може спричинити коротке замикання, пробиває ізоляцію, внаслідок чого може виникнути пожежа.

5.3.1 Дослідження безпеки роботи обладнання підстанції в умовах дії іонізуючого випромінювання

Визначимо граничні значення експозиційних доз, при яких в елементах можуть виникнути зворотні зміни, але елемент ще буде працювати. Дані занесемо в таблицю 5.4

Таблиця 5.4 – Експозиційні дози елементів обладнання підстанції

№	Елементи обладнання підстанції		Д _{зв} , (Р)	Д _{доп} , (Р)
1	Вакуумні вимикачі	ВВ/TEL-10-12,5/1000	10 ⁶	10 ³
2	Релейний захист і автоматика	Діамант L030	10 ⁵	
3	Система управління	АСУ ТП	10 ³	

Продовження таблиці 5.4 - Експозиційні дози елементів обладнання підстанції

№	Елементи обладнання підстанції		Д _{зв} , (Р)	Д _{доп} , (Р)
1	Диференційний захист п/ст та РП	РТ-80/1	10 ⁴	10 ³
2	Головний щит керування	ГЩК	10 ⁴	

За критерій стійкості прийємо Д_{доп} – мінімальне значення дози радіоактивного опромінення для всіх елементів.

Визначимо можливу дозу випромінювання:

$$D_m = \frac{2P_1(\sqrt{t_k} - \sqrt{t_n})}{K_{осл}}, \quad (5.3)$$

де P_1 – рівень радіації ($P_1 = 4,31$ Р/год); $K_{осл}$ – коефіцієнт послаблення ($K_{осл}=1$); t_n – час початку опромінення, 1 год; t_k – максимальна тривалість роботи, 10 років.

$$D_m = \frac{2 \cdot 4,31 \cdot (\sqrt{87600} - \sqrt{1})}{1} = 2542,66 \text{ (Р)}$$

Так як $D_{доп} < D_m$, то електрична мережа не є безпечною в роботі. Тому доцільно розробити комплекс заходів для підвищення стійкості роботи обладнання підстанції від дії іонізуючого випромінювання. Для цього достатньо застосувати пасивний протирадіаційний екран для критичних елементів підстанції з коефіцієнтом послаблення 2.

5.3.2 Дослідження безпеки роботи обладнання підстанції 150/10 кВ в умовах дії електромагнітного імпульсу

При дослідженні стійкості роботи обладнання підстанції проводиться аналіз і оцінка стійкості роботи всіх елементів, що піддаються дії ЕМІ [18]. Забезпечення високої надійності роботи електротехнічної і електронної

апаратури, кабельних і повітряних ліній може бути досягнуто при наявності високого перехідного затухання в захисних екранах.

За критерій стійкості вибираємо коефіцієнт безпеки:

$$K_{\bar{\sigma}(e,e)} = 20 \cdot \lg \left(\frac{U_{\text{доп}}}{U_{\text{вз}}} \right) \geq 40 \text{ (дБ)}, \quad (5.4)$$

де $U_{\text{доп}}$ – допустима напруга живлення;

$$U_{\text{доп}} = U_{\text{жс}} \cdot \frac{U_{\text{жс}}}{100} \cdot n = 12 + \frac{12}{100} \cdot 10 = 13.2 \text{ (В)},$$

де n – допустиме коливання напруги (10%).

Горизонтальна складова напруженості електричного поля:

$$E_z = 10^{-3} \cdot E_{\text{макс}} = 11,47 \text{ (В/м)}$$

Визначаємо горизонтальну і вертикальну напругу наводки на струмоведучих частинах та відповідні коефіцієнти безпеки:

Для блоку живлення:

$$U_{\text{в}} = E_{\text{Г}} \times l_{\text{в}} = 11,47 \times 1,9 = 21,793 \text{ (В)},$$

$$U_{\text{Г}} = E_{\text{в}} \times l_{\text{Г}} = 11,47 \times 2,13 = 24,431 \text{ (В)},$$

$$K_{\text{дв}} = 20 \cdot \lg \left(\frac{11,47}{24,431} \right) = 12,31 \text{ (дБ)},$$

$$K_{\text{дв}} = 20 \cdot \lg \left(\frac{12,88}{27,434} \right) = 7,36 \text{ (дБ)}$$

