

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
завідувач кафедри ЕСС
д.т.н., професор Лежнюк П. Д.

«_____» _____ 2019 р.

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи
за освітньо-кваліфікаційним рівнем «магістр»

**ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ ЛЕП 110 кВ З
ВИКОРИСТАННЯМ ТЕРМІНАЛУ REL 650**

08-13.МКР.019.00.116 ПЗ

Виконав: студент 2 курсу ОПШІ магістр,
групи ЕСМ-18м
галузь знань 14 «Електрична інженерія»
спеціальності 141 – «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
освітня програма «Електричні системи і мережі»
Романов П.О. _____

Керівник: к.т.н., проф., доцент каф. ЕСС
Рубаненко О.Є. _____

«_____» _____ 2019 р.

Рецензент: _____

«_____» _____ 2019 р.

Вінниця – 2019 року

ЗАТВЕРДЖУЮ
завідувач кафедри ЕСС
д.т.н., професор Лежнюк П.Д.

«_____» _____ 201_ р.

З А В Д А Н Н Я

на магістерську кваліфікаційну роботу на здобуття кваліфікації магістра зі спеціальності: 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.
Освітньо-професійна програма – Електричні системи і мережі
(шифр – назва спеціальності)

Магістр групи ЕС-18м Романов Павло Олександрович
(назва групи) (прізвище, ім'я і по батькові)

Тема магістерської кваліфікаційної роботи: «Дослідження особливостей релейного захисту ЛЕП 110 кВ з використанням терміналу REL 650»

Початкові дані: 1. Руководящие указания по релейной защите. Вып. 7. Дистанционная защита линий 35 – 330 кВ. М. –Л., «Энергия», 1966; 2. Инструкция по наладке, проверке и эксплуатации дистанционных защит типа ДЗ-400 (ДЗ-500). М., «Энергия», 1967. 57 с.; 3. НПАОП 40.1-1.02.97 Правила безопасной эксплуатации электроустановок; 4. Стандарт организации ОАО «ФСК ЕЭС» [Электронный ресурс]: Методические указания по выбору параметров срабатывания устройств РЗА оборудования подстанций производства ООО «АББ Силовые и Автоматизированные Системы» / ОАО «ФСК ЕЭС». – 2011. – с.184. – Url: http://www.fsk-ees.ru/upload/docs/STO_56947007-29.120.70.98-2011.pdf

Короткий зміст частин магістерської кваліфікаційної роботи:

1. Графічна: слайди, які відображають основні результати та зміст розрахунково-пояснювальної записки;
2. Текстова (пояснювальна записка): Вступ; Дослідження особливостей ЛЕП 110 кВ; Дослідження терміналу REL 650; Дослідження програмного забезпечення РСМ 600 для REL 650; Розрахунок уставок релейного захисту ЛЕП 110 кВ; Економічна частина; Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях; Висновки.

3. Консультанти з окремих розділів магістерської кваліфікаційної роботи:

Науковий керівник

(підпис)

канд. техн. наук., проф., доц. кафедри ЕСС
наук. ступінь, вчене звання (посада)

“ ____ ” _____ 2019 р.

О. Є. Рубаненко

Економічна частина

(підпис)

канд. техн. наук, доц., доцент кафедри ЕСС
наук. ступінь, вчене звання (посада)

“ ____ ” _____ 2019 р.

В. В. Нетребський
(ініціали та прізвище)

Охорона праці та безпека
в надзвичайних ситуаціях

(підпис)

д-р. техн. наук, доц, професор кафедри ЕСС
наук. ступінь, вчене звання (посада)

“ ____ ” _____ 2019 р.

Є. А. Бондаренко
(ініціали та прізвище)

Дата попереднього захисту роботи “ ____ ” _____ 2019 р.

Рецензент

(підпис)

(наук. ступінь, вчене звання , посада)

“ ____ ” _____ 2019 р.

(ініціали та прізвище)

Завдання видав

(підпис)

канд. техн. наук, ст. викл. кафедри ЕСС
наук. ступінь, вчене звання (посада)

“ ____ ” _____ 2019 р.

О. Є. Рубаненко
(ініціали та прізвище)

Завдання отримав магістрант

(підпис)

П. О. Романов

(ініціали та прізвище)

“ ____ ” _____ 2019 р.

АНОТАЦІЯ

Романов П.О. «Дослідження особливостей релейного захисту ЛЕП 110 кВ з використанням терміналу REL 650». Магістерська кваліфікаційна робота – Вінниця: ВНТУ, 2019. – 116 с., Таблиць: 12, Рисуноків: 36, Бібліографія: 36.

У магістерській кваліфікаційній роботі було досліджено особливості експлуатації ліній електропередачі 110 кВ, проаналізовано технічні характеристики терміналу REL 650, досліджено програмне забезпечення РСМ 600 для REL 65.

В розрахунковій частині було пораховано уставки спрацювання дистанційного ступеневого ненаправленого захисту для ЛЕП 110 кВ.

В економічній частині проведено розрахунок економічних показників заміни застарілого електро-механічного релейного захисту на новий мікропроцесорний захист

Також було виконано розділ з охорони праці, в якому проаналізовано умови роботи та запропоновано заходи для інженерів-програмістів, що займаються розрахунками уставок спрацювання та налаштуванням терміналів релейного захисту.

Ключові слова: релейний захист, термінал REL 650, лінії електропередач, уставка спрацювання реле.

ABSTRACT

Romanov P.O. "Investigation of the features of relay protection of 110 kV transmission lines using the REL 650 terminal". Master's qualification work - Vinnytsia: VNTU, 2019. - 116 pp., Tables: 12, Pictures: 36, Bibliography: 36.

In the master's qualification work the features of operation of 110 kV transmission lines were investigated, the technical characteristics of the REL 650 terminal were analyzed, the PCM 600 software for REL 65 was investigated.

The calculation part calculated the setpoints of the remote stage directional protection for 110 kV transmission lines.

The economic part calculates the economic indicators of replacement of outdated electro-mechanical relay protection with a new microprocessor protection

A section on occupational safety was also carried out, analyzing the working conditions and proposing measures for software engineers involved in calculating triggering settings and setting up relay protection terminals.

Keywords: relay protection, REL 650 terminal, power lines, relay setpoint.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
1 ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ЛЕП 110 кВ.....	11
1.1 Призначення та характеристики ЛЕП 110 кВ.....	11
1.2 Аналіз пошкоджуваності ЛЕП 110 кВ	14
1.3 види релейних захистів та протиаварійної автоматики ЛЕП 110 кВ	15
1.4 Особливості мікропроцесорних захистів	17
Висновок до першого розділу	18
2. ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕРМІНАЛУ REL 650.....	19
2.1 Призначення та основні функції терміналу REL 650	19
2.2 Принцип дії терміналу REL 650	20
2.3 Призначення та основні функції блоку «Світлодіоди LED»	21
2.4 Призначення та основні функції блоку «Функціональні кнопки»	27
2.4.1 Принцип роботи блоку «Функціональні кнопки»	28
2.4.2 Режими роботи блоку «Функціональні кнопки»	28
2.4.3 Функція вхідного сигналу блоку «Функціональні кнопки».....	30
2.5 Місцевий інтерфейс "людина – машина" мікропроцесорного терміналу REL650.....	30
2.5.1 Місцевий інтерфейс "людина – машина"	30
2.5.2 Дистанційна захист, ранжування мікропроцесорного терміналу REL650.....	36
2.5.3 Функціональні можливості блоку дистанційного захисту.....	38
2.5.4 Налаштування від навантажувального режиму блоку дистанційного захисту REL650	44
2.5.5 Функціональні можливості блоку дистанційного захисту REL650.....	46
Висновок до другого розділу.....	54
3 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РСМ 600 ДЛЯ REL 650.....	55
3.1 Загальна характеристика РСМ 600.....	55
3.1.1 Інтерфейс користувача	55
3.1.2 Завдання уставок	57

3.1.3 Запис параметрів в ІЕУ	58
3.2 Особливості вільно програмованої логіки терміналів АВВ	59
3.2.1. Використання інструменту графічного конфігурації логіки	59
3.3 Запис параметрів в ІЕУ	60
3.4 Використання опцій Читання з ІЕУ і запис в ІЕУ	60
3.5 Використання «Завдання уставок»	61
3.6 Використання інструменту обробки осцилограм	62
3.7 Використання Інструменту перегляду подій	63
Висновки до третього розділу	64
4 РОЗРАХУНОК УСТАВОК РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ ЛЕП 110 кВ.....	65
4.1 Визначення уставок спрацювання дистанційного ступеневого захисту ЛЕП 110 кВ	65
4.2 Визначення уставок другого ступеня дистанційного захисту ЛЕП 110 кВ за опором і часом	71
4.3 Методика визначення чутливості дистанційного направленої захисту ЛЕП 110 кВ	73
4.4 Дослідження входних сигналів опорів дистанційного захисту при двофазному і трифазному к.з на ЛЕП 110 кВ.....	75
4.5 Вибір уставок пускових реле мінімального опору встановлених на ЛЕП 110 кВ.....	79
Висновок до четвертого розділу.....	86
5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	87
5.1 Економічне обґрунтування доцільності впровадження мікропроцесорних захистів.....	87
5.2 Економічне обґрунтування впровадження удосконаленої схеми захисту.....	90
Висновки до п'ятого розділу.....	93
6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	94
6.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації	94
6.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії	96
6.2.1 Мікроклімат	96

6.2.2	Склад повітря робочої зони	97
6.2.3	Штучне та природне виробниче освітлення	98
6.2.4	Виробничий шум	100
6.2.5	Виробничі вібрації.....	101
6.3	Оцінка безпеки роботи в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій.....	102
6.3.1	Оцінка безпеки роботи в умовах дії іонізуючих випромінювань	103
6.3.2	Оцінка безпеки роботи в умовах дії електромагнітного імпульсу	106
	Висновки до шостого розділу.....	111
	ВИСНОВКИ	112
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	113
	ДОДАТОК А	117

ВСТУП

Актуальність теми. Агропромисловий сектор та енергетична галузь тісно пов'язані між собою. Від надійного, безперебійного електропостачання підприємств агропромислового комплексу залежить національна безпека та незалежність держави.

Останнім часом в Україні та світі можна спостерігати тенденцію до розбудови потужних підприємств АПК, живлення такі підприємства отримують від підстанцій 110/10 кВ, а тому забезпечення надійності та безвідмовності ЛЕП 110 кВ є актуальною задачею.

В разі пошкодження ізоляції будь-якого місця протяжної повітряної ЛЕП прикладена до лінії напруга створює струм витоку або короткого замикання через пошкоджену ділянку. Причинами пошкодження ізоляції можуть стати різні фактори, які здатні самоусунутися або продовжувати свою руйнівну дію. Такі пошкодження здатні завдати великої шкоди промисловим підприємствам. Струми коротких замикань мають величезну тепловою енергією, здатну спалити не тільки провід, але і пошкодити силове обладнання на живильних підстанціях.

З цих причин всі виникаючі пошкодження на ЛЕП необхідно миттєво ліквідувати. Це досягається зняттям напруги з пошкодженої лінії на живильній стороні. Функції постійного відстеження електричних параметрів стану всіх ліній електропередач і зняття з них напруги з усіх боків при виникненні будь-яких аварійних ситуацій покладено на складні технічні системи, які називають релейними захистами.

Більшість пристроїв релейного захисту працюють на основі електромагнітних реле, конструкції яких виникли з появою перших ліній електропередач і удосконалюються до наших днів. Також широко впроваджуються модульні релейні захисти на основі мікропроцесорної техніки та комп'ютерних технологій.

Мета і задачі дослідження. Метою магістерської кваліфікаційної роботи є дослідження релейного захисту ЛЕП систем електропостачання, що живлять підприємства АПК.

Відповідно до вказаної мети в роботі розв'язуються такі **основні задачі**:

- дослідити особливості експлуатації ліній електропередачі 110 кВ;
- проаналізовано технічні характеристики терміналу REL 650;
- дослідити програмне забезпечення РСМ 600 для REL 65;
- розрахувати уставки спрацювання дистанційного ступеневого ненаправленого захисту для ЛЕП
- проведено розрахунок економічних показників заміни застарілого електромеханічного релейного захисту на новий мікропроцесорний захист

Об'єктом дослідження є методи релейного захисту ліній ЛЕП 110 кВ, що реалізовані в терміналі REL 650.

Предметом дослідження є засоби релейного захисту ліній ЛЕП 110 кВ, що реалізовані в терміналі REL 650.

Методи дослідження. Для аналізу та розв'язання поставлених задач використано методи теорії релейного захисту.

Структура та обсяг роботи: робота складається зі вступу, шести розділів, висновків, додатку. Вона викладена на 116 аркушах друкованого тексту і містить 12 таблиць, 36 рисунків. При виконанні кваліфікаційної роботи було використано 36 літературних джерел.

Наукова новизна одержаних результатів. Отримав подальший розиток метод захисту мереж 110кв який за рахунок комбінованого використання електромеханічних та мікропроцесорних реле дозволяє покращити якість захисту мереж 110кв .

Практична цінність . Наведені приклади розрахунку уставок захистів можуть бути використані під час експлуатації та проектування захистів ЛЕП 110 кВ.

1 ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ЛЕП 110 кВ

1.1 Призначення та характеристики ЛЕП 110 кВ

Відомо [1] що лінії електропередач (ЛЕП) 110 кВ є елементом електричних мереж 110 кВ. Також відомо те, що електричні мережі 110 кВ відносяться до розподільних електричних мереж, призначенням яких є розподіл електричної енергії, одержуваної від джерел живлення (електричних станцій і понижувальних підстанцій), по території електропостачального району і безпосередня її подача до приймачів і споживачам. Вони виконують передавання електроенергії до вузлів залізничного транспорту і т.п. на відстані від одиниць до декількох десятків кілометрів.

Ознакою розподільних електричних мереж в яких експлуатуються ЛЕП 110 кВ є те, що основна їх частина являє собою повітряні лінії електропередачі Основними типами металевих опор ПЛ 35–110 кВ є одно стоячі, вільно стоячі одно ланцюгові і дволанцюгові з різним розташуванням проводів, а також порталні з відтяжками. Проміжні опори ПЛ 35 (П35–1, П35–1У). Вони мають зварений стовбур прямокутної конструкції з паралельними поясами з кутника. Нижня секція збирається на болтах. Провід ЛЕП на одно ланцюгової опори розташовують в формі трикутника, а на дволанцюговій – у формі бочки. Траверси розташовуються з двох сторін симетрично, такого ж типу, як і одноколових. На вершині стовбура монтують тросостійки. Закріплюють опори ЛЕП на фундаменті анкерними болтами, наявними на кожному з чотирьох башмаків. Проміжні опори з відтяжками це як правило залізобетонні стійки СК з металоконструкціями ЛЕП, застосовуються тільки на одно ланцюгових ПЛ 110 кВ. Такі конструкції мають три подвійні розщеплені відтягнення. Нижні кінці відтяжок кріплять до анкера, а верхні – до залізобетонної стійки СК. Відтягнення розташовують під кутом 120 одна до одної. Обрив

проводу однієї з фаз становить близько 10% від усіх видів пошкоджень. Ступінь небезпеки названого аварійного режиму характеризується переходом аварійного режиму ЛЕП в однофазне замикання на землю при торканні обірваного проводу землі. При цьому, в залежності від місця розриву проводу, можливі три режими замикання:

- замикання проводу на землю з боку джерела (практично, класичне однофазне замикання на землю);

- замикання на землю з боку електроприймача (торкання землі проводом, пов'язаним тільки з споживачем);

- замикання на землю в двох точках, з боку джерела і з боку електроприймача. Проміжні опори ПЛ 110 кВ споруда, що складається з проводів і допоміжних пристроїв, призначене для передачі або розподілу електричної енергії. ВЛ 110 кВ будучи основною ланкою енергосистеми, разом з електричними підстанціями утворює електричні мережі України. На ПЛ 110 кВ застосовують різні по конструкції уніфіковані опори ЛЕП, підрозділяють на проміжні і кутові. На підставі багаторічної практики будівництва ЛЕП, проектування і експлуатації ПЛ 110 кВ визначаються найбільш доцільні та економічні типи – універсальні проміжні або кутові опори ЛЕП для відповідних кліматичних і географічних районів. Траверси, які підтримують провідники на високовольтних лініях електропередачі, є важливими елементом опори, до яких висувають підвищені вимоги. Адже такі сталеві конструкції ЛЕП повинні зберігати працездатність при будь-якій погоді, бути стійкі до різноманітних пошкоджень факторами, володіти довговічністю.

Призначення цих мереж – розподіл електричної енергії, одержуваної від джерел живлення (електричних станцій і понижувальних напруг підстанцій), по території електропостачального району і безпосередньо її подача до приймачів і споживачам. У сучасній електроенергетиці таку роль виконують розгалужені електричні мережі великого діапазону номінальних напруг: мережі до 1000 В – в межах кварталів міст або дрібних селищ,

цехів промислових підприємств, виробничих об'єктів сільського господарства, житлових і громадських будівель і т.п.; мережі 6 і 10 кВ – в межах мікрорайонів міст, великих селищ, промислових підприємств, сільськогосподарських районів, вузлів залізничного транспорту; мережі 35 і 110 кВ – на відстані від одиниць до декількох десятків кілометрів.

Характерними якостями розподільних електричних мереж (РЕМ) є їх масовість. На РЕМ витрачається більше 50% провідникових матеріалів, використовуваних для передачі і розподілу електроенергії в енергосистемах; в них відбувається більше 50% сумарних втрат електроенергії.

Розвиток РЕМ характеризується прискореним підвищенням їх кількісних показників: протяжністю ліній, чисельністю підстанцій, схемними і структурними рішеннями, зростанням вимог до надійності електропостачання та якості електроенергії у її споживачів. Динаміка показників РЕЗ визначається швидким ростом чисельності міського населення, кількості міст, селищ, промислових підприємств, електрифікацією транспорту та сільськогосподарського виробництва в кінцевому рахунку зростанням електричних навантажень всіх елементів електромереж і споживання електроенергії. Лінії 110 кВ можуть бути системо – утворюючими і розподільними, що живлять підстанції невеликої потужності, напругою 110/10 кВ. Напруга 110 кВ також широко застосовується для спорудження електричних мереж великих міст і створення глибоких введів на підприємства, із прокладкою кабель– 10 них ліній цієї напруги.