Для всіх інших блоків розрахунок проводиться аналогічно і результати заносимо в таблицю 5.5

Таблиця 5.5 – Дані розрахунку по різним блокам обладнання підстанції

№	Елемент обладнання підстанції 150/10 кВ	l_r , (м)	l_v , (м)	$K_{бв}$, (дБ)	$K_{бг}$, (дБ)	Стан блоку
1	Вакуумні вимикачі	2,13	1,9	14,32	8,37	не стійкий
2	Релейний захист і автоматика	0,12	0,36	18,22	8,68	не стійкий
3	Система регулювання САРТ	1,2	0,95	17,8	25,9	не стійкий
4	АСУ ТП ПС	0,41	1,3	7,6	24,74	не стійкий
5	Диференційний захист п/ст та РП	0,24	0,42	12,2	7,33	не стійкий
6	Струмовий захист	0,36	0,63	8,67	3,8	не стійкий

Так як $K_{б(в,г)} < 40$ дБ, то апаратура буде не стійка в роботі і тому є потреба проводити екранування.

5.4 Розробка заходів по підвищенню безпеки роботи обладнання підстанції 150/10 кВ в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій

Оскільки $(D_m=2812 \text{ Р}) < (D_{доп}=1000 \text{ Р})$, то елементи обладнання підстанції в вітроенергетичній системі будуть працювати стійко і не виникатимуть збої, які викликані дією іонізуючого випромінення.

Для того, щоб електрична мережа була стійкою в умовах дії електромагнітного імпульсу, необхідно щоб коефіцієнт безпеки знаходився в межах від 0 до 40 (дБ). Так як $K_{б(в,г)} < 40$ (дБ), то апаратура буде не стійка в роботі, а тому необхідне екранування. Розрахуємо перехідне затухання енергії електричного поля екраном та товщини стінок екрану для

вакуумного вимикача [19]. Результати розрахунків для інших блоків виконуються аналогічно і представлені в таблиці 5.2

$$A_{\text{екр}} = K_{\text{омакс}} - K_{\text{омін}} = 40 - 8.37 = 31.63 (\text{дБ})$$

$$t = \frac{A_{\text{екр1}}}{k \cdot \sqrt{f}} = \frac{31.63}{5.2 \cdot \sqrt{15000}} = 0.05 (\text{см}),$$

де $k = 5.2$ (для сталі), $f = 15000$ (Гц).

Для кожного випадку потрібно знайти найефективніший і економічно доцільний засіб захисту обладнання.

З'єднувальні кабелі, захищені, прокладаються в земельних траншеях під цементним чи бетонованим покриттям будинків або розміщуються в сталевих коробах, які є заземленими. Також можна розміщувати кабелі на поверхні поля, прикриваючи їх заземлюючими швелерами [20].

Надійність системи збільшується, якщо кабель розгалужується і підводиться до кількох шаф з роздільними трансформаторами. В цьому випадку ізолювані ділянки мережі мають великий опір ізоляції та малу ємність проводів щодо землі. Також рекомендується використовувати фільтри від високочастотних перешкод [21].

Основна функція захисного розрядника - відкривати лінію чи відводити енергію для уникнення пошкоджень обладнання, яке захищається. Він встановлюється на входах і виходах апаратури. Для захисту апаратури також можуть бути рекомендовані плавкі запобіжники та захисні вхідні пристрої, які включають різноманітні релейні чи електронні пристрої, що реагують на перевищення струму в колі. Вони забезпечують ефективне відведення великого розряду без ушкодження ізоляційних елементів ліній.

Висновки до п'ятого розділу

1. Проведення аналізу літератури та нормативних документів з охорони праці та виконання розрахунків дає можливість проаналізувати умови праці при виконанні робіт, прийняти організаційно-технічні рішення з охорони праці при монтажу релейного захисту, визначити параметри блискавкозахисту для певних умов експлуатації будівлі релейного захисту та заходи протипожежної безпеки.

2 . Виконання усіх запропонованих заходів дає можливість мінімізувати ризик травм при виконанні робіт експлуатації та електричного монтажу релейного захисту та автоматики.

ВИСНОВКИ

Релейний захист та автоматика для підстанції 150 кВ розроблено згідно чинних нормативних технічних документів та перевіреними методиками розрахунку.

Для визначення пристроїв релейного захисту було проведено розрахунок струмів короткого замикання, які були проведені з врахуванням навантаження та без нього. Даний розрахунок допоміг визначити релейний захист для трансформаторів типу ТДТН-25000/150 та відкритого та закритого розподільчого пристрою.

Захист ліній 150 кВ реалізовується на пристроях релейного захисту REL650 фірми АВВ. В якості основного захисту використовується мікропроцесорний пристрій Діамант L030 виробництва фірми "Хартрон-Інкор", характеристики якого дають можливість дають багатофункціональність, що об'єднує різні функції захисту, автоматики, контролю, місцевого та дистанційного захисту. Визначення уставок дистанційного захисту, дають можливість зробити правильне налаштування обладнання.

Розраховані економічні показники, вказують на те, що термін окупності пристрою релейного захисту становить 4.8 роки, що вказує на те що встановлення даного пристрою економічно вигідно. Проведений аналіз нормативної документації з охорони праці дає можливість визначити усі необхідні умови праці пов'язаних з експлуатацією та монтажем релейного захисту та автоматики.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кідиба В.П. Релейний захист електроенергетичних систем : Навчальний посібник. – Львів:Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2015. –504 с.
2. ДСТУ EN 50160:2014 "Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загальної призначеності".
3. В.В. Тептя. Релейний захист високовольтних електродвигунів: електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережевого) використання / В.В. Тептя, В.О Комар, В.О. Лесько, О.Б. Бурикін – Вінниця ВНТУ, 2022 –125с
4. Рубаненко О. Є. Релейний захист та автоматика електричних станцій: електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережевого) використання / О. Є. Рубаненко, О. О. Рубаненко, І. О. Гунько. – Вінниця: ВНТУ, 2023. – 136 с.
5. Реле напруги: призначення, принцип роботи, пристрій, види. [Електронний ресурс]. URL: <https://elektrika.ua/articles/rele-napryazheniya-naznachenie-printsip-raboty-ustroystvo-vidy/>
6. СОУ-Н МЕВ 40.1-00013741:2014 "Ізоляція електроустановок напругою від 6 до 750 кВ". [Електронний ресурс]. URL:
7. ПУЕ 2017 пд.1.7 "Заземлення і захисні заходи від ураження електричним струмом".
8. Правила улаштування електроустановок: 2017. – Офіц. вид. Міненерговугілля України. 2017. – 617 с.
9. Яндутьський О. С. Релейний захист. Цифрові пристрої релейного захисту, автоматики та управління електроенергетичних систем: навч. посіб. / О. С. Яндутьський, О. О. Дмитренко. – К. : НТУУ«КПІ», 2016. – 102 с.
- 10.СОУ-Н ЕЕ 20.178:2008 "Схеми принципів електричні розподільчих установок напругою від 6 кВ до 750 кВ електричних підстанцій".

- [Електронний ресурс]. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=66629
11. ДСТУ 2293 2014 “Охорона праці. Терміни та визначення”. [Електронний ресурс]. URL : https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=61781
 12. ДСТУ ISO 45001:2019. Системи управління охороною здоров'я та безпекою праці. Вимоги та настанови щодо застосування (ISO 45001:2018, IDT).[Чинний від 2021-01-01]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ». URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=88004.
 13. ДСТУ ІЕС 62471:2017. Безпечність ламп і лампових систем фотобіологічна. [Чинний від 2019-01-01]. Київ : ДП «УкрНДНЦ». 2019. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=74817.
 14. ДСТУ OHSAS 18002:2015. Системи управління гігієною та безпекою праці. Основні принципи виконання вимог OHSAS 18001:2007 (OHSAS 18002:2008, IDT). [Чинний від 2016-04-01]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ». 2016. 21 с. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=64325
 15. Кодекс цивільного захисту України. Відомості Верховної Ради (ВВР). 2013. № 34-35. ст.458. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/5403-17>.
 16. ДСНіП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014. [Чинний від 2014-05-30]. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=58073.
 17. ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. [Чинний від 2017-04-01]. Вид. офіц. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с.