На більшій частині території енергетичної системи України широке поширення одержали мережі напругою 110 кВ. У Південному й Дніпровському регіонах, а також у прикордонні із Дніпровським регіоном районах Полтавської області – мережі 150 кВ. На напругах 110 – 150 кВ сформована складно–замкнена мережа, що складається із численних кілець, зв'язаних між собою окремими перемичками. Ця мережа є основною

розподільною мережею енергетичної системи. До початку 2001 р. сумарна довжина ліній електропередачі напругою 110 і 150 кВ склала більше 50 тис. км, а потужність ПС більше 57 тис. МВ·А (усього близько 1400 підстанцій). Виходячи з граничного нормативного часу експлуатації ЛЕП (25 років), кількість, які пропрацювали понад цей термін в Україні перевищує 90%.

Отже сучасна високоомеханізована та електрифікована інфраструктура висуває підвищені вимоги до надійності і безперебійності електропостачання. Недовідпуск електроенергії, перерви в електропостачанні підприємств тягнуть за собою як прямий економічний збиток, пов'язаний з його відновленням, так і технологічний, обумовлений псуванням продукції. Електропостачальні організації при цьому також зазнають збитків через несплату недовідпущеної електроенергії. Отже, споживач і виробник електроенергії є зацікавленими сторонами в підвищенні надійності електропостачання.

Надійність електропостачання споживачів безпосередньо пов'язана з аварійними відключеннями розподільних мереж, найбільша кількість яких припадає на повітряні лінії електропередачі напругою 110кВ при впливі вітрових і ожеледно-вітрових навантажень.

1.2 Аналіз пошкоджуваності ЛЕП 110 кВ

Подальша експлуатація таких застарілих ЛЕП значно збільшує ризик їх пошкодження та ймовірність недовідпуску електричної енергії споживачам.

Аналіз літературних джерел [2-6] свідчить про те, що основною причиною, що викликає різке збільшення пошкоджуваності високовольтних ліній, є старіння матеріалу конструкції опор, проводів, арматур і ізоляторів. Лінії електропередачі піддаються старінню й

зношуванню від корозії й знакозмінних навантажень, при цьому кількість відмов збільшується від 3–х до 5% у рік.

Повітряні і кабельні лінії електропередачі великої протяжності схильні до пошкоджень в більшій мірі, ніж інше електричне обладнання. Для швидкого відключення при пошкодженнях лінії повинні бути обладнані релейного захистом, що діє на відключення. У електричних мережах, працюючих з заземленими нульовими точками трансформаторів, повинна діяти на відключення захист від між фазних і однофазних КЗ, а в мережі, що працює з ізолюваними нульовими точками трансформаторів, тільки захист від між фазних КЗ. Для прискорення відшукування місця пошкодження встановлюється захист з дією на сигнал.

Захисту ліній відрізняються різноманіттям і визначаються головним чином схемою роботи лінії, напругою мережі і відповідальністю питомих споживачів [7-10]. Для ліній з одностороннім живленням застосовуються: максимальний струмовий захист, струмова відсічка, струмовий поперечний диференційний захист паралельних ліній, спрямований струмовий поперечна диференційний захист паралельних ліній. Для захисту ліній з двостороннім живленням, крім зазначених вище захистів, застосовуються: максимальна спрямований захист, спрямована відсічення, подовжній диференціальний захист, дистанційна захист, високочастотна захист.

1.3 види релейних захистів та протиаварійної автоматики ЛЕП 110 кВ

Мережі напругою 110 кВ , як правило, працюють з глухозаземленою нейтраллю [11]. Тому захист виконується як від багатофазних (за винятком $k_{0\phi}^{(1,1)}$), так і від однофазних КЗ.

Мережі часто мають складну конфігурацію, кілька джерел живлення. Тому для захисту від багатофазних КЗ (включаючи $k^{(1,1)}$) часто застосовуються дистанційні ступінчасті захисту з різними

характеристиками $Z_p = f(\varphi_p)$ органів опору, що забезпечуються блокуванням від коливань і порушень вторинних ланцюгів TV. Від $k^{(1)}$ в Україні зазвичай застосовуються не дистанційні захисти, а струмові багатоступінчасті спрямовані захисти нульової послідовності.

Необхідно підкреслити, що для ліній розглянутих і більш високих напруг, як правило, здійснюється поєднання далекого і ближнього резервування.

Ближнє резервування зводиться до того, що на кожній лінії встановлюється два комплекти захисту, причому другий для розглянутого виконання захистів (дистанційних і струмових нульової послідовності) може мати спрощене виконання тих же захистів – з меншим числом ступенів, наприклад, з першої і другої. На практиці часто використовується ще більш просте здійснення розглянутого резервування. Єдиний комплект, що включає дистанційний захист і струмовий спрямований захист нульової послідовності, розділяється по ланцюгах діючих величин і по ланцюгах оперативного струму на дві частини. В одну з них входять I і II ступені дистанційної та IV ступінь струмового спрямованого захисту, а в другу – відповідно III ступінь дистанційного та I, II і III ступеня струмового спрямованого захистів. У всіх випадках тут і далі додатково встановлюються струмові ненаправлені відсічки від багатофазних КЗ. На підстанціях мереж, особливо з повітряними або мало об'ємними олійними вимикачами, що не мають вбудованих у втулки ТА, передбачаються ПРВВ.

В останні роки виявилася тенденція до застосування і для ліквідації $k^{(1)}$ дистанційних захистів, як практикується за кордоном. Ця тенденція обумовлена появою більш вдалих виконань органів опору, призначених для зазначених цілей. Поки на практиці такі виконання не використовуються.

У випадках, коли за умовами забезпечення стійкості системи та відповідальних споживачів потрібні дії захисту на всій довжині ділянки, що захищається без витримки часу (на шинах станцій і вузлових підстанцій $U_{ост}^{(3)} \leq 0.6 \div 0.7 U_{ном}$), можливі два вирішення питання: доповнення

східчастих захистів пристроями ВЧ блокування або передачі відключають сигналів і використання в якості основної окремої поздовжньої захисту з абсолютною селективністю. Перевага віддається другому варіанту, що забезпечує незалежність в експлуатації і більш досконале ближнє резервування. В даний час в якості основних застосовуються спрямовані захисту з ВЧ блокуванням замість раніше використовувалися диференційно–фазних захистів з ВЧ блокуванням. Поздовжні диференціальні захисту з допоміжними проводами використовуються рідко, на дуже коротких ділянках.

При наявності на лінії паралельних ланцюгів додатково встановлюються поперечні спрямовані захисти з непрямым порівнянням знаків потужності. Завжди в якості додаткових передбачаються струмові ненаправлені відсічки.

На тупикових лініях іноді вдається використовувати і більш прості струмові ступінчасті захисти.

1.4 Особливості мікропроцесорних захистів

Тому не дивно, що закордонні фірми, які займаються розробкою цифрових пристроїв релейного захисту та автоматики, мають суттєву перевагу у порівнянні з вітчизняними виробниками подібної техніки. Найбільш відомими зарубіжними фірмами в області розробок цифрових пристроїв релейного захисту та автоматики є ABB, SIEMENS, ALSTOM, GENERAL ELECTRIC. В літературі досить часто цифрові пристрої ще називають мікропроцесорними. На наш погляд це не зовсім вірно [12]. Мікропроцесор – це є один з основних елементів багатьох пристроїв релейного захисту та автоматики. Але є пристрої, які виконані на основі мікроконтролерів. Є більш складні пристрої релейного захисту, автоматики, об'єднані в спільну інформаційну мережу, для організації якої використовують комп'ютери з потужними процесорами. Спільним для всіх

цих технічних елементів є використання цифрових принципів їхнього функціонування. Основними з них є:

- більш висока точність відтворення заданих характеристик функціонування пристрою.

- отримання характеристик будь-якої складності.

- запам'ятовування координат режиму під час спрацювання цифрового пристрою.

- можливість змінювати конфігурацію пристрою, самодіагностика.

Висновок до першого розділу

Отже сучасна висококомеханізована та електрифікована інфраструктура висуває підвищені вимоги до надійності і безперебійності електропостачання. Недовідпуск електроенергії, перерви в електропостачанні підприємств тягнуть за собою як прямий економічний збиток, пов'язаний з його відновленням, так і технологічний, обумовлений псуванням продукції. Електропостачальні організації при цьому також зазнають збитків через несплату недовідпущеної електроенергії. Отже, споживач і виробник електроенергії є зацікавленими сторонами в підвищенні надійності електропостачання.

Останніми роками в енергосистемах України широко впроваджуються пристрої релейного захисту, виконані на цифрових принципах. За кордоном такі пристрої впроваджуються в експлуатацію вже на протязі більше двох десятків років.

2 ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕРМІНАЛУ REL 650

2.1 Призначення та основні функції терміналу REL 650

Призначення та основні функції захисту: п'ять зон дистанційного захисту, полігональна характеристика ; селектор пошкоджених фаз з відбудовою від режиму навантаження, полігональна характеристика; п'ять зон дистанційного захисту, кругова характеристика; розпізнавання пошкодженої фази з відбудовою від режиму навантаження для дистанційної захисту з круговими характеристиками; орган спрямованості для дистанційного захисту, полігональні і кругові характеристики; логіка переваги вибору фази; виявлення гойдання потужності; логіка автоматики при включенні на ушкодження на базі вимірювання напруги і струму.

Функції резервного захисту: максимальна фазна струмовий захист без витримки час; чотириступінчаста спрямована максимальна фазна струмовий захист; чотириступінчаста максимальна фазна струмовий захист; максимальний струмовий захист нульової послідовності без витримки часу;

чотириступінчастий спрямований максимальний струмовий захист нульової послідовності; чутливий спрямований максимальний струмовий захист нульової послідовності і захист за потужністю; двоступеневий мінімальний струмовий захист з витримкою часу; захист від теплового перевантаження з одного постійної часу; резервування відмови вимикача; захист ошиновки; захист від неузгодженості полюсів; контроль обриву проводів.

Для отримання коректних результатів вимірювань і правильного функціонування захистів аналогові вхідні канали повинні бути належним чином сконфігуровані. Для вимірювання потужності і для правильної роботи всіх спрямованих і диференціальних функцій захисту повинні бути правильно визначені полярності підключення вхідних струмів. Алгоритми

вимірювання і захисту в IED 670 використовують первинні системні величини, значення уставок задані також в первинних величинах. Тому дуже важливо правильно виставити дані про трансформаторах струму і напруги.

Для полегшення роботи з вимірами електричних параметрів режиму можна задати опорний кут (кут відліку фази) PhaseAngleRef. Фазний кут вимірюваного параметра цього каналу буде завжди дорівнювати нулю градусів, при цьому за всіма іншими каналами вимірювань кути векторів будуть відображатися щодо фази кута цього опорного аналогового входу. Під час тестування і налагодження IED опорний канал може бути легко змінений.

2.2 Принцип дії терміналу REL 650

Визначення напрямку струму щодо об'єкта, що захищається терміналом IED, залежить від схеми з'єднання вторинних ланцюгів трансформаторів струму (ТС). ТТ зазвичай з'єднані в зірку, причому зірка може бути зібрана з нульовою точкою у напрямку в бік об'єкта або від об'єкта. Ця інформація повинна бути задана в IED. Прийнято, що спрямованість визначається наступним чином: позитивне значення величини струму, потужності і т.д. означає, що ця величина має напрямок до об'єкту, а негативне напрямок означає напрямок від об'єкта. Для спрямованих функцій напрямок до об'єкту визначається як напрямок Forward (вперед), а напрямок від об'єкта визначається як Reverse (зворотне).

При коректному завданні уставки напрямки ТТ (CTStarPoint виставлена на FromObject (Від об'єкта) або ToObject (До об'єкту)) позитивні величини завжди протікають у напрямку до об'єкту, тобто Вперед.

Для того, щоб використовувати первинні величини для уставок і розрахунків в IED, повинні бути відомі коефіцієнти трансформації

трансформаторів струму ТТ і напруги ТН. Ця інформація вводиться в IED у вигляді номінальних вторинних і первинних струмів і напруг СТ і VT.

Коефіцієнти трансформації ТТ і ТН та ім'я відповідної каналу задаються в меню Main Menu / Hardware / Analog modules в інструменті PST (Parameter Settings Tool).

2.3 Призначення та основні функції блоку «Світлодіоди LED»

Призначенням світлодіодів є оперативне візуальне інформування персоналу про роботу захистів або про появу інших аварійно–попереджувальних сигналів. У ІЧМ передбачені: а) програмовані світлодіоди індикації роботи; б) три системні світлодіоди, що відображають стан пристрою. Програмовані світлодіоди аварійно–попереджувальної сигналізації знаходяться праворуч від LCD екрана. Вони можуть працювати в режимі постійної індикації (безперервного світіння) або в миготливому режимі. Режим миготіння зазвичай використовується для аварійно–попереджувальної сигналізації. Призначення цих світлодіодів конфігурується за допомогою інструменту РСМ 600. Це пов'язано з тим, що вони залежні від ранжирування бінарних входів, і, отже, не можуть бути конфігуруються з місцевого НМІ. Нижче наведені приклади деяких типових аварійно–попереджувальних сигналів:

- Відмова контролера комірки розподільчого пристрою
- Включення вимикача заблоковано
- Оперативна блокування обійдена (виведена)
- Відключення від диференціальної захистом
- Зниження рівня елегазу
- Помилка положення блок–контактів комутаційного апарату
- Аварійно–попереджувальний сигнал несправності приводу вимикача
- Аварійно–попереджувальний сигнал контролю

температури масла

- Відключення по теплового перевантаження
- Відключення від газового реле Бухгольца

Порт RJ45 оснащений жовтим світлодіодом, що інформує про наявність зв'язку між IED і комп'ютером. Клавіша «Місцеве / Дистанційне» на передній панелі має два світлодіода індикації активного режиму – місцевого або дистанційного керування. Функціональні блоки LEDGEN, GRP1_LED x , GRP2_LED x , GRP3_LED x ($x = 115$) виконують управління та забезпечують інформацію про стан програмованих світлодіодів LED. Вхідні і вихідні сигнали цих блоків конфігурація в РСМ600. Вхідні логічні сигнали призначаються на програмовані світлодіоди LED індивідуально в сигнальній матриці SMT або в графічному редакторі конфігурації АСТ. Кожен програмований світлодіод LED управляється функціональним блоком GRP1_LED x , який визначає, яким кольором буде проводитися індикація, і який режим (послідовність) індикації буде використовуватися (постійне або миготливе світіння, із запам'ятовуванням сигналу або за наявністю сигналу).

Кожен програмований світлодіод LED в місцевому ПЧМ може бути налаштувати індивідуально для роботи в одній з шести послідовностей (режимів) індикації: два режими – за наявністю сигналу, чотири режими – із запам'ятовуванням (фіксацією) сигналу. Дві послідовності (режиму) використовуються для сигналізації роботи захистів: а) в збірному режимі, або б) в режимі повторних запусків. Дві інші послідовності (режими) використовуються для системи сигналізації в збірному режимі з можливістю підтвердження (квітування).

Світлодіоди індикації стану пристрою

Над модулі LCD знаходяться три системних світлодіода. Інформація, яку вони передають, описана в таблиці нижче.

Інформація про стан світлодіодів зберігається при втраті оперативного харчування IED. Останнє стан світлодіодів відновлюється після того, як IED успішно перезапустився.

Таблиця 2.1 – Призначення світлодіодів індикації

Led індикації	Інформація
Зелений:	
Постійно горить	В роботі
Блимає	Внутрішнє пошкодження
Не горить	Немає живлення, відсутнє живлення терміналу
Жовтий:	
Постійно горить	Аварійний реєстратор увімкнено
Блимає	Термінал в тестовому режимі
Червоний:	
Постійно горить	Видана команда на вимкнення

Режими роботи: збірний режим; світлодіоди, які використовуються в збірному режимі роботи, накопичують сигнали безперервно, поки модулів не буде сквітований вручну. Цей режим підходить в якості спрощеної системи аварійно–попереджувальної сигналізації. Режим повторного пуску; у режимі повторного пуску кожен новий пуск квітуючи всі попередні активні світлодіоди і активує тільки ті, які з'являються під час одного перехідного процесу. Повернення і повторний пуск при новому перехідному процесі ініціюють тільки світлодіоди, запрограмовані на режим повторного пуску з фіксуєчим типом послідовності б (LatchedReset–S). Перехідний процес вважається завершеним, коли минув заданий уставкою час після повернення активованих вхідних сигналів або коли закінчився максимальний ліміт часу.

Підтвердження / квітування

Від місцевого НМІ Активні індикації можуть бути «підтвержені / квітовані» вручну. Ручне підтвердження і ручне квітування мають те ж саме значення і є загальним сигналом для всіх послідовностей роботи і всіх світлодіодів. Ця функція запускається позитивним фронтом сигналу, а не рівнем. «Підтвердження / квітування» виконується кнопкою Reset і за

допомогою меню на LHMI. Детальніше описано в Керівництві оператора. Від функціонального входу «Активні індикації» можуть бути також «підтверджені / квітовані» від вхідного сигналу RESET. Цей вхід, наприклад, може бути підключений до бінарним входу, керованого від зовнішньої кнопки. Ця функція запускається за появою позитивного фронту сигналу, а не по наявності рівня сигналу. Це означає, що якщо кнопка натиснута постійно, «підтвердження / квітування» діє на активні індикації тільки в той момент, коли кнопка натискається вперше. Автоматичне повернення (квітування). Автоматичне повернення може бути виконане тільки для індикації, визначених для режиму повторного пуску з фіксуючим типом послідовності 6 (LatchedReset–S).

Коли виконано автоматичне повернення, все ще присутні індикації будуть показані постійно палаючими світлодіодами. Послідовності роботи послідовності можуть бути стежить (Follow) або фіксуючого типу (Latched). Для стежить типу світлодіоди повністю слідує за вхідним сигналом. Для фіксуючого типу кожен світлодіод фіксує відповідний вхідний сигнал, поки не будуть квітовані. Рисунки нижче показують принцип роботи послідовностей, які обирають для кожного світлодіода окремо. Для послідовності 1 і 2 (тип Стежачий) функція «підтвердження / квітування» не може бути застосована. Послідовності 3 і 4 (тип фіксуючий з квітуванням) працюють тільки в збірному режимі. Послідовність 5 працює згідно фіксуючому типу в збірному режимі, тоді як послідовність 6 працює згідно фіксуючому типу в режимі повторного пуску. Літери S і F в назвах послідовностей мають значення (S = Постійне горіння) і (F = Миготіння). При активації вхідного сигналу параметри відображаються згідно з обраними схемами послідовностей, наведених нижче. У схемах послідовностей світлодіоди мають символи, зображені на рис. 2.1.