- 18.НПАОП 40.1-1.32-01. (ДНАОП 0.00-1.32-01). Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. [Чинний від 2002-01-01]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01>.
- 19.ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Постанова МОЗ № 42 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>.
- 20.ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Постанова МОЗ № 37 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>.
- 21.ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. Постанова МОЗ № 39 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність тестових запозичань



Ім'я користувача:
Гулько І.О. ЕСС

ID перевірки:
1015960235

Дата перевірки:
01.12.2023 22:10:50 EET

Тип перевірки:
Doc vs Internet

Дата звіту:
01.12.2023 22:11:20 EET

ID користувача:
61410

Назва документа: МКР_141_ЕС_Хитрук_П_В

Кількість сторінок: 66 Кількість слів: 17748 Кількість символів: 122581 Розмір файлу: 472.01 KB ID файлу: 1015637330

0.59% Схожість

Найбільша схожість: 0.24% з Інтернет-джерелом (<https://istina.ipmnet.ru/download/10116088/1ndd00:1548Ri1sHL8ZP1pQ>)

0.59% Джерела з Інтернету

119

Сторінка 68

Пошук збігів з Бібліотекою не проводився

0% Цитат

Вилучення цитат вимкнено

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнено

0% Вилучень

Немає вилучених джерел

Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи

510

ДОДАТОК Б

Технічне завдання МКР

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра електричних станцій та систем

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕСС
д.т.н., професор

_____ Комар В.О.

(підпис)

«_____» _____ 20__ р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на виконання магістерської кваліфікаційної роботи
Релейний захист підстанції 150/10 кВ
08-13.МКР.032.00.004.ТЗ

Керівник: к.т.н., проф.

_____ Рубаненко О. О.

(підпис)

Студент групи 2ЕСМ-22м

_____ Хитрук П. В.

(підпис)

Вінниця ВНТУ - 2023 р.

1. Підстава для виконання магістерської кваліфікаційної роботи (МКР)

а) актуальність роботи обумовлена тим, в наш час інтенсивно впроваджуються пристрої релейного захисту серед яких є пристрій релейного захисту “Діамант L030”;

б) наказ ректора ВНТУ № 247 від 18 вересня 2023 р. про затвердження теми магістерської кваліфікаційної роботи.

2. Мета і призначення МКР

а) Метою роботи є вдосконалення релейного захисту підстанції 150/10 кВ.

б) Призначення розробки - для досягнення мети магістерської кваліфікаційної роботи поставлені та розв’язані наступні задачі досліджень:

- дослідити схеми та обладнання ПС;
- розрахунок максимальних струмових ступеневих захистів підстанції 150/10 кВ;
- розрахунок уставок дистанційних захистів ліній;
- визначити економічну ефективність впровадження сучасного мікропроцесорного захисту ліній 150 кВ підключених до підстанції 150/10 кВ;
- дослідження заходів з охорони праці та цивільного захисту;

3. Джерела розробки

Список використаних джерел розробки:

1. В.М. Кутін, д р. техн. наук, проф. ; О.О. Шпачук, студ. Вдосконалення захисту від однофазних замикань на землю обмотки статора синхронного генератора

2. Пат. 73067 UA, МПК Н02Н 3/24. Пристрій захисту електричної розподільної мережі з ізольованою або компенсованою нейтраллю від обриву проводу в фазі / М.В. Кутіна (Україна). - № u201202350; заявл. 28.02.2012; опубл. 10.09.2012, Бюл. №17. - 8с.

3. Методи і засоби захисту від обриву проводу та пошук місця пошкодження в розподільній мережі зі складною топологією напругою 6-35 кВ: монографія / П.Д Лежнюк, М.В. Кутіна. – Вінниця: ВНТУ, 2014. – 154с. – ISBN 978-966-641 5618.

4. Технічні вимоги до виконання МКР

- передбачається встановлення релейного захисту на підстанції 150 кВ;
- технічне завдання: мікропроцесорний релейний захист лінії 150/10 кВ
- елементна база: модуль релейного захисту та автоматики “Діамант L030” для захисту ЛЕП 150 кВ.
- конструктивне виконання: схема приєднань терміналів релейного захисту виконується за типовими схемами;
- показники технологічності: релейний захист підстанції, мають виконуватись згідно вимог ПУЕ та ПТЕ;
- технологічне обслуговування і ремонт: експлуатація, технічне обслуговування та ремонт релейного захисту буде здійснювати персонал служби релейного захисту енергопостачальної компанії;
- живлення релейного захисту: релейний захист отримує живлення від вимірювальних трансформаторів струму, трансформаторів власних потреб, від мереж оперативного постійного струму.