Послідовність 1 (Follow–S,) Послідовність 1 стежить за відповідними вхідними сигналами (повторює стан вхідних сигналів). Вона не реагує на підтвердження або квітування. Кожен світлодіод управляється незалежно від інших світлодіодів.

● = Немає індикації ○ = Постійне горіння ⊕ = Блимання

Рисунок 2.1 – Символи, що використовуються в схемах послідовностей

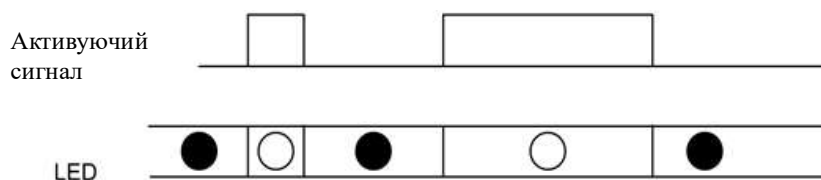


Рисунок 2.2 – Послідовність роботи 1 (Follow-S)

Послідовність 2 (Follow-F) Послідовність 2 аналогічна послідовності 1, Follow-S, але світлодіоди блимають при наявності вхідного сигналу замість постійного горіння як це відбувається в режимі послідовності 1. Послідовність 3 (LatchedAck-F-S) Послідовність 3 забезпечує функції фіксації (запам'ятовування) сигналу і працює в збірному режимі. Кожен світлодіод працює незалежно від інших світлодіодів. При появі вхідного сигналу світлодіод починає блимати. Після підтвердження світлодіод гасне, якщо вхідний сигнал більше не присутній. Якщо сигнал все ще присутній, світлодіод переходить на постійне горіння.

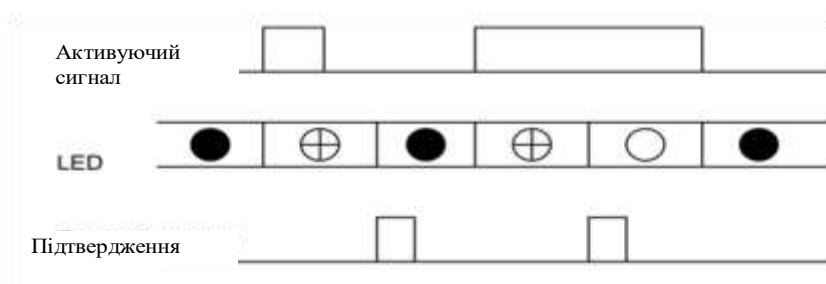


Рисунок 2.3 – Послідовність роботи 3 (LatchedAck-F-S)

Послідовність 4 (LatchedAck-S-F) Послідовність 4 аналогічна послідовності 3, але замість постійного горіння світлодіода використовується його миготіння. Послідовність 5 (LatchedColl - S) Послідовність 5 з фіксацією (запам'ятовуванням) сигналу працює в

збірному режимі. При активації вхідного сигналу світлодіод засвітиться постійним світлом. Відмінність від послідовностей 3 і 4 полягає в тому, що індикації, які все ще активовані, що не будуть квітуватися, тобто, негайно після позитивного фронту команди квітування виконують нове зчитування і фіксацію активних сигналів. Кожен світлодіод в своїй роботі незалежний від інших світлодіодів.

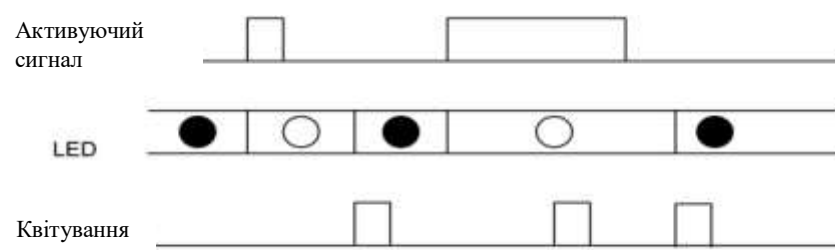


Рисунок 2.5 – Послідовність роботи 5 (LatchedColl–S)

Послідовність 6 (LatchedReset – S) У цьому режимі всі активовані світлодіоди автоматично квітовані при активації будь-якого вхідного сигналу світлодіодів, що працюють в режимі послідовності 6. Індикатори, які все ще активні, які не будуть квітуватися вручну, тобто, відразу після появи позитивного фронту сигналу ручного квітування виконується нове зчитування стану входів і фіксація наявності активних сигналів. Світлодіоди, що працюють в послідовності 6, повністю незалежними у своїй роботі від світлодіодів інших послідовностей.

Визначення перехідного процесу Перехідний процес – це час від моменту активації першого світлодіода до закінчення заданого часу $t_{Restart}$ після того, як всі активують сигнали світлодіодів послідовності 6 зникли. Однак, якщо після зникнення всіх активних сигналів знову з'являється сигнал до того, як час $t_{Restart}$ минув, $t_{Restart}$ таймер не починається повторно. Пуск нового перехідного процесу відбудеться, якщо всі сигнали будуть зквітовані після закінчення часу $t_{Restart}$. Схема цієї функції показана на рис. 2.6.

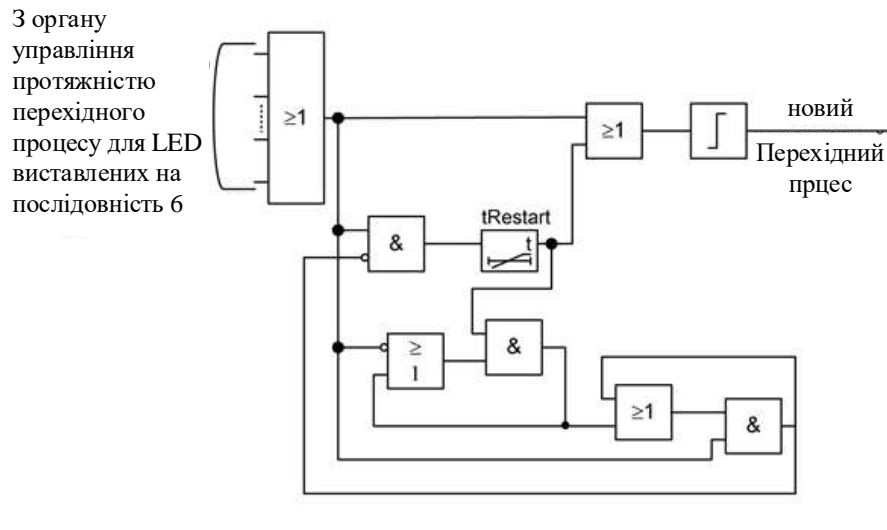


Рисунок 2.6 – Активація нового перехідного процесу

Щоб уникнути зависання індикацій в разі стійкого сигналу, кожен світлодіод забезпечений таймером, t_{Max} , після закінчення часу якого вплив на визначення перехідного процесу цим конкретним світлодіодом заборонено. Схема цієї функції показана на рис. 2.7.

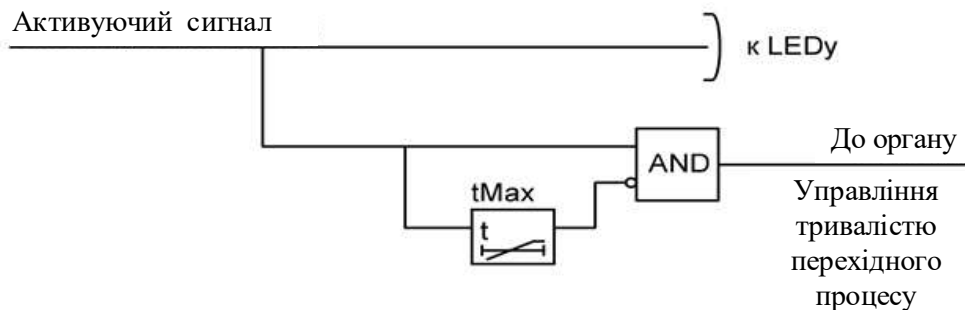


Рисунок 2.7 – Управління тривалістю активують сигналів

2.4 Призначення та основні функції блоку «Функціональні кнопки»

У ІЧМ передбачені 5 функціональних кнопок, розташованих ліворуч від РКІ дисплея, які можуть використовуватися як кнопки управління або як кнопки переходу в потрібний пункт меню. У кожній кнопці є світлодіод, який конфігурується в програмі РСМ600. При використанні кнопок для

переходу в потрібний розділ меню ІЧМ можливий швидкий перехід в меню пристрою. При використанні кнопки для управління можлива прив'язка стану кнопки до логічного бінарним сигналу в логіці терміналу

2.4.1 Принцип роботи блоку «Функціональні кнопки»

Виходи функціональних кнопок FNKEYMD1 – FNKEYMD5 можуть управлятися за допомогою функціональних кнопок ІЧМ. Натисканням функціональної кнопки на ІЧМ виконується зміна стану виходу відповідного функціонального блоку. Ці виходи функціональних блоків в свою чергу можуть бути використані для управління іншими функціональними блоками в логіці пристрої, наприклад для управління комутаційними апаратами, управління «входами \ виходами» пристрою. Блоки FNKEYMD1 – FNKEYMD5 мають ряд уставок, які задають режими роботи кнопок. Ці уставки зазвичай задаються в PST.

2.4.2 Режими роботи блоку «Функціональні кнопки»

Режим роботи задаються індивідуально для кожної функціональної кнопки, при цьому використовуються режими OFF, TOGGLE або PULSED. Режим (OFF) цей режим встановлює постійний логічний 0 на виході функціонального блоку. Зміни станів всіх входів \ виходів при цьому ігноруються



Рисунок 2.8 – Режим роботи 0 (Mode 0)

Режим (TOGGLE). В цьому режимі вихідний сигнал змінює свій стан (з 0 на 1 або з 1 на 0 в залежності від того в якому стані він знаходиться в поточний момент) при кожній появі зміни стану а на вході функціонального входу. При цьому вхідний сигнал має імпульсний характер, в цьому режимі блок працює (контролю стану входу) через заданий інтервал часу (час контролю стану показані на малюнку пунктиром). Також вихід блоку скидається по зворотному фронту сигналу на вході блоку.

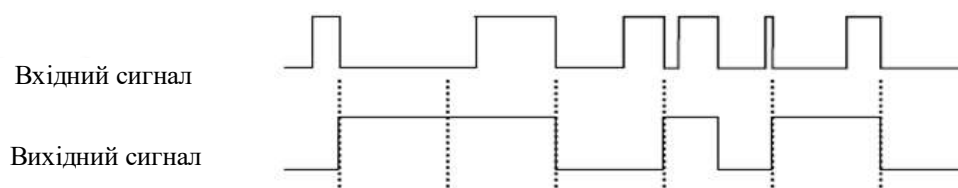


Рисунок 2.9 – Режим роботи 1 (Mode 1)

Режим (PULSED). В цьому режимі вихідний сигнал буде логічної 1 протягом заданого часу (установка pulsed time), після закінчення цього часу виходу опеньків отримує стан логічного 0. Робота блоку на вході скидається коли функція визначає, що вхід дорівнює 1 і на виході немає логічної 1. Зверніть увагу, що третій позитивний фронт на вході не призводить до появи імпульсу, тому що цей фронт був застосований в логіці під час видачі вихідного імпульсу. Новий імпульс (лог.1) на виході може бути виконаний тільки тоді, коли на виході є лог. 0, якщо ж вихід активний, вхідний імпульс ігнорується.

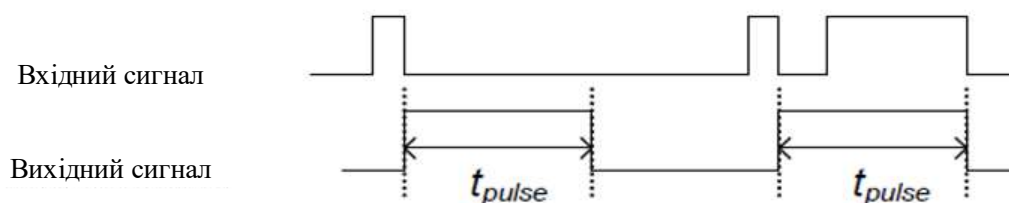


Рисунок 2.10 – Режим роботи 2 (Mode 2)

2.4.3 Функція вхідного сигналу блоку «Функціональні кнопки»

Всі входи працюють однаковим чином: коли в ІЧМ задано, що функціональна кнопка знаходиться в режимі CONTROL (управління), і відповідний вхід стає активним, світлодіод зазначеної кнопки починає світитися жовтим кольором при натисканні кнопки. Така поведінка блоку матиме місце навіть в тому випадку, якщо уставка Operation функціонального блоку буде задана Off. Є виключення в опціонально розширенні EXT функціональних кнопок 7 і 8, оскільки вони є трибарвними (тобто можуть виконувати індикацію жовтим, зеленим і червоним), Кожен з цих світлодіодів управляється трьома входами, які працюють з наступним пріоритетом: Червоний–Жовтий–Зелений.

Таблиця 2.2 – Індикації функціональних кнопок

Входи			Виходи
RED	YELLOW	GREEN	Колір індикації LED
1	0/1	0/1	Червоний
–	1	0/1	Жовтий
–	–	1	Зелений
0	0	0	Не горить

2.5 Місцевий інтерфейс "людина – машина" мікропроцесорного терміналу REL650

2.5.1 Місцевий інтерфейс "людина – машина"

Місцевий інтерфейс "людина – машина" простий і легкий для розуміння – вся передня панель розділена на зони з чітко визначеною функціональністю:

- Системні світлодіоди (LED) індикації стану пристрою;
- Світлодіоди LED попереджувальної (аварійної) сигналізації, які складаються з 15 світлодіодів LED (триколірних) з заданими користувачем

назвами. Всі світлодіоди LED конфігуруються за допомогою інструменту РСМ 600;

- Рідкокристалічний дисплей (LCD);
- П'ять функціональних кнопок, які конфігуруються за допомогою інструменту РСМ 600;
- Клавіатура з кнопками для керування та навігації, перемикач вибору між місцевим і дистанційним керуванням і кнопка скидання;
- Оптоізолірований RJ45 порт зв'язку

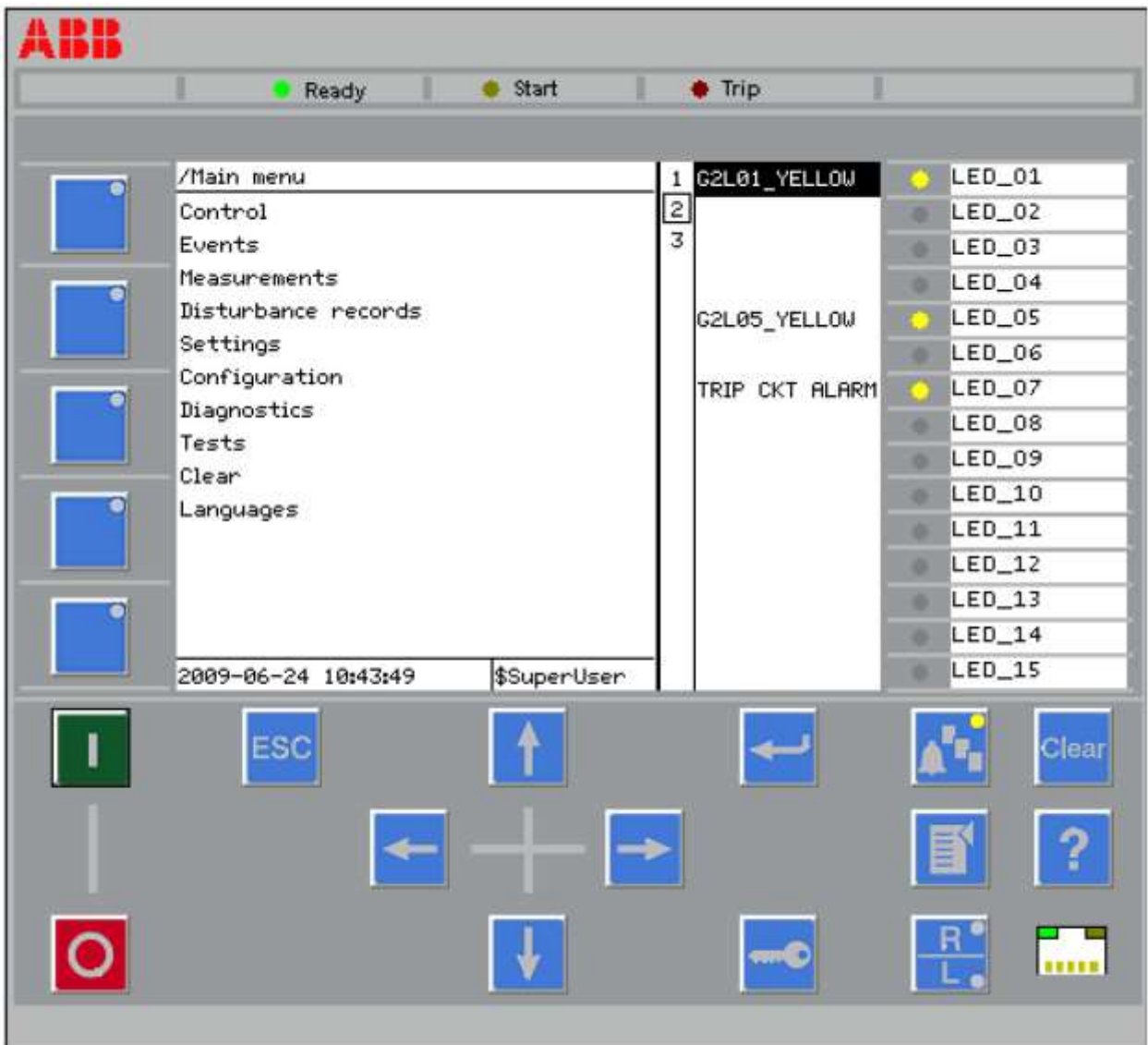


Рисунок 2.11 – Місцевий інтерфейс «людина – машина»

Рідкокристалічний дисплей (LCD). Апаратно панель місцевого інтерфейсу "людина – машина" Пристрій являє собою графічний монохромний дисплей з роздільною здатністю 320x240 пікселів (пікселів). Розмір текстових рядків може бути різним. Кількість символів і рядків залежить про використовуваного розміру шрифту і від зображених графічних елементів, відображених на екрані в даний момент. Область екрану умовно поділена на чотири основні частини:

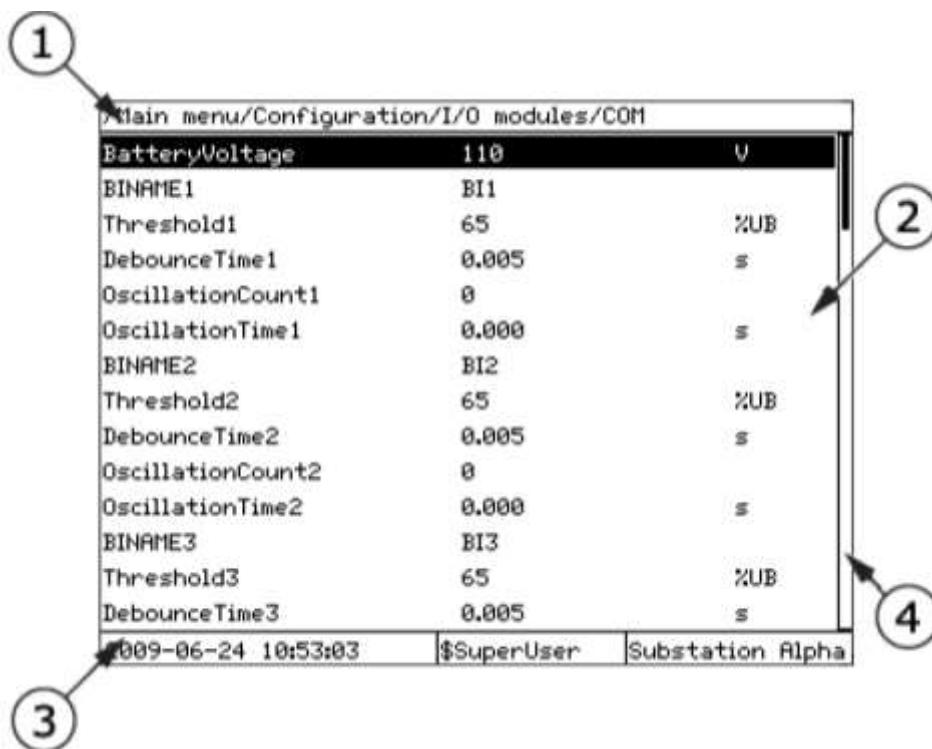


Рисунок 2.12– Приклад відображення графічного екрану

1. Розділ поточного меню
2. Вміст (дані)
3. Рядок стану
4. Смуга прокрутки

Розділ поточного меню інформує про гілці меню, в якій користувач знаходиться в поточний момент, він може бути неповним (скорочено), в цьому випадку попередні пункти меню замінюються символами «...». Область даних відображає інформацію в текстовом або графічному

вигляді поточного розділу меню. Рядок стану відображає час пристрою, ім'я користувача, який в даний час увійшов в меню терміналу, нізване об'єкта (підстанції), яке задається в уставках терміналу. Якщо текст або графічне зображення занадто великі повністю в області даних праворуч від даних з'являється смуга прокрутки. Якщо повна назва шляху поточного меню не поміщається в текстовому рядку, відображається символ скорочення у вигляді трьох точок.

```

..n menu/Configuration/Communication/TCP-IP configuration
1:ETHFRNT
1:ETHLAN1
1:GATEWAY

2009-06-24 10:37:28  $SuperUser  Substation Alpha

```

Рисунок 2.13 – Скорочення повного шляху поточного розділу меню

Номер, що вказується перед назвою функції, означає порядковий номер даного типу функції, наприклад 1: ETHFRNT означає перш елемент даного типу функції (він може один або кілька, як наприклад кілька функцій струмового захисту) Панель функціональних кнопок з'являється за запитом і показує, які дії можливо виконати з функціональними кнопками. Кожна кнопка оснащена світлодіодним індикатором, використовуваним як сигналізація стану кнопки (нажватая або відпущена). Стан зазначеного світлодіода відповідає стану логічного сигналу в РСМ600.

Off	on/Communication/TCP-IP configuration	
Off		
Menu shortcut Diagnostics		
Menu shortcut Disturbance records		
Menu shortcut Events		
	\$SuperUser	Substation Alpha

Рисунок 2.14 – Панель функціональних кнопок

Панель світлодіодів LED попереджувальної (аварійної) сигналізації з'являється на вимогу і відображає назва сигналів, які відповідають активним («запаленим») світлодіодам.

/Main menu	1	G2L01_YELLOW
Control	2	
Events	3	
Measurements		
Disturbance records		G2L05_YELLOW
Settings		
Configuration		
Diagnostics		TRIP CKT ALARM
Tests		
Clear		
Languages		
2009-06-24 10:41:24	\$SuperUser	

Рисунок 2.15 – Панель LED попереджувальної (аварійної) сигналізації

Обидві панелі функціональних кнопок і LED попереджувальної (аварійної) сигналізації не можуть бути відображені одночасно. Кожна з цих панелей з'являється після натискання відповідно або будь-якої функціональної кнопки, або кнопки Multipage. Натисканням кнопки ESC

можна приховати ці панелі. Обидві панелі мають динамічно визначається розмір в залежності від довжини текстового рядка, відповідній активному в даний момент світлодіоду або стані, утримуючи функціональної кнопки.

Клавіатура. Клавіатура використовується для моніторингу та управління пристроєм IED. Клавіатура, зображена на малюнку 6, однакова для всіх типів пристроїв Relion серії 650.

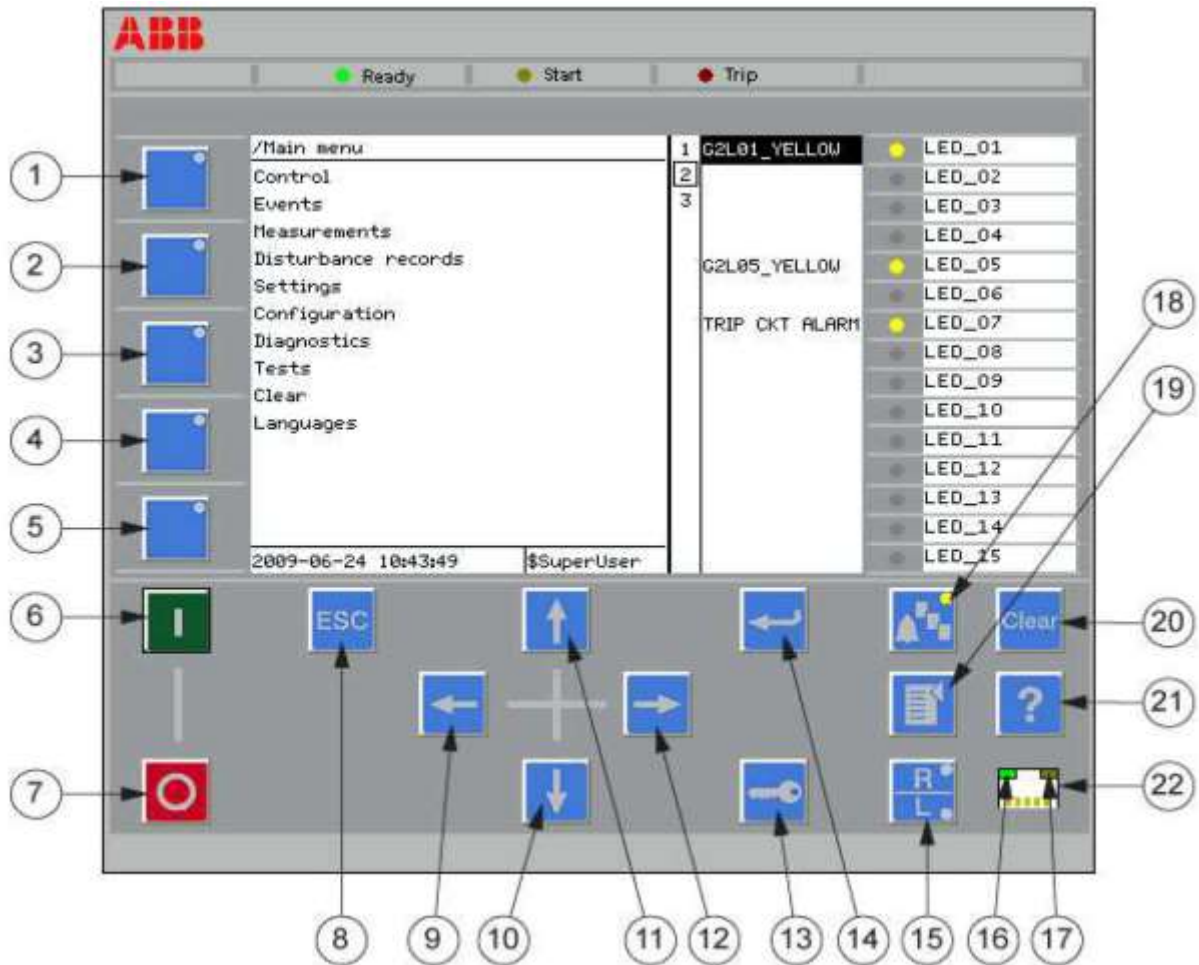


Рисунок 2.16 – Клавіатура і призначення функціональних і системних кнопок

Таблиця 2.3 – Призначення функціональних і системних кнопок

1–5	функціональні кнопки
6	Включення вимикача або роз'єднувача (Close)
7	Відключення вимикача або роз'єднувача (Open)

продовження таблиці 2.3

Клавіша	Функція
8	Очищення, скасування команд і редагування (ESC – escape)
9	"Стрілка вліво" (Left)
10	"Стрілка вниз" (Down)
11	"Стрілка вгору" (Up)
12	"Стрілка вправо" (Right)
13	Авторизація користувача (Key)
14	Запуск режиму редагування і підтвердження зміни уставок в режимі редагування (Enter)
15	Клавіша "Місцеве / Дистанційне" використовується для вибору місцевого або дистанційного режиму управління IED (Remote / Local).
16	Стан переднього порту зв'язку (Uplink LED)
17	Не використовується
18	Виклик панелі світлодіодів (Multipage)
19	Відкриття головного меню і перехід до екрану за замовчуванням (Menu)
20	Відкриття екрану скидання (Clear)
21	Клавіша "допомоги" відкриває два підміну інформації про операції клавішами і інформації про IED (Help).

2.5.2 Дистанційна захист, ранжування мікропроцесорного терміналу REL650

Принцип роботи, функціональні блоки, таблиці уставок, вхідні і вихідні сигнали і технічні дані наведені для кожної функції.

П'ятиступінчатий дистанційний захист з полігональною характеристикою ZQDPDIS

Функціональні можливості блоку дистанційного захисту REL650: п'ятиступінчастий дистанційний захист з полігональною характеристикою є повносхемним захистом з трьома контурами вимірювання для міжфазних к.з. і трьома контурами для замикань на землю, в кожному ступені. Індивідуальні уставки для кожного ступеня по активному і реактивному опорі дають гнучкість при використанні цієї захисту як резервною захисту трансформатора, приєднаного до повітряних і кабельних лініях різних

типів і довжини. ZQDPDIS в поєднанні з виборцем фаз з функцією відбудови від навантаження, FDPSPDIS має функцію відбудови від навантаження, дозволяє виявляти високорезистивні короткі замикання навіть на сильно навантажених лініях (рис. 2.17).

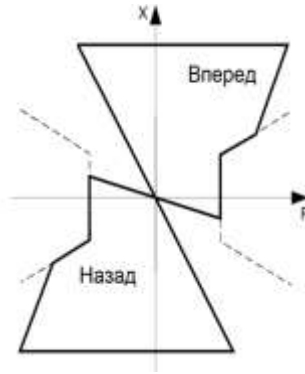


Рисунок 2.17 – Типова полігональна дистанційна зона з активною функцією відбудовою від навантаження в виборця фаз (FDPSPDIS)

Вбудований адаптивний алгоритм компенсації навантаження запобігає спрацьовування першого ступеня при однофазних коротких замикань на сильно навантажених лініях електропередач. Зони дистанційній захисту можуть працювати незалежно один від одного, в наведеному (вперед або назад) або ненаправленим режимах. Це допускає їх використання разом з різними схемами комунікації, для захисту повітряних і кабельних ліній в електричних мережах з комплексної конфігурацією, таких як паралельні лінії, многоконцевие лінії і т.д.

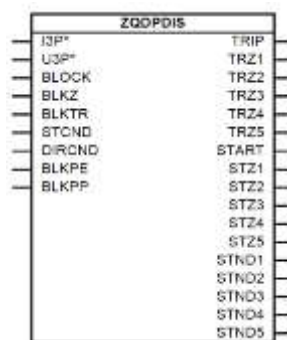


Рисунок 2.18 – Функціональний блок ZQDPDIS

Вибір фаз з виразом зони навантаження, полігональна характеристика FDPSPDIS

2.5.3 Функціональні можливості блоку дистанційного захисту

В наш час системи передачі електроенергії в більшості випадків знаходяться на межі стійкості. Виходячи з міркувань збереження навколишнього середовища, інтенсивність розширення і розвитку енергосистеми зменшилася, наприклад складніше отримати дозвіл на будівництво нових ліній електропередач. Функція виборця фаз призначена для того, щоб точно вибрати правильний контур короткого замикання для дистанційної захисту в залежності від типу короткого замикання.

Передача великих потужностей, яка зустрічається в багатьох енергосистемах, утруднює визначення опору короткого замикання. Тому, функція має вбудований алгоритм вирізу області навантаження, що дає можливість збільшити резистивну уставку як виборця фаз, так і зон дистанційної захисту.

Безліч вихідних сигналів від виборця фаз також дають важливу інформацію про ушкодженій фазі, яка можна використовувати для аналізу короткого замикання.

Також є вибір фази по току. Вимірювальні елементи безперервно вимірюють три фазних струму і струм нейтралі і, порівнюють їх із заданими значеннями.

Принцип роботи функціонального блоку FDPSPDIS

Принцип роботи функціонального блоку FDPSPDIS основний на алгоритмі виміру повного опору вимірювальних органів виборця фаз такий же, як і для функції дистанційної захисту. Виборець фаз з функцією вирізу зони навантаження (FDPSPDIS) включає шість контурів вимірювання повного опору; три призначені для однофазних коротких замикань, і три для міжфазних коротких замикань, включаючи трифазні.

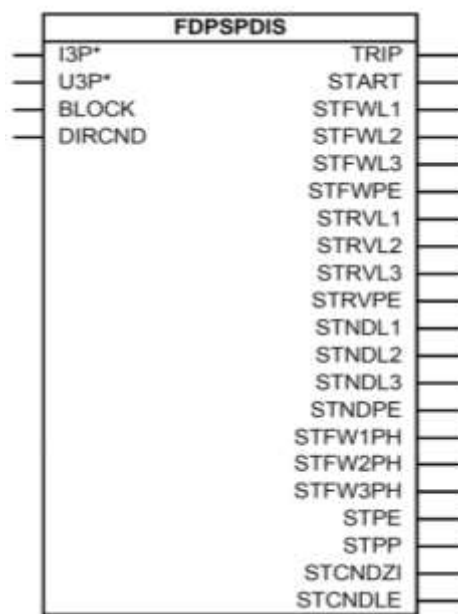


Рисунок 2.19 – Функціональний блок FDPSPDIS

Відмінність алгоритму виборця фаз, у порівнянні з органами вимірювання зон дистанційної захисту, полягає в використанні різних сполучень вимірюваних величин (струмів і напруг) для різних типів коротких замикань.

Також є вибір фази по струму. Вимірювальні елементи безперервно вимірюють три фазних струму і струм нейтралі і, порівнюють їх з заданими значеннями. Струмові сигнали фільтруються рекурсивним фільтром Фур'є, і окремий лічильник відключення запобігає вихід за межі вимірювальних елементів.

Характеристика по суті є ненаправленою, але FDPSPDIS використовує інформацію від функції органу спрямованості (ZDNRDIR) виявлення коротких замикань в прямому і зворотному напрямках.

Формування умови пуску по опорі STCNDZI визначається наступними критеріями: 1. Критерієм по струму нульової послідовності, тобто поділ коротких замикань на землю і міжфазні 2. Симетричною чотирикутною імпедансною характеристикою 3. Виріз області навантаження завжди активний, але може бути відключений завданням високих уставок.

Формування умови пуску по струму STCNDLE визначається наступними критеріями: 1. Критерієм по струму нульової послідовності

Не чотирикутної імпедансної характеристикою. Область дії повного опору поза зоною навантаження теоретично нескінченна. Однак, практично область дії буде обмежена мінімальним робочим струмом. 3. Виріз області навантаження завжди активний, але може бути відключений завданням високих уставок. Вихід STCNDLE є ненаправленим. Спрямованість визначається органом спрямованості дистанційній захисту (ZDNRDIR). Блок FDPSPDIS має виходи, які вказують чи є пуск в прямому або зворотному напрямку, або ж ненаправленим, наприклад STFWL1, STRVL1 і STNDL1. Ці показники напрямку засновані на секторних межах функції визначення напрямку і уставці повного опору функції FDPSPDIS. Їх робочі характеристики продемонстровані на рис. 2.20.