5. Економічні показники

Визначити основні техніко-економічні показники вдосконалення релейного захисту підстанції 150 кВ, шляхом заміни електромеханічних реле на мікропроцесорні.

6. Етапи МКР та очікувані результати

№ з/п	Назва та зміст етапів	Термін виконання етапів роботи		Примітка
		початок	кінець	
1	Розроблення технічного завдання	01.09.2023	07.09.2023	
2	Вступ. Огляд літературних джерел	08.09.2023	13.09.2023	
3	Виконання аналітичної частини МКР (Дослідження схеми та обладнання підстанції)	13.09.2023	06.10.2023	
4	Виконання теоретичної частини МКР (Розрахунок уставок релейних захистів підстанції 150/10 кВ)	07.10.2023	21.10.2023	
5	Виконання практичної частини МКР (Вибір параметрів дистанційного захисту ЛЕП)	22.10.2023	02.11.2023	
6	Виконання економічної частини (Економічна частина)	03.11.2023	07.11.2023	

№ з/п	Назва та зміст етапів	Термін виконання етапів роботи		Примітка
		початок	кінець	
7	Виконання розділу охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях (Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях)	08.11.2023	15.11.2023	
8	Формування висновків по роботі	16.11.2023	18.11.2023	
9	Оформлення пояснювальної записки	19.11.2023	22.11.2023	
10	Виконання графічної частини та оформлення презентації	23.11.2023	27.11.2023	
11	Перевірка МКР на плагіат. Попередній захист МКР	28.11.2023	30.11.2023	
12	Опонування МКР	01.12.2023	04.12.2023	
	Захист МКР	II декада грудня (за графіком)		

6. Очікувані результати

В результаті виконання магістерської кваліфікаційної роботи очікується одержання обґрунтованих рекомендацій та пропозицій, які можуть бути використанні з метою підвищення якості релейного захисту підстанції.

7. Матеріали, що подаються до захисту МКР

Пояснювальна записка МКР, ілюстративні матеріали, протокол попереднього захисту МКР на кафедрі, відгук наукового керівника, відгук опонента, протоколи складання державних іспитів, анотації до МКР українською та іноземною мовами, довідка про відповідність оформлення МКР діючим вимогам.

8. Порядок контролю виконання та захисту МКР

Виконання етапів розрахункової документації МКР контролюється науковим керівником згідно зі встановленими термінами. Захист МКР відбувається на засіданні Державної екзаменаційної комісії, затвердженою наказом ректора.

9. Вимоги до оформлення МКР

Вимоги викладені в «Положенні про кваліфікаційні роботи на другому (магістерському) рівні вищої освіти. СУЯ ВНТУ -03.02.02-П.001.01:2, 2021р.

10. Вимоги щодо технічного захисту інформації в МКР з обмеженим доступом

Відсутні.

ДОДАТОК В

Пристрій “Діамант L030” його призначення та функціональні можливості

Модуль релейного захисту та автоматики “Діамант L030” працює в електричних мережах змінного струму та має призначення мікропроцесорного релейного захисту, протиаварійної автоматики та діагностики. Використовується на енергооб’єктах з різними типами підстанцій та на електростанціях напругою на шинах від 6 до 750 кВ. Забезпечує протиаварійну автоматику та керування, місцевий ввід, зберігання та відображення основної та резервних груп автоматики, місцевий та дистанційний ввід, зберігання та відображення експлуатаційних параметрів, відображення поточних електричних параметрів об’єкту, блокування всіх дискретних виходів при несправності. Модуль L030 призначений для захисту ПЛ 110-220 кВ (з комплектом дальнього резервування).

Структурна схема показана на рисунку 6.1, де центральний процесор (ЦП) забезпечує виконання обчислювальних операцій по обміну даних та здійснює функцію обміну інформацією. До складу модуля MSM входить: перетворювач аналогово-цифровий АЦП, формувач магістралі – ФМ призначений для обміну даними з модулями DIO16FB та LCD, вузол керування модулями перетворювача сигналів струму та напруги ПСТН, оптичний розв’язок каналу RS-232 та USB-RS-232-opto, перетворювач RS-232 у RS-485-RS-485-opto, джерело живлення ДЖ, монітор напруги батареї. До складу модуля LCD входить: матричний індикатор, світлодіодні індикатори. До складу модуля ПСТН входить: перетворювач сигналів по струму ПСТ, перетворювач сигналів по напрузі ПСН. До складу модуля DIO16FB входить: блок дискретних виходів DO, блок дискретних входів DI, блок силових ключів та реле сигналу “Відмова ПМ РЗА”.