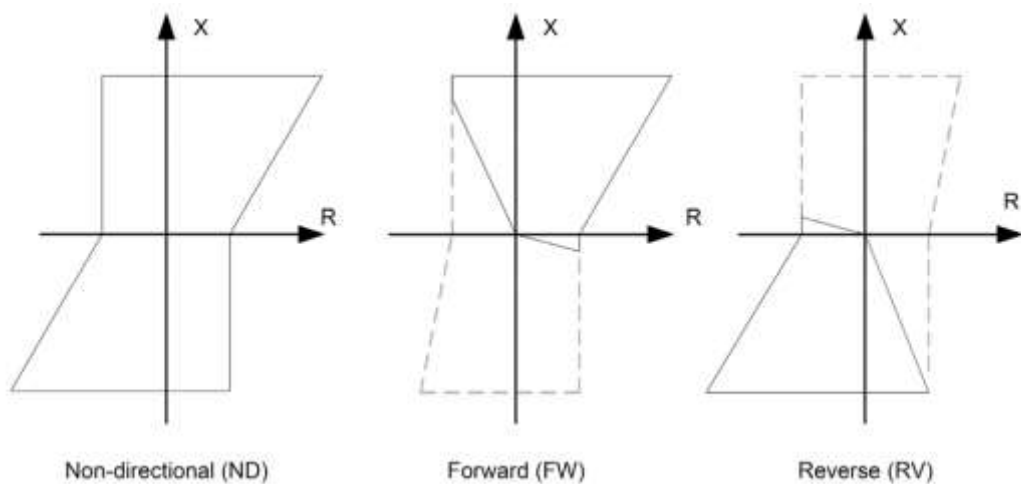


Рисунок 2.20 – Характеристики для ненаправленої, прямої і зворотній роботи фазового виборця з функцією вирізу області навантаження (FDPSPDIS)

Уставка функції вирізу зони навантаження може впливати на всю робочу характеристику, (додаткова інформація в розділі "Налаштування від навантажувального режиму").

Через вхід DIRCND з функції напрямки (ZDNRDIR) надходить двійковий–кодована інформація про направлення. Цей вхід повинен бути приєднаний до виходу STDIR на ZDNRDIR. Ця інформація також віддається на входи DIRCND зон дистанційній захисту, тобто на блок ZQDPDIS.

Виходи STCNDZI або STCNDLE також, як і DIRCND, містять двійковий–кодовану інформацію, але в цьому випадку інформацію про умови для залучення правильного контуру короткого замикання для вимірювального елемента дистанційній захисту. Ці виходи повинні підключатися до входів STCND на блоках ZQDPDIS.

Однофазне коротке замикання на землю При однофазному короткому замиканні на землю вимірюваний повний опір функцією FDPSPDIS відповідає рівнянню 3.

Індекс PHS в зображеннях і рівняннях (2.1) посилається на уставки для виборця фаз з функцією вирізу зони навантаження (FDPSPDIS).

$$Z_{PHSn} = \frac{ULn}{ILn}, \quad (2.1)$$

де n відповідає конкретній фазі ($n = 1, 2$ або 3).

Характеристика функції FDPSPDIS при замиканні фази на землю відповідає малюнку 40. Характеристика має фіксований кут нахилу 60° кордонів активного опору в першому квадраті.

Резистанс R_N і реактанс X_N є повним опором шляху повернення струму через землю і визначаються рівняннями (2.2) і (2.3).

$$R_N = \frac{R_0 - R_1}{3} \quad (2.2)$$

$$X_N = \frac{X_0 - X_1}{3} \quad (2.3)$$

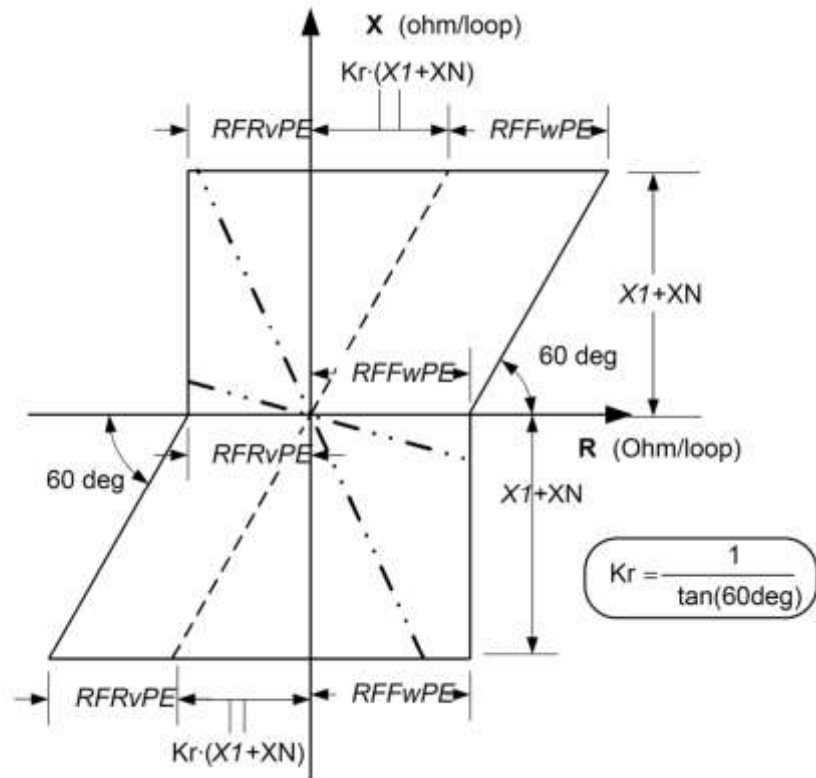


Рисунок 2.21 – Характеристика FDPSPDIS для однофазних к.з. (Уставки відзначені курсивом; лінії спрямованості показані як "– · · –"), область Ом / контур

Крім цього, струм нульової послідовності $3I_0$ повинен виконати умови відповідно до рівняння (2.4) і рівняння (2.5).

$$3 \cdot I_0 \geq 0.5 \cdot I_{MinOpPE} \quad (2.4)$$

$$|3 \cdot I_0| \geq \frac{IN ReleasePE}{100} \cdot I_{ph max} \quad (2.5)$$

Міжфазні короткі замикання. Для міжфазного короткого замикання повне опір FDPSPDIS буде вимірюватися відповідно до рівняння (2.6).

$$Z_{PHS} \geq \frac{U_{lm} - U_{ln}}{-2 \cdot I_{ln}} \quad (2.6)$$

де U_{Ln} – напруга випереджає фази, U_{Ln} – напруга відстає фази і I_{Ln} – фазний струм в відстає фазі n . Робоча характеристика показана на рис. 2.22.

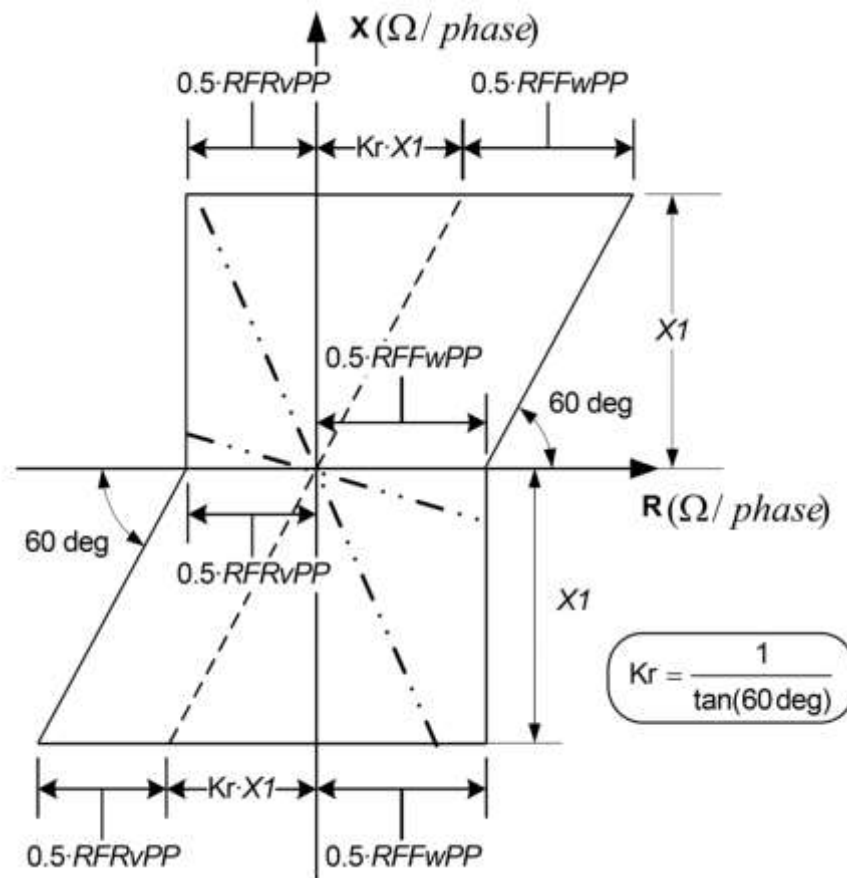


Рисунок 2.22 – Характеристика FDPSPDIS для міжфазних к.з. (Уставки відзначені курсивом; лінії спрямованості показані як "– · · –"), область Ом / фази

Так само як існують умови пуску контурів однофазних коротких замикань, є і умови по струму, які повинні задовольнятися, щоб активувати міжфазні контури відповідно до рівняння (2.7) і рівнянням (2.8).

$$|3 \cdot I_0| \geq I_{MinOpPE} \quad (2.7)$$

$$|3 \cdot I_0| \leq \frac{INBlockPP}{100} \cdot I_{ph \max} \quad (2.8)$$

Трифазні короткі замикання. Умови роботи для трифазних коротких замикань такі ж, як і для міжфазних, що означає, що рівняння (2.6), рівняння (2.7) і рівняння (2.8) використовуються для активації роботи функції. Однак, область дії збільшується на коефіцієнт $2 / \sqrt{3}$ (приблизно 1,1547) у всіх напрямках. Крім того, характеристика повертається 30 градусів проти годинникової стрілки. Характеристика показана на рис. 2.23.

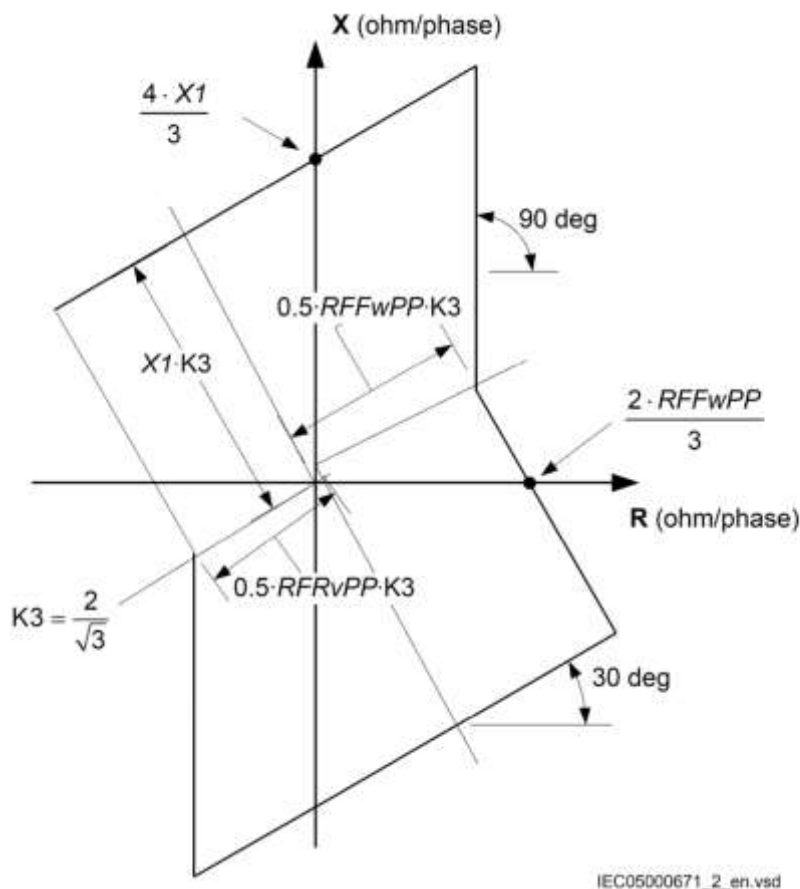


Рисунок 2.23 – Характеристика FDPSPDIS для трифазного короткого замикання (уставки відзначені курсивом)

2.5.4 Налаштування від навантажувального режиму блоку дистанційного захисту REL650

У кожного з шести вимірювальних контурів є своя власна характеристика вирізу області навантаження, заснована на відповідному

повному опорі контура. Функція вирізу області навантаження завжди активна, але може бути відключена завданням високих уставок. Контур характеристики представлений на малюнку 43. Як показано, резистивні кордону навантажувального режиму окремо встановлюються для напрямлення вперед і назад, тоді як кут сектора задається однаковим для всіх чотирьох квадрантів характеристики.

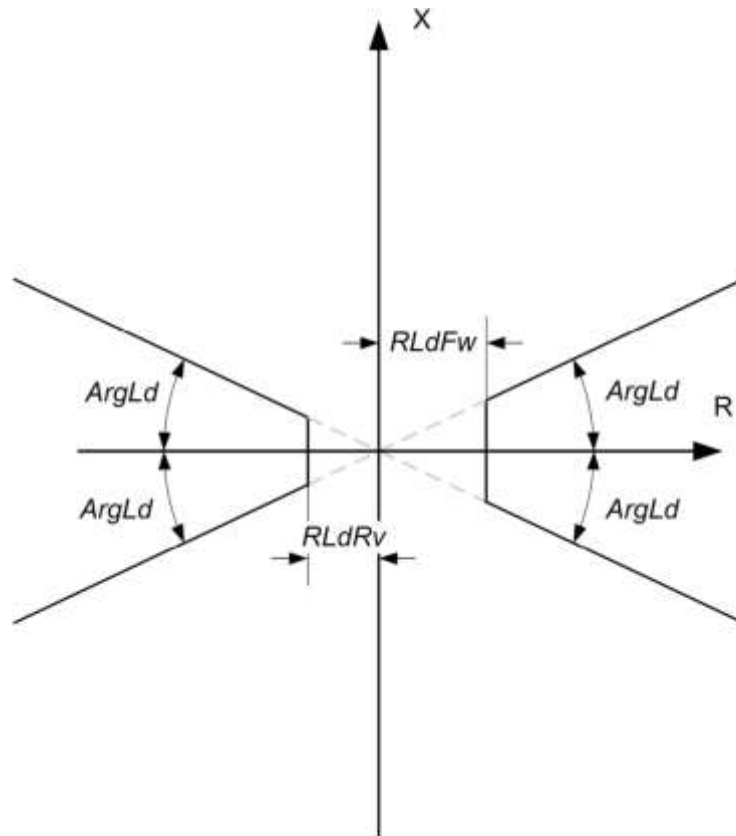


Рисунок 2.24 – Характеристика функції вирізу області навантаження

Вплив функції відбудови від навантажувального режиму на робочу характеристику залежить від вибору яких умов потрібно використовувати FDPSPDIS. Якщо обраний вихідний сигнал STCNDZI, характеристика FDPSPDIS (а як наслідок і зони дистанційної захисту в залежності від уставок) буде зменшена відповідно до характеристики вирізу області навантаження (див. Рисунок– 2.6.9, ілюстрація ліворуч).

Якщо обраний вихідний сигнал STCNDLE, робоча характеристика буде виглядати як ілюстрація праворуч на Рисунок– 2.6.9. Область дії в

цьому випадку буде обмежена мінімальним робочим струмом і зонами дистанційній захисту.

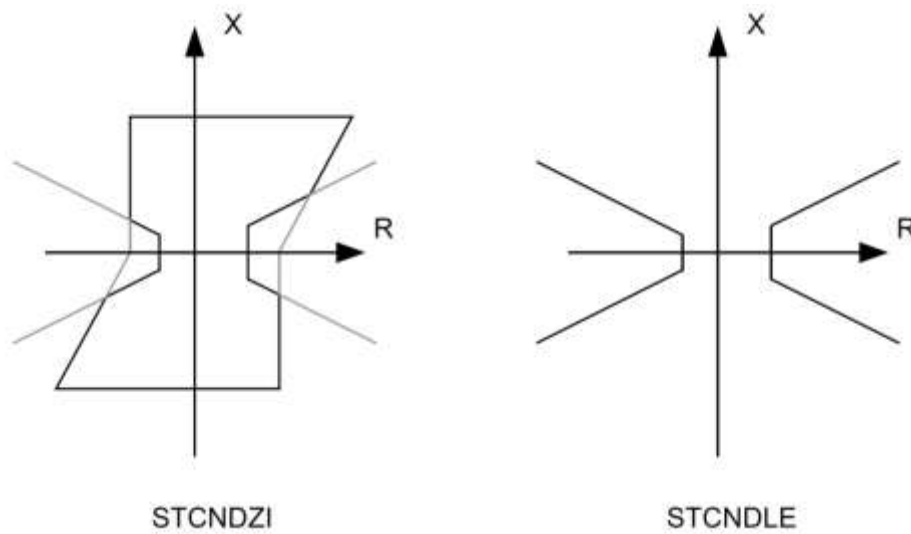


Рисунок 2.25 – Різниця робочих характеристик в залежності від робочого режиму, при введеної відбудові від навантаження

Якщо FDPSPDIS використовується для роботи спільно з зоною дистанційній захисту, результуюча характеристика спрацьовування може виглядати як показано на Рисунок– 2.6.9. Рисунок показує зону дистанційній захисту, що працює в напрямку вперед. Таким чином, зона роботи виділена чорним.

2.5.5 Функціональні можливості блоку дистанційного захисту REL650

Цифрова дистанційна захист лінії з круговою характеристикою mho – це п'ятиступінчаста полносхемная резервна захист для виявлення коротких замикань і земляних пошкоджень.

Полносхемная техніка забезпечує захист ліній електропередачі з високою чутливістю і низьким вимогою до зв'язку з віддаленим кінцем

лінії. П'ять ступенів захисту є повністю незалежними, що визначає високу гнучкість захисту в умовах будь-яких застосувань.

Сучасне технічне рішення гарантує швидкий час спрацьовування захисту аж до $\frac{3}{4}$ періоду.

ІЕУ можна використовувати аж до високих класів напруги. Це функція підходить для захисту сильно навантажених і многоконцевих ліній, де є висока потреба в швидкому трифазному відключенні.

Вбудований адаптивний алгоритм компенсації навантаження запобігає помилковому спрацьовуванню при однофазних коротких замикань на сильно навантажених лініях електропередач (рис. 2.26).

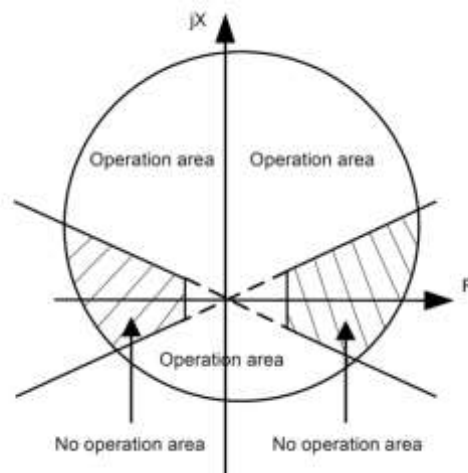


Рисунок 2.26 – Вплив вирізу області навантаження на кругову характеристику зі зміщенням

Зони дистанційної захисту працюють незалежно один від одного, в наведеному (вперед або назад) або ненаправленим режимі (зі зміщенням). Це робить їх придатними, разом з різними схемами зв'язку, для захисту повітряних і кабельних ліній в електричних мережах зі складною конфігурацією, таких як паралельні лінії, багатополюсні лінії і т.д.

Принцип роботи блоку дистанційного захисту REL650. Повносхемне вимір в ІЕУ обробка даних для різних контурів пошкодження виконується

за принципом повносхемного виміру, що означає – кожен вимірювальний контур для пошкоджень фаза–земля і фаза–фаза обробляється паралельно.

Використання повносхемної техніки забезпечує швидкий час спрацьовування в порівнянні з переключаючими схемами, які в більшості використовують пусковий елемент для вибору правильних напруг і струму в залежності від типу пошкодження. Так, кожна зона дистанційної захисту діє подібно однієї незалежної дистанційної релейної захисту з шістьма вимірювальними елементами. Імпедансна характеристика Дистанційна функція складається з п'яти зон. Кожен зона може бути заданий спрямованою вперед або назад з альтернативою перехресної поляризації або з самополяризуемой характеристикою з реверсним зміщенням. Робоча характеристика представлена нижче на рис. 2.27, де зона 5 задана зі зміщенням [19-23].

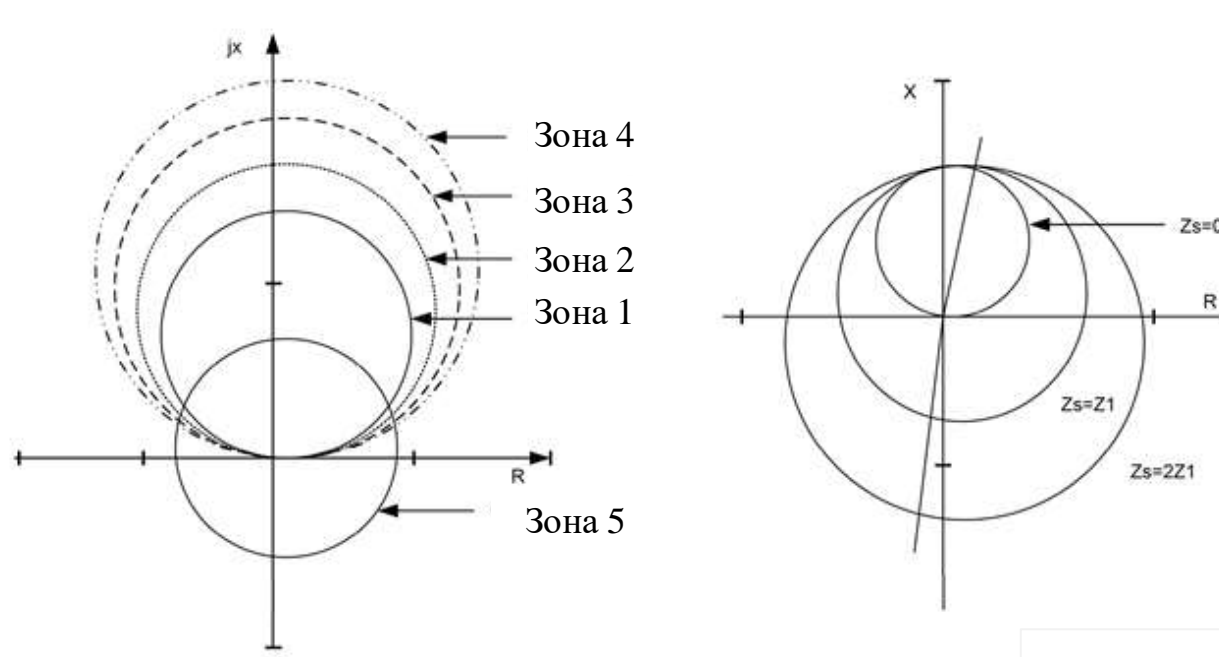


Рисунок 2.27 – Кругова характеристика та характеристика зі зміщенням, вплив імпедансу джерела на характеристику.

Кругова характеристика схильна до динамічному розширенню залежно від імпедансу джерела. Замість того щоб перетинати початок координат, як показано зліва на рис.2.27, що істинно тільки, коли імпеданс

джерела дорівнює нулю, точка перетину зміщується в область негативного імпедансу джерела, розширюючи, таким чином, зону захисту, як показано праворуч на рис. 2.27. Z_1 позначає комплексне повний опір прямої послідовності. Поляризаційними величини, використовувані для кругових характеристик – це 100% після успішної реєстрації напруги прямої послідовності. Таким чином, забезпечується менше динамічне розширення характеристик під час коротких замикань. Слід враховувати, що в умовах великого значення імпедансу джерела, динамічне розширення характеристики може надто знизити надійність функції в режимах з великим навантаженням і слабких режимах коливань. Дистанційний елемент має функцію відбудови від навантаження, яка, вирізає сектор навантаження з характеристики, при необхідності. Ця функція вводиться завданням уставки LoadEnchModex (де x – 1–5 в залежності від обраної зони) в положення On (Введено). Використання функції відбудови від навантаження збільшує можливість виявлення високорезистивних ушкоджень без перешкод з боку імпедансу навантаження. Алгоритм відбудови від навантаження розміщений в виборця пошкоджених фаз з круговою характеристикою (FMPSPDIS), де знаходяться також відповідні уставки. Інформація про відбудові від навантаження від FMPSPDIS передається у вигляді бінарного сигнал на вхід LDCND.

5.3.6.3 Основні робочі характеристики

Кожна зона може бути встановлена, як Ненаправлена (Offset), спрямована Уперед (Forward) або Назад (Reverse) завданням уставки DirModex (де x – 1–5 в залежності від обраної зони). Кожна зона може бути введена, або виведена для роботи по міжфазних і однофазних контурам завданням уставки OpModex (де x – 1–5 в залежності від обраної зони). Зміщена кругова характеристика може бути встановлена, як Ненаправлена (Non-directional), спрямована Уперед (Forward) або Назад (Reverse) завданням параметра OffsetMhoDirx (де x – 1–5 в залежності від обраної зони). Якщо вибрано Вперед або Назад, то вводиться лінія спрямованості. Інформація про лінії спрямованості

передається від елемента спрямованості (ZDNRDIR) до вимірювального елемента як бінарний кодований сигнал на вхід DIRCND.

Охоплення зони для однофазних і міжфазних коротких замикань задається індивідуально в полярних координатах. Опір задається уставкою Z , а відповідні аргументи уставкой LineAng . Компенсація опору повернення по землі при коротких замикання на землю, виконується завданням уставок KNMagx і KNAngx . KNMagx (де x – 1–5 в залежності від обраної зони) і KNAngx (де x – 1–5 в залежності від обраної зони) визначаються відповідно до рівняння (2.9) і рівняння (2.10).

$$\text{KNMag} = \left| \frac{Z_0 - Z_1}{3 \cdot Z_1} \right| \quad (2.9)$$

$$\text{KNAng} = \arg \left(\frac{Z_0 - Z_1}{3 \cdot Z_1} \right) \quad (2.10)$$

де Z_0 – комплексний імпеданс нульової послідовності лінії Ом/фазу; Z – комплексний імпеданс прямої послідовності лінії Ом/фазу

Витяги часу вимірювальних органів однофазних і міжфазних контурів можна задати індивідуально для кожного контуру за допомогою уставки tPE_x і tPP_x (де x – 1–5 в залежності від обраної зони) відповідно. Для запуску витримки часу, режим роботи таймерів, OpModetPE_x і OpModetPP_x (де x – 1–5 в залежності від обраної зони), повинен бути встановлений в положення Op . Те ж потрібно і для миттєвої дії (без витримки часу).

Функція захисту може бути блокована наступними способами:
 "активування входу BLOCK блокує всю функцію" активування входу BLKZ (несправність ланцюгів напруги) блокує всі вихідні сигнали
 "активування входу BLOCK_OP блокує всі вихідні сигнали" активування входу BLKPE блокує однофазний контур "активування входу BLKPP блокує міжфазні– контур Активація входу BLKZ може проводитись від зовнішньої функції контролю справності ланцюгів напруги. Теорія роботи,

алгоритм роботи тiho заснований на порівнянні фаз робочого і поляризуючого вектора. Коли робочий вектор випереджає поляризуючий вектор на більш ніж 90 градусів, функція спрацьовує і видає вихідне вплив на відключення.

Між фазне коротке замикання, проста кругова характеристика має вигляд як на рис. 2.28. Кут β розраховується за рівнянням (2.11).

$$\beta = \arg(U_{L1L2} - I_{L1L2} \cdot Z) - \arg(U_{pol}) \quad (2.11)$$

де U_{L1L2} – напруга, векторна різниця між фазами L1 і L2; I_{L1L2} – струм, векторна різниця між фазами L1 і L2; Z – уставка імпедансу прямої послідовності для короткого замикання; U_{pol} – поляризуюча напруга.

Поляризуюча напруга складається з 100% напруги прямої послідовності (U_{L1L2} для короткого замикання між фазами L1 і L2). Напруга запобіжить відмові кругової характеристики при близьких коротких замикань.

Спрацьовування відбувається якщо $90 \leq \beta \leq 270$

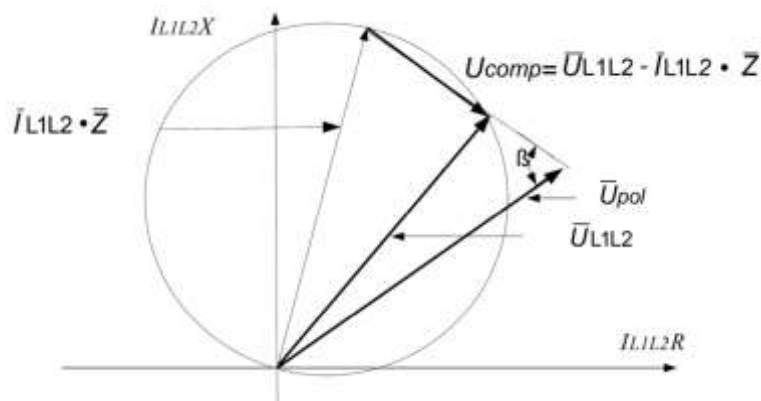


Рисунок 2.27 – Спрощена кругова характеристика і векторна діаграма при короткому замиканні між фазами L1 і L2

Зміщена кругова характеристика зміщена кругова характеристика це коло, на якій дві точки кола є уставками Z і Z_{Rev} . Вектор Z на імпедансній

площині має виставляється кут LineAng , а кут для Z_{Rev} дорівнює $\text{LineAng} + 180^\circ$.

$$\beta = \arg \left(\frac{\bar{U} - \bar{I}_{L1L2} \cdot \bar{Z}}{\bar{U} - (-\bar{I}_{L1L2} \cdot \bar{Z}_{\text{Rev}})} \right) \quad (2.12)$$

де U – напруга, Z_{Rev} – уставка опору прямої послідовності для міжфазного короткого замикання в зворотному напрямку.

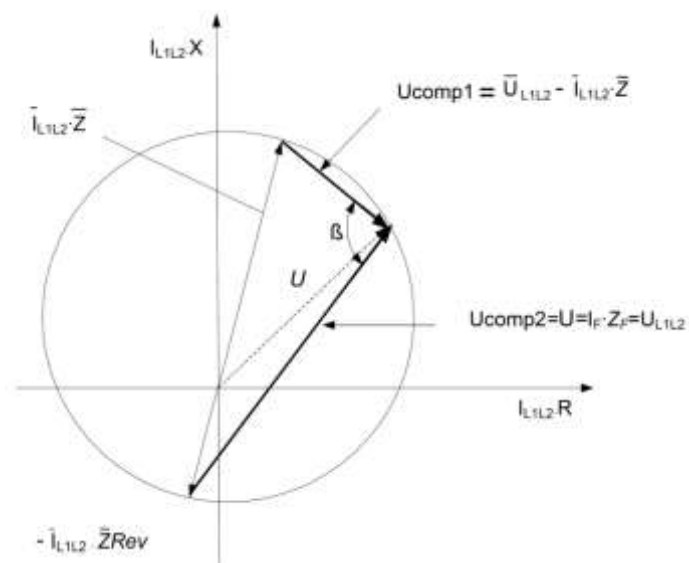


Рисунок 2.28 – Спрощена зміщена кругова характеристика і векторна діаграма при короткому замиканні між фазами L1 і L2.

Спрацьовування відбувається якщо $90 < \beta < 270$. Зміщена кругова характеристика спрямована вперед. Якщо було вибрано напрямок вперед для зміщеною m_{ho} характеристики, тоді додатково до критерію зміщеною характеристики ($90 < \beta < 270$), вводиться критерій – кут ϕ між напругою і струмом повинен знаходитися між обмежувальними лініями у другому квадраті і четвертому квадраті [24-26]. Тоді першою умовою спрацьовування буде: $90 \leq \beta \leq 270$, а другою (2.13):

$$ArgDir \leq \phi \leq arg ArgNegRes \quad (2.13)$$

де $ArgDir$ – уставка для лінії спрямованості в четвертому квадранті в елементі напрямки, ZDNRDIR; $ArgNegDir$ уставка для лінії спрямованості у другому квадраті в елементі напрямки, ZDNRDIR; β розраховується за рівнянням (2.12).

Інформація про спрямованість передається в тнo дистанційне вимірювання з тнo елемента напрямки бінарним закодованим сигналом на вхід DIRCND. Детальніше дивіться главу про блок визначення напрямку з полігональної або кругової характеристикою (ZDNRDIR).

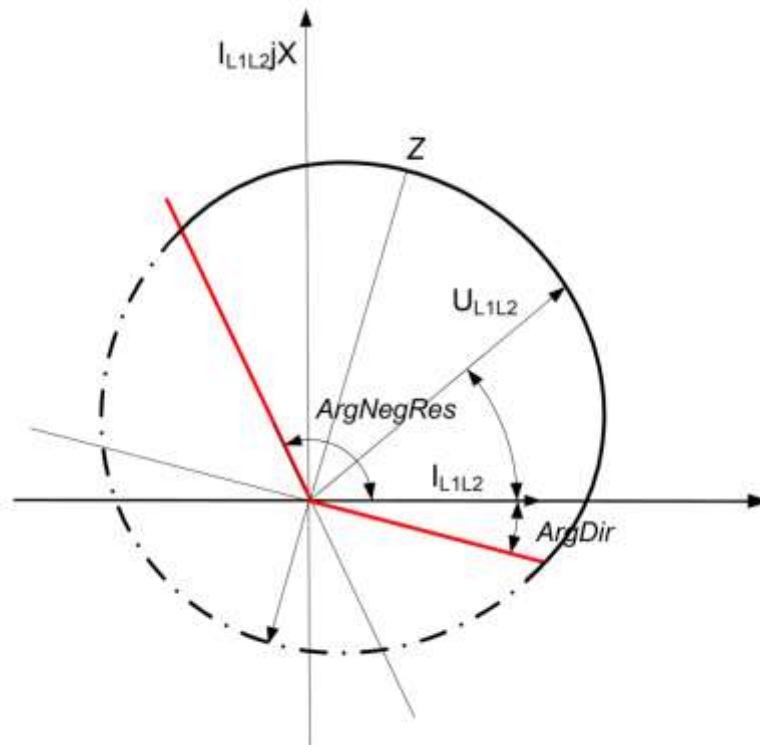


Рисунок 2.29 – Спрощена зміщена кругова характеристика в прямому напрямку при короткому замиканні між фазами L1 і L2

Зміщена кругова характеристика спрямована назад Зона спрацювання зміщеною кругової характеристики спрямованої назад представлена на малюнку 59. Зона спрацювання у другому квадраті обмежена лінією, яка

визначається як $180^\circ - \text{ArgDir}$, а в четвертому квадранті як $\text{ArgNegRes} + 180^\circ$.

Умовами для спрацьовування є: $90^\circ \leq \beta \leq 270^\circ$ і $180^\circ - \text{ArgDir} \leq \varphi \leq \text{ArgNegRes} + 180^\circ$. β розраховується відповідно до рівняння (2.12) для кругової характеристики, а φ є кут між напругою і струмом.

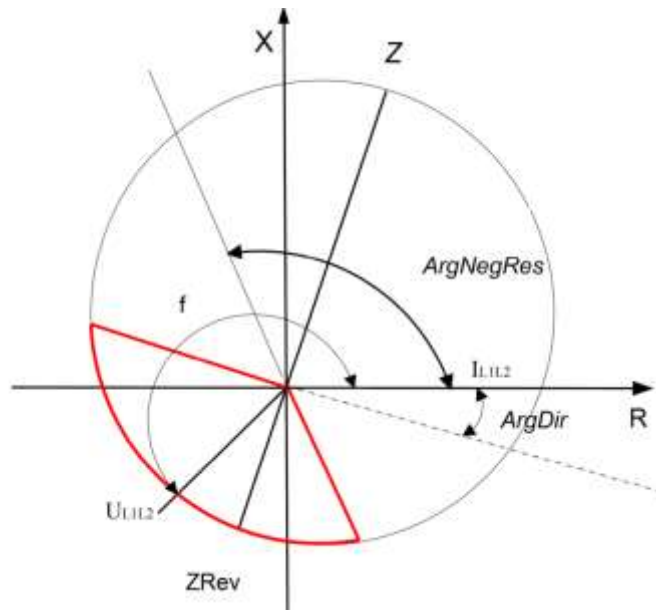


Рисунок 2.29 – Робоча характеристика при короткому замиканні між фазами L1 і L2 в зворотному напрямку.

Висновок до другого розділу

В даному розділі було розглянуто функціональні та технічні особливості мікропроцесорного терміналу релейного захисту REL650. Особливості конфігурування уставок, функціональне призначення клавiш та світлодіодів лицьової панелі приладу. Розглянуто блок дистанційного захисту його параметри роботи та параметри налаштування режиму роботи дистанційного захисту від навантаження.