Умовні позначення до схеми:

RET650 - Основний захист T1(2), резервний захист T1(2):

- 87T - повздовжній диференційний струмовий захист;
- 50/87UT - диференційна відсічка;
- 50, 51, 67 - струмова відсічка, багатоступеневий максимальний струмовий захист від міжфазних коротких замикань;
- 50N, 51N, 67N - струмова відсічка, багатоступеневий максимальний захист нульової послідовності від однофазних коротких замикань;
- 49 - захист від перевантажень;
- CTS - контроль справності кіл змінного струму;
- 50BF - пристрій резервування при відмові вимикача (ПРВВ)
- S0TF - прискорення захистів при увімкненні на пошкодження;
- FR - реєстратор подій, осцилограф;

RED650 – Захист ПЛ-150 кВ:

- 87L - пофазний повздовжній захист лінії;
- 21.21N - дистанційний захист від міжфазних/однофазних КЗ з полігональною характеристикою;
- 68 - блокування при хитаннях потужності;
- 50, 51, 67 - струмова відсічка, багатоступеневий максимальний струмовий захист від міжфазних коротких замикань;
- 50N, 51N, 67N - струмова відсічка, багатоступеневий максимальний захист;
- 49 - захист від перевантажень;
- 67/46 - струмовий захист зворотної послідовності;
- 27/59 - захист від зниження/підвищення напруги прямої послідовності;
- 47 - захист від підвищення напруги зворотної послідовності;
- 59N - захист від підвищення напруги;

- 81L, 81H, 81R - захист від зниження/підвищення частоти;
- VTS - контроль справності кіл змінної напруги;
- FL - визначення місця пошкодження;
- FR - реєстратор подій, осцилограф;

REL650 – Комплект ступінчастих захистів Л-150 кВ з наступними функціями:

- 21.21N - дистанційний захист від міжфазних/однофазних КЗ з полігональною характеристикою;
- 68 - блокування при хитаннях потужності;
- 50N, 51N, 67N - струмова відсічка, багатоступеневий максимальний захист нульової послідовності від однофазних коротких замикань;
- 50N, 51N, 67N - струмова відсічка, багатоступеневий максимальний захист;
- 27/59 - захист від зниження/підвищення напруги прямої послідовності;
- 47 - захист від підвищення напруги зворотної послідовності;
- 59N - захист від підвищення напруги;
- 81L, 81H, 81R - захист від зниження/підвищення частоти;
- VTS - контроль справності кіл змінної напруги;
- FL - визначення місця пошкодження;
- FR - реєстратор подій, осцилограф;

REB670 - диференційний захист 1(2) системи шин 150 кВ:

- 87T - пофазний повздовжній диференційний струмовий захист з гальмуванням від усіх видів КЗ;
- 64REF - диференційний захист нульової послідовності;
- 50/87UT - диференційна відсічка;
- CTS – контроль справності кіл струму;
- FR - реєстратор подій, осцилограф;

ДОДАТОК Г

Ілюстративна частина

Міністерство освіти та науки, молоді і спорту України
Вінницький національний технічний університет
Інститут електроенергетики та електромеханіки
Факультет електроенергетики

Магістерська дипломна робота
на тему:
«Релейний захист підстанції 150/10 кВ

Виконав ст.гр. 2ЕМС-22м
Хигрук Павло Вікторович

Мета та задачі МДР

Мета роботи полягає у розробці релейного захисту підстанції 150/10 кВ. Для досягнення мети магістерської роботи поставлені та розв'язані наступні задачі:

- дослідити схеми та обладнання ПС
- розрахунок максимальних струмових ступеневих захистів підстанції 150/10 кВ
- розрахунок уставок дистанційних захистів ліній
- визначити економічну ефективність впровадження сучасного мікропроцесорного захисту ліній 150 кВ
- дослідження заходів з охорони праці та цивільного захисту

Об'єкт та предмет дослідження

Об'єктом дослідження є методи розрахунків уставок релейних захистів підстанції 150/10 кВ.