3 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ PCM 600 ДЛЯ REL 650

3.1 Загальна характеристика PCM 600

Програмний інструмент PCM600 забезпечує різноманітні функціональні можливості для всього життєвого циклу інтелектуального електронного устаткування (ІЕУ) захисту і управління в програмних додатках:

- передача електроенергії;
- розподіл електроенергії;
- планування;
- налаштування;
- введення в дію;
- експлуатація та обробка аварійних режимів;
- функціональний аналіз за допомогою окремих інструментальних засобів можна виконувати різні завдання і функції, а також повністю тримати ситуацію під контролем.

PCM600 сумісний зі стандартом MEK 61850, який спрощує налаштування ІЕУ і дозволяє обмін даними між інструментами, сумісними з MEK 61850. Ієрархічна модель уявлення, що відображає існуючу топологію системи, забезпечує ефективний перегляд і редагування даних енергосистеми.

3.1.1 Інтерфейс користувача

Основне вікно інтерфейсу PCM600 розділене на різні вікна, як це показано на рис. 3.1

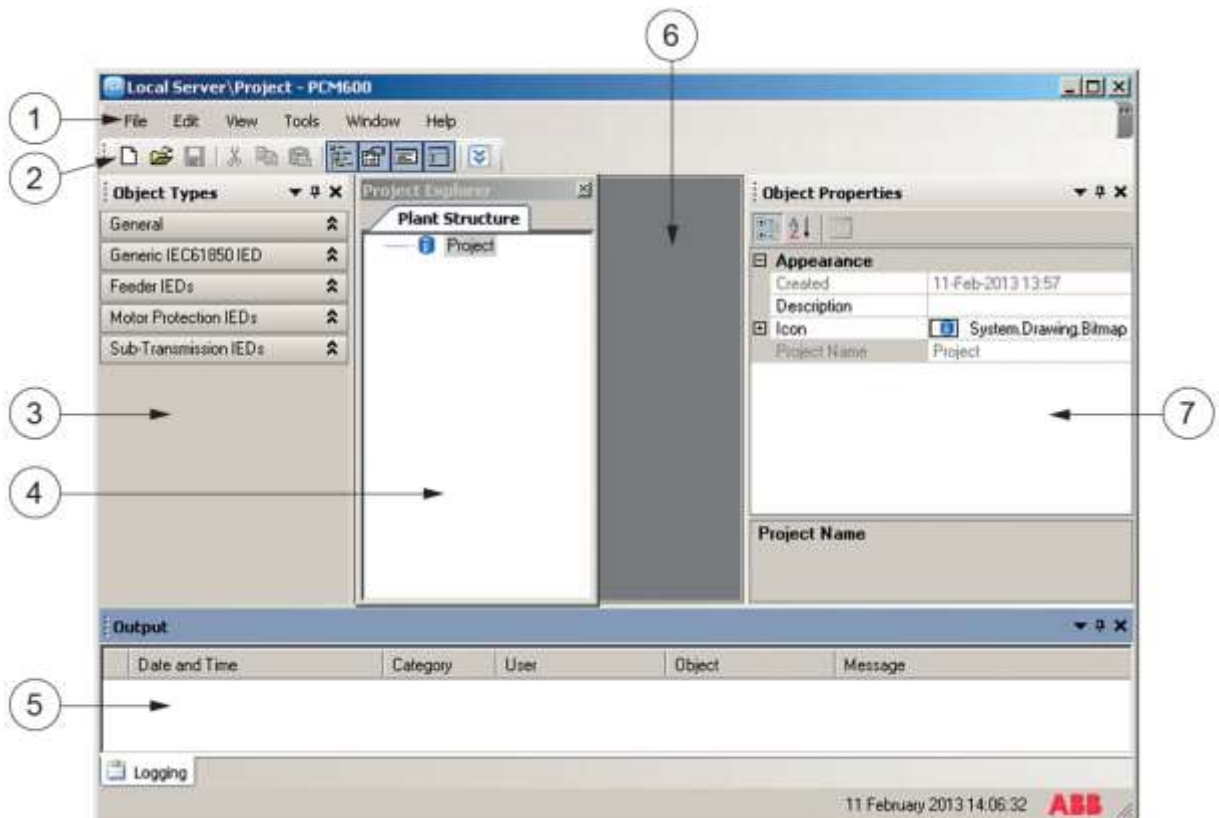


Рисунок 3.1– Інтерфейс користувача РСМ600

На рис. 3.1 показано:

1. Панель меню
2. Панель інструментів;
3. Вікно «Типи об'єктів» ;
4. Вікно «Провідник проекту»;
5. Вікно Журнал повідомлень.
6. Вікно інструменту
7. Вікно Властивості об'єкта

Зміст панелі меню і панелі інструментів змінюється в залежності від активного об'єкта та інструменту.

У вікні Типи об'єктів відображені всі доступні об'єкти для обраного ІЕУ. Зміст списку об'єктів залежить від типу ІЕУ і відповідного пакета взаємодії. Перед відображенням в списку об'єкти необхідно імпортувати з пакета взаємодії в РСМ600 за допомогою Диспетчера оновлень.

Вікно Провідник проекту використовується для переходу до використовуваних в проекті / підстанції пристроїв і різних функцій в межах ІЕУ. У Провіднику проекту можна створити структуру підприємства з підстанцією, рівнями напруги, приєднаннями і ІЕУ. Вся робота по конфігурації, наприклад, конфігурація зв'язку, може бути виконана за допомогою цієї структури за допомогою Майстра настройки. Вікно інструменту – робоча область, через яку можна відкрити всі інструменти.

Вікно Властивості об'єктів відображає властивості обраного об'єкта. В даному вікні можна змінити ім'я об'єкта.

У вікні «Журнал повідомлень» показані дані реєстрації подій РСМ600.

3.1.2 Завдання уставок

1. На сторінці Завдання уставок перейти до потрібного параметра і натиснути осередок Значення в ПК.

2. Ввести нове значення.

Інструмент завдання уставок підтримує такі типи уставок:

- числове значення;
- Одноразовий вибір
- Рядок
- Дата / Час
- Багаторазовий вибір

Інструмент Завдання уставок перевіряє достовірність введеного значення. Колишнє значення відображається у вигляді підказки в рядку стану. Якщо нове значення є достовірним, воно виділяється жирним шрифтом. Якщо значення недостовірне, виводиться повідомлення про помилку, яке описує помилку і вірний формат параметра.

Якщо змінений параметр впливає на один або більше інших параметрів, і при цьому включені попереджувальні повідомлення, які

стосуються цим параметрам, залежно будуть показані у вікні Журнал повідомлень. 3. На панелі інструментів натиснути кнопку Зберегти, щоб зберегти зміну.

3.1.3 Запис параметрів в ІЕУ

В інструменті Завдання уставок можна записати параметри в ІЕУ.

1. У Структурі підприємства вибрати ІЕУ.
2. У головному меню натиснути ІЕУ і вибрати Записати параметри в ІЕУ.
3. У вікні Записати параметри в ІЕУ вибрати Діапазон параметрів і Опції параметрів.
4. Встановити прапор Зворотне читання, якщо після запису необхідно виконати зворотне читання.
5. Натиснути ОК.

При виникненні помилки при запису одиночного параметра видається повідомлення про помилку. Продовжити вибір однієї з наданих опцій.

- Для повторного запису параметра вибрати Потім.
- Натиснути Пропустити для пропуску даного параметра.
- Натиснути Пропустити все, щоб продовжити запис параметрів і автоматично пропустити можливі пошкоджені параметри.
- Натиснути Скасування для завершення процедури запису.

Експорт параметрів. Уставки можуть бути експортовані з ІЕУ на будь-якому рівні Структури підприємства:

1. На панелі інструментів натиснути кнопку "Експорт параметрів" або в меню Файл вибрати Експорт параметрів.
2. Поставити опції експорту в діалоговому вікні Експорт.
 - Імена файлів
 - Шлях або розташування

– Тип файлу (xrio, csv, txt)

3. Натиснути Зберегти.

Імпорт параметрів. Експортований файл параметрів містить всі функції інтелектуального електронного пристрою, що мають параметри. При імпорті можна визначити, які функції потрібно імпортувати з файлу. Уставки можуть бути імпортовані в ІЕУ на будь-якому рівні Структури підприємства в сукупності або окремо.

1. У структурі дерева Структура підприємства вибрати вузол, в який належить імпортувати параметри. Для імпорту всіх параметрів вибрати вузол ІЕУ. для імпорту параметрів, що відносяться до вкладеного вузла, вибрати вкладений вузол, для чого необхідно розгорнути вузол ІЕУ.

2. На панелі інструментів натиснути кнопку "Імпорт параметрів" або в меню Файл вибрати Імпорт параметрів.

3. Вказати місцезнаходження файлу, що імпортується. Файл імпорту повинен бути формату .xrio або .csv.

4. У діалоговому вікні Відкрити натиснути Відкрити і вибрати функції, містять параметри, необхідні для імпорту. За замовчуванням вибираються всі функції.

6. Натиснути ОК.

3.2 Особливості вільно програмованої логіки терміналів АВВ

3.2.1 Використання інструменту графічного конфігурації логіки

Інструмент графічного конфігурації логіки використовується для створення та зміни конфігурацій логіки ІЕУ, включаючи визначення функцій ІЕУ.

1. У Структурі підприємства вибрати ІЕУ.

2. В меню Інструменти натиснути Конфігурація логіки. У вікні інструменту відкривається Конфігурація логіки.
3. Створити або змінити конфігурацію логіки.
 - Розподілити по робочим областям на необхідній кількості сторінок.
 - Вставити функціональні блоки, апаратні канали та змінні.
 - Створити з'єднання.
4. На панелі інструментів натиснути кнопку Зберегти, щоб зберегти конфігурацію. Зміни відображаються в Структурі підприємства.

3.3 Запис параметрів в ІЕУ

В інструменті Завдання уставок можна записати параметри в ІЕУ.

1. У Структурі підприємства вибрати ІЕУ.
2. У головному меню натиснути ІЕУ і вибрати Записати параметри в ІЕУ.
3. У вікні Записати параметри в ІЕУ вибрати Діапазон параметрів і Опції параметрів.
4. Встановити прапор Зворотне читання, якщо після запису необхідно виконати зворотне читання.
5. Натиснути ОК.

3.4 Використання опцій Читання з ІЕУ і запис в ІЕУ

Читання конфігурації з ІЕУ:

Необхідно переконатися, що ІЕУ знаходиться в мережі і параметри зв'язку відповідають.

1. У Структурі підприємства клацнути на ІЕУ.
2. У контекстному меню вибрати Читання з ІЕУ.
3. Натиснути Так, щоб підтвердити. Для скасування дії натиснути Ні. Конфігурація зчитується з пристроєм.

Запис конфігурації в ІЕУ:

Необхідно переконатися, що ІЕУ знаходиться в мережі і параметри зв'язку відповідають. Запис конфігурації в невірний ІЕУ може привести до втрати даних.

1. У Структурі підприємства клацнути на ІЕУ.
2. У контекстному меню вибрати Записати в ІЕУ.
3. Натиснути Так, щоб підтвердити. Для скасування дії натиснути Ні. Конфігурація повністю записана в ІЕУ.

3.5 Використання «Завдання уставок»

Завдання уставок використовується для параметрування блоків ІЕУ.

1. У Структурі підприємства вибрати ІЕУ або функцію.
2. В меню Інструменти натиснути Завдання уставок. Завдання уставок відкривається у вікні інструменту і відображає дані уставок для обраного вузла. Вміст відображуваного списку залежить від обраного рівня в Структурі підприємства. Уставки можуть бути розділені на дві групи.
 - Параметри конфігурації, які задають режим роботи функції додатки або ІЕУ і, як правило, конфігуруються тільки один раз.
 - Завдання уставок, які можна змінити в ІЕУ під час роботи. У головному меню натиснути Вид і змінити вид бланка завдання уставок.
 - Натиснути Налаштування перегляду і вибрати Відобразити обраний вузол + вкладені вузли або Відобразити вміст тільки обраного вузла.
 - Натиснути Рівень параметрів і вибрати Базові параметри або Всі параметри.
 - Натиснути Відображення груп уставок і вибрати «По вертикалі» або «По горизонталі».
 - Натиснути Фільтр параметрів і вибрати, які параметри необхідно відобразити.

- Натиснути Опції групи і розгорнути або згорнути обрану і вкладені групи.

- Вибрати Автоматична ширина стовпця, щоб встановити автоматичну ширину стовпців відповідно до їх змістом.

4. У меню Вид вибрати Попередження про параметри, щоб включити відображення попереджень про параметрах. Попередження виводяться у вікні Журнал повідомлень в певних ситуаціях.

- Зміна параметра позначається на інших параметрах.

- Не вдалася операція читання / запису уставки для деякого параметра.

3.6 Використання інструменту обробки осцилограм

Інструмент обробки осцилограм використовується для завантаження і обробки файлів осцилограм, зібраних конкретним ІЕУ, перегляду і обробки даних реєстрації осцилограм і створення звітів:

- У Структурі підприємства клацнути на ІЕУ.

- В меню Інструменти клацнути Обробка осцилограм.

У вікні інструменту відкривається інструмент обробки осцилограм.

- У меню Інструменти натиснути «Опції» і потім в лівій частині структури дерева клацнути на «Обробка осцилограм», щоб задати налаштування обробки осцилограм. Вибрати вкладку «Загальне» і визначити місце зберігання записів і інструмент для відкриття записів.

- Вибрати вкладку «Налаштування шпальти» і визначити видимість, ширину і порядок стовпців у вікні інструменту обробки осцилограм.

- Вибрати вкладку Налаштування електронної пошти та визначити опції для відправки звіту по електронній пошті. Натиснути ОК для підтвердження налаштувань.

- На панелі інструментів РСМ600 вибрати фільтр записів, щоб визначити, які записи необхідно відобразити у вікні.

При виконанні операції Читання записів з ІЕУ вибрані записи в форматі COMTRADE завантажуються в папку реєстрації записів на локальному комп'ютері. При успішному зчитуванні активується іконка комп'ютера в першій колонці, вказуючи, що запис доступна для аналізу на локальному комп'ютері. Операція зчитування виконується на основі функціональних можливостей ІЕУ. Якщо при операції ІЕУ неможливо зчитування підгрупи записів, виконується зчитування всіх записів. Якщо жодна запис не вибрана, зчитуються всі записи [27-29].

- У головному меню РСМ600 вибрати ІЕУ / Записи в ІЕУ / Читання записів з ІЕУ.
- Натиснути кнопку Читання записів з ІЕУ на панелі інструментів.
- Клацнути правою кнопкою миші вікно Обробка осцилограм і в контекстному меню вибрати Читання записів з ІЕУ.
- Двічі клацнути запис ІЕУ.

3.7 Використання інструменту перегляду подій

Інструмент перегляду подій відображає фактичні або хронологічні події, збережені в ІЕУ. Для полегшення перегляду події можуть бути відсортовані і відфільтровані, а також можуть бути роздруковані або експортовані в файл.

1. У Структурі підприємства клацнути на ІЕУ.
2. В меню Інструменти натиснути Перегляд подій.

Відкриється вікно Перегляд подій, що містить дві вкладки.

- Вкладка Події ІЕУ містить всі події в форматі таблиці, нові події показані зверху.
- Вкладка Події безпеки містить події безпеки в форматі тільки для читання, нові події безпеки показані зверху.

Фільтрація даних про події. Фільтрація дозволяє знизити кількість відображуваних даних про події.

1. У головному меню вибрати Перегляд подій і натиснути вмикання / вимикання фільтр. Для кожного заголовка відображається список, що розкривається, що містить значення стовпця.

2. Щоб відобразити події, що мають вибране значення, вибрати опцію зі списку стовпця. Фільтри можуть бути обрані для декількох стовпців, що дозволяє комбінувати параметри фільтрів за цими стовпцями.

– Щоб використовувати більш розширені опції фільтра, вибрати Фільтр користувача в списку кожного стовпчика. Відображається діалогове вікно Фільтр користувача для стовпця списку подій, в якому можна вибрати опції фільтра для вибраного стовпця. Для застосування умов необхідно натиснути ОК. Розширені опції фільтра можуть бути обрані для декількох стовпців, що дозволяє комбінувати параметри фільтрів за цими стовпцями.

– Щоб відключити параметр фільтра в конкретному стовпці, вибрати Фільтра немає із списку стовпця.

3. Щоб відключити всі фільтри, в головному меню вибрати Перегляд подій і знову натиснути вмикання / вимикання фільтр. Розкриваються списки під заголовками стовпців зникають.

Висновки до третього розділу

В даному розділі розглянуто загальну характеристику РСМ 600 та Особливості вільно програмованої логіки терміналів АВВ. Запис параметрів в Інтелектуальне Електронне Устаткування (ІЕУ) REL650 за допомогою програмного пакету РСМ 600. Використання опцій читання з ІЕУ і запис в ІЕУ також використання завдання уставок. Описано використання інструменту обробки осцилограм та використання інструменту перегляду подій.

4 РОЗРАХУНОК УСТАВОК РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ ЛЕП 110 кВ

4.1 Визначення уставок спрацювання дистанційного ступеневого захисту ЛЕП 110 кВ

Первинний опір спрацювання першого ступеня захисту без витримки часу повинно, бути відлаштованим від к. з. на шинах Б протилежного кінця лінії за виразом (4.1) [12-17]:

$$z_{c31}^I \leq z_{wl} / (1 + \beta + \delta) \approx 0.85 \cdot z_{л1} \quad (4.1)$$

де $\delta = 0,1$ – похибка розрахунку первинних електричних величин, що впливають як на збільшення, так і на зменшення захисної зони і необхідний запас; $\beta = 0,05$ – похибка ТН, що впливає на збільшення зони, що захищається.

Підставляючи в (4.1) опір отримуємо:

$$z_{c31}^I = 0.85 [27.9 + (24.5 / 0.434)] = 71.8 \text{ Ом}$$

2. Первинний опір спрацювання другої ступені захисту $z_{c.3.1}^{II}$ має бути погоджено з чутливості з першим ступенем захисту $z_{c.3.2}^{II}$ й відбудовано від к. з. на шинах середнього або нижчого рівня напруги підстанції Б (за трансформатора Tr).