Предметом дослідження є релейний захист підстанції 150/10 кВ.

Актуальність дослідження полягає у забезпеченні ефективного захисту, який забезпечить стабільність та безаварійну роботу підстанції.

3

Характеристика підстанції та її складових

Назва обладнання	Тип обладнання, характеристики	Виробник
Вимикачі елегазові 150 кВ	GL313-F3/4031	GE
Трансформатори струму 150 кВ	IMB-170 400/1A	ABB
Трансформатори напруги 150 кВ	EMF-170 150000	ABB
Роз'єднувачі триполюсні 150 кВ	GW55-170D/2000	ABB
Роз'єднувачі однополюсні 150 кВ	GW55-170DII/2000	ABB
Обмежувачі перенапруг 150 кВ	PEXLIM Q144-YH170	ABB

4

Номінальні параметри трансформатора

Назва параметру	Характеристики
Номінальна потужність	25 000
Номінальна напруга ВН, кВ:	158
Номінальна напруга НН, кВ:	11
Втрати холостого ходу, кВт	37
Втрати короткого замикання, кВт	137
Напруга коротко замикання, %	17,7

Номінальні параметри трансформатора ТДТН-25000/150

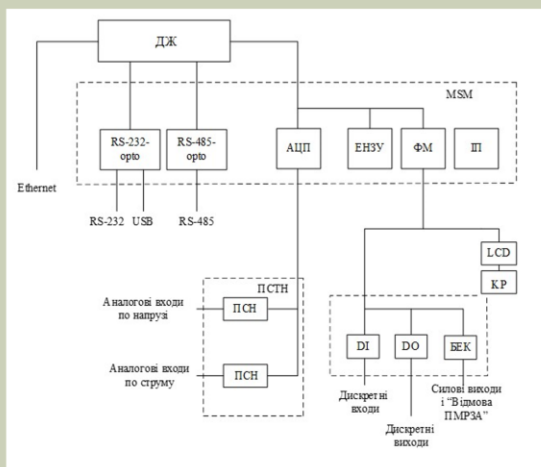
5

Розрахунок меж регулювання напруги

№ положення РПН	Значення регулювання напруги, в. о.	Значення напруги при відповідному положенню РПН, кВ
-9	-0,1602	132,7
-8	-0,1424	135,5
-7	-0,1246	138,3
-6	-0,1068	141,1
-5	-0,089	143,9
-4	-0,0712	146,8
-3	-0,0534	149,6
-2	-0,0356	152,4
-1	-0,1068	141,1
0	0	158,0
1	0,0178	160,8
2	0,0356	163,6
3	0,0534	166,4
4	0,0712	169,2
5	0,089	172,1
6	0,1068	174,9
7	0,1246	177,7
8	0,1424	180,5
9	0,1602	183,3

6

Функціональні можливості «Діамант L030»



Структурна схема пристрою «Діамант L030»

7

Економічну ефективність впровадження сучасного мікропроцесорного захисту

Проведені розрахунки економічних показників заміни релейного захисту на новий мікропроцесорний на прикладі двохтрансформаторної підстанції 150/10 кВ підтверджують, що інвестиції в цей проект окупляться протягом 4.8 років. Таким чином, такі заходи мають економічну ефективність.

$$K_{\text{зм}} = 850 + 130,175 = 980.175 \text{ (тис. грн.)}$$

$$V_{\text{зм}} = 4.5 + 5.5 + 280 = 290 \text{ тис. грн.}$$

$$C_{\text{пот.зм}} = 86.58 \text{ тис.грн.}$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{980.175}{290 - 86.58} = 4.8 \text{ років.}$$

8

Висновки

- захист ліній 150 кВ реалізується на пристроях релейного захисту REL 650 фірми АВВ
- В якості основного захисту використовується мікропроцесорний пристрій “Діамант L030” характеристики якого дають можливість дають багатофункціональність, що об’єднує різні функції захисту, автоматики, контролю, місцевого та дистанційного захисту.
- Розраховані економічні показники, вказують на те, що термін окупності пристрою релейного захисту становить 4.8 роки, що вказує на те що встановлення даного пристрою економічно вигідно .