По (4.1) обчислюємо $z_{c.3}^I = 0.85 \cdot z_{л2} = 0.85 \cdot 13.5 = 11.5 \text{ Ом}$

$z_{c.3}^I$ за умовою узгодження $z_{c.3}^{II}$ визначається за виразом:

$$z_{c.31}^{II} \leq \frac{z_{л1} + \frac{1 + \alpha}{k_{ТН\max}}}{1 + \beta + \delta} \approx 0.85 \cdot z_{л1} + \frac{0.78}{k_{ТН\max}} \cdot z_{c.32}^I \quad (4.2)$$

де $\alpha = 0,1$ -похибка ТС, що впливає в сторону зменшення зони, що захищається;

$k_{ТПмакс} = I_{Л1} / I_{Л2} = 0.434$ -коefficient струм розподілу, рівний відношенню первинних струмів в лініях Л1 і Л2 при між фазних к. з. на лінії Л2 в кінці зони дії-першої ступені захисту2 (рис. 4.1).

Коефіцієнт $k_{ТПмакс}$ обчислюється для такого реального режиму, який відповідає мінімальному опору в місці установки захисту 1.

Вказане значення $k_{ТПмакс}$ обчислено при максимальному режимі системи А і мінімальному режимі системи Б. В (4.2) величина (1-а) враховує можливе зменшення $z_{C.32}^{II}$, а знаменник $(1 + \beta + \delta)$ можливе збільшення $z_{C.31}^{II}$.

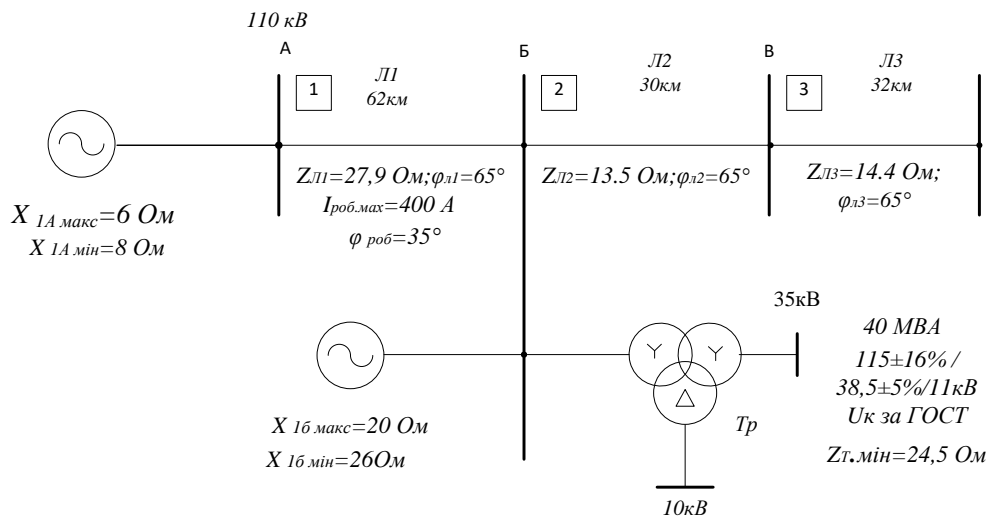


Рисунок 4.1 – Схема електричної мережі 110/10 кВ

По (4.1) обчислюємо

$$z_{C.3}^I = 0.85 \cdot z_{Л2} = 0.85 \cdot 13.5 = 11.5 \text{ Ом}$$

$z_{C.3}^I$ за умовою узгодження $z_{C.3}^{II}$ визначається за виразом [17]:

$$z_{c.31}^{II} \leq \frac{z_{л1} + \frac{1+\alpha}{k_{ТIIмакс}}}{1+\beta+\delta} \approx 0.85 \cdot z_{л1} + \frac{0.78}{k_{ТIIмакс}} \cdot z_{c.32}^I \quad (4.3)$$

де $\alpha = 0,1$ -похибка ТС, що впливає в сторону зменшення зони, що захищається;

$k_{ТIIмакс} = I_{л1} / I_{л2} = 0.434$ -коефіцієнт струморозподілу, рівний відношенню первинних струмів в лініях $Л1$ і $Л2$ при між фазних к. з. на лінії $Л2$ в кінці зони дії-першої ступені захисту 2 (рис. 4.1).

Коефіцієнт $k_{ТIIмакс}$ обчислюється для такого реального режиму, який відповідає мінімальному опору в місці установки захисту 1.

Вказане значення $k_{ТIIмакс}$ обчислено при максимальному режимі системи A і мінімальному режимі системи B . В (4.2) величина (1-а) враховує можливе зменшення $z_{c.32}^{II}$, а знаменник $(1+\beta+\delta)$ можливе збільшення $z_{c.31}^{II}$.

Підставляючи в (4.3) обчислені значення $z_{c.31}^{II}$ і $k_{ТIIмакс}$, отримуємо

$$z_{c.31}^{II} = 0.85 \cdot 27.9 + (0.78 \cdot 11.5) / 0.434 = 44.4 \text{ Ом}$$

За умови налагодження від к.з. за трансформатором Tr під станції B

$$z_{c.31}^{II} \leq \frac{z_{л1} + (z_{Tr.мін} / k_{mTr})}{1+\beta+\delta} = 0.85 \cdot \left(z_{л1} + \frac{z_{Tr.мін}}{k_{mTr}} \right) \quad (4.4)$$

де $z_{Tr.мін} = 24,5$ Ом - мінімальний опір трансформатора в сторону 35 кВ з урахуванням наявності РПН;

$k_{mTr} = I_{л1} / I_{л2}$ при відсутності живлення від підстанцій B

$$k_{mTp} = k_{mII\max} = 0.434$$

Підставляючи в (4.4) величина $z_{тр.мін}$ та k_{mTp} , отримаємо

$$z_{c.31}^{II} = 0.85[27.9 + (24.5/0.434)] = 71.8 \text{ Ом}$$

Менше із отриманих значень $z_{c.31}^{II}$ приймається за розрахункове

$$z_{c.31}^{II} = 44.1 \text{ Ом}$$

Коефіцієнт чутливості другого ступеня захисту I визначаємо за формулою

$$k_{c.31}^{II} = z_{c.31}^{II} / z_{л1} \quad (4.5)$$

Для прийнятого $z_{c.31}^{II} k_{c.31}^{II} = 44,4 / 31 = 1,43 > 1,25$.

За ПУЕ цей коефіцієнт повинен бути не менше 1,25. Витримку часу другого ступеня приймають рівному ступені селективності,

$$t_{31}^{II} = \Delta t. \quad (4.6)$$

Зазвичай, $\Delta t \approx 35-0,5 \text{ с}$.

3. Пускові реле, здійснюючі третю ступінь захисту, повинні бути відлаштовані від мінімального опору в робочому режимі навантаження.

В умовах можливого в експлуатації максимального робочого струму $I_{роб.макс}$ і мінімальної напруги $U_{роб.макс} = (0.9-0.95) \cdot U_{ном}$.

З урахуванням коефіцієнта самозапуску загальмованих двигунів $k_3 \approx 1.5$ коефіцієнтів надійності $k_H \approx 1.2$ і повернення $k_3 = 1.05 \div 1.1$ первинний опір спрацювання реле визначається за виразом:

$$z_{c.31}^{III} = \frac{z_{роб.мін}}{k_H \cdot k_3 \cdot k_6} = \frac{U_{роб.ном}}{\sqrt{3} \cdot k_H \cdot k_3 \cdot k_6 \cdot I_{роб.макс} \cdot \cos(\varphi_{м.ч} - \varphi_{роб.})} \quad (4.7)$$

де $\varphi_{м.ч} = 65^\circ$ або 80° – кут максимальної чутливості даних спрямованих реле опору всіх ступенів цього захисту, у яких характеристики в комплексній площині мають вигляд кола, що проходить через початок координат.

У пускових реле є можливість отримання еліптичної характеристики з співвідношенням осей 0,5; 0,65 і 0,8 для кращої відбудови від струмів навантаження на довгих, сильно завантажених лініях [30, 31].

Зазвичай кут опору лінії близький до кута $\varphi_{м.ч}$, за цим наведені в (4.2), (4.3) і (4.6) значення $z_{c.3}$ є максимальними та є рівними діаметру окружності або велика піввісь еліпса.

Підставляючи в (4.7) задані величини, отримаємо :

$$z_{c.31}^{III} = \frac{0.9 \cdot 110000}{\sqrt{3} \cdot 1.2 \cdot 1.5 \cdot 1.1 \cdot 400 \cdot \cos(65^\circ - 35^\circ)} = 83.3 \text{ Ом}$$

Коефіцієнт чутливості при к.з. в кінці лінії *ЛІ* обчислюємо по (4.5)

$$k_{ч.31}^{III} = z_{ч.31}^{III} / z_{ЛІ} = 83.3 / 31 = 2.68 \geq 1.5 \text{ при к.з.}$$

В кінці зони резервування, в кінці *БВ* $k_{ч.31}^{III}$ обчислюється за урахуванням струморозподілу за виразом :

$$k_{ч.31}^{III} = z_{с.31}^{III} / z_{з.макс} = z_{с.31}^{III} / [z_{л1} + (z_{л2} / k_{Т.мін})] \quad (4.8)$$

У (4.8) для визначення максимального значення $z_{з.макс}$ обчислюється мінімальний коефіцієнт струморозподілу, що має місце в мінімальному режимі системи Б.

У результаті обчислення: $k_{Т.мін} = 0.358$. Підставляючи в (4.8) числові значення, отримаємо:

$$k_{ч.31}^{III} = \frac{83.3}{[27.9 + (13.5 / 0.358)]} = 1.27 \geq 1.2$$

За ПУЕ ці $k_{ч.31}^{III}$ відповідно повинні бути близько 1,5 і 1,2.

Витримку часу третього ступеня приймають за зустрічно ступінчатим принципом, на ступінь селективності більше, витримки часу аналогічної захисту 2 лінії Л2.

$$t_{31}^{III} = t_{32}^{III} + \Delta t \quad (4.9)$$

В цілях зниження витягів часу резервних захистів опір спрацьовування третього ступеня (в окремих випадках, якщо забезпечується $k_{ч.31}^{III} \geq 1.2$) вибирається за умовою погодження з другим ступенем попереднього захисту 2 по аналогії з (4.3) [1]

$$z_{с.31}^{III} = 0,85 \cdot z_{л1} + \frac{0,78 \cdot z_{с.32}}{k_{Т.макс}} \quad (4.10)$$

При такому виборі $z_{с.31}^{III}$ витримку часу третьої ступені приймають за формулою:

$$t_{31}^{III} = t_{32}^{III} + \Delta t \quad (4.11)$$

Якщо за (4.8) $k_{ч.31}$ менше 1,2, то необхідно перевірити можливість використання еліптичної характеристики реле. Опору спрацьовування реле обчислюють за формулою:

$$z_{c.p} = z_{c.3} n_T / n_H \quad (4.12)$$

Виходячи із значення $z_{c.p}$, за даними каталогу вибирається уставка реле по (4.12) обчислюємо $z_{c.p}$ усіх ступенів приймаючи :

$$n_T = 600 / 5, n_H = 100 / 0,1 = 1100 \quad (4.13)$$

$$z_{c.p1}^I = 23,5 \frac{120}{1100} = 2,56 \text{ Ом} \quad (4.14)$$

$$z_{c.p1}^{II} = 44,1 \frac{120}{1100} = 4,85 \text{ Ом} \quad (4.15)$$

$$z_{c.p1}^{III} = 83,3 \frac{120}{1100} = 9,1 \text{ Ом} \quad (4.16)$$

При цих уставках забезпечується достатній коефіцієнт чутливості (понад 1,3) за струмом точної роботи реле при між фазних к. з. в кінці захищеної лінії в мінімальному режимі.

4.2 Визначення уставок другого ступеня дистанційного захисту ЛЕП 110 кВ за опором і часом

Первинний опір спрацьовування другого ступеня захисту I типу ПЗ4 (рис. 4.1) визначається, при довжині лінії Л2 12 км і її опір $z_{л2} = 5,4 \text{ Ом}$.

1. Обчислюємо первинний опір спрацювання першого ступеня захисту 2 за (4.17)

$$z_{c.32}^I = 0,85 \cdot z_{л2} = 0,85 \cdot 5,4 = 4,69 \quad (4.17)$$

Первинний опір спрацювання другого ступеня захисту обчислюємо за (4.2)

$$z_{c.3}^{II} = 0,85 \cdot z_{л1} + \frac{0,78 \cdot z_{c.32}^I}{k_{ТП\max}} = 0,85 \cdot 27,9 + 0,78 \cdot 4,69 / 0,434 = 31,9 \quad (4.18)$$

Коефіцієнт чутливості другого ступеня захисту I обчислюємо при між фазних к. з. на шинах B за (4.19)

$$k_{ч.31}^{II} = z_{c.31}^{II} / z_{л1} = 31,9 / 27,9 = 1,14 \leq 1,25 \quad (4.19)$$

Коефіцієнт чутливості другого ступеня менше 1,25, необхідний за вимог ПУЕ. Це зазвичай має місце при поєднанні довжин лінії з попередньою короткою лінією. У цих випадках другий ступінь захисту I довгої лінії узгоджують за чутливістю і за часом з другою ступіню, а не як зазвичай, - з першим ступенем захисту 2 короткої лінії за (4.10) і (4.11).

Для цього послідовно обчислюємо першу ступінь захисту 3 за (4.20), другу ступінь захисту 2 за (4.21), для якої $k_T = 1$ (відсутнє підживлення, струми к.з. на Л2 і Л3 однакові) і другу ступінь захисту I за (4.22):

$$z_{c.33}^I = 0,85 \cdot z_{л3} = 0,85 \cdot 14,4 = 12,24 \text{ Ом.} \quad (4.20)$$

$$z_{c.32}^{II} = 0,85 \cdot z_{л2} + 0,78 \cdot z_{c.33}^I = 0,85 \cdot 5,4 + 0,78 \cdot 12,24 = 14,14 \text{ Ом.} \quad (4.21)$$

$$z_{c.31}^{II} = 0,85 \cdot z_{л1} + \frac{0,78 \cdot z_{c.32}^{II}}{k_{ТП\max}} = 0,85 \cdot 27,9 + \frac{0,78 \cdot 14,14}{0,434} = 48,9 \text{ Ом.} \quad (4.22)$$

У цьому випадку коефіцієнт чутливості при між-фазному к. з. на шинах B

$$k_{ч.31}^{II} = z_{с.31}^{II} / z_{л1} = 48,9 / 27,9 = 1,75 \geq 1,25 \quad (4.23)$$

Витримку часу другого ступеня захисту I визначаємо, вважаючи,

$$t_{32}^{II} = \Delta t, \quad (4.24)$$

$$t_{3.1}^{II} = t_{3.2}^{II} + \Delta t = \Delta t \quad (4.25)$$

4.3 Методика визначення чутливості дистанційного направленою захисту ЛЕП 110 кВ

Початковою умовою для узгодження за чутливістю другої ступеня направленою реле повного опору, характеристика якого має вигляд кола, що проходить через початок координат, захисту I (рис. 4.1) з фазною струмового відсіченням 2, установлений на лінії BB є: $z_{1A} = 6,6$ Ом., $z_{1B} = 47$ Ом., $z_{л1} = 9$ Ом., (20км); $z_{л2} = 31,5$ Ом., джерело B може бути відключено. $z_{T.мін} = 24,5$ Ом.

Узгодження другого ступеня дистанційного захисту I за фазною струмовою відсічкою без витримки часу 2 проводиться за виразом [17]

$$z_{с.31}^{II} \leq \frac{z_{л1} + (z_{роз.} / k_T)}{1 + \beta + \delta} = 0,85 \cdot [z_{л1} + (z_{роз.мін} / k_{T.макс})] \quad (4.26)$$

де $z_{роз.мін}$ - мінімальний опір зони (з коефіцієнтом надійності $k_H' = 1,1$) дії відсічки (рис. 4.2).

Для визначення $z_{роз.}$ обчислюємо струм спрацювання відсічки при включеному, джерелі B

$$I_{с.з.відс} = k_n I_{л2макс}^{(3)} = 1,2 \cdot 1540 = 1850 \text{ А.} \quad (4.27)$$

де $I_{л2макс}^{(3)}$ - максимальне значення струму в лінії $Л2$ при трифазному к. з. на шинах B .

Мінімальна зона дії відсічення є в мінімальному режимі і при двофазному к. з. ця зона може бути визначена графічно або аналітично. За умовою завдання джерело B може бути відключеним, тому мінімальну зону $z_{роз.мін}$ і $k_{Т.макс}$ в (4.30) визначаємо для цього режиму.

Для мереж простої конфігурації $z_{роз.мін}$ визначається аналітично [17], в складних мережах $z_{роз.мін}$ визначають графічно. Аналітично $z_{роз.мін}$ визначаємо з умови, що в кінці мінімальної зони дії відсічки струм двофазного к. з, при відключеному джерелі B дорівнює:

$$k'_n \cdot I_{с.з.відс} \quad (4.28)$$

$$I_K^{(2)} = k'_n \cdot I_{с.з.відс} = E_{мф} / 2(z_{1А} + z_{Л1} + z_{роз.мін}) \quad (4.29)$$

звідки,

$$z_{роз.мін} = E_{мф} / (2k'_n \cdot I_{с.з.відс}) - (z_{1А} + z_{Л1}) = 115000 / (2 \cdot 1,1 \cdot 1850) - (6,6 + 9) = 12,6 \text{ (Ом)} \quad (4.30)$$

Графічно $z_{роз.мін}$ визначено на рис.4.2, для чого побудована крива зміни струму двофазного к.з., лінії $Л2$ і проведена пряма $k'_n \cdot I_{с.з.відс} = 2035$ А. Точка перетину цієї прямої з кривою струму визначає $z_{роз.мін}$.

Враховуючи, що при відключеному джерелі B $k_{Т.макс} = 1$ (при к. з. на лінії $Л2$ струми в лініях $Л1$ і $Л2$ однакові), обчислюємо:

$$z_{c.31}^{II} = 0,85 \cdot (9 + 12,6) = 18,35 \text{ Ом} \quad (4.31)$$

Коефіцієнт чутливості другого ступеня обчислюємо при к.з. на шинах Б за (4.32)

$$k_{ч.31}^{II} = z_{c.31}^{II} / z_{л1} = 18,35 / 9 = 2,04 \geq 1,25 \quad (4.32)$$

Відбудова другого ступеня від к.з. за трансформатором Тр не є розрахунковим випадком, так як $z_{Т.мін} = 24,5 \geq z_{розр.мін} = 12,6 \text{ Ом}$.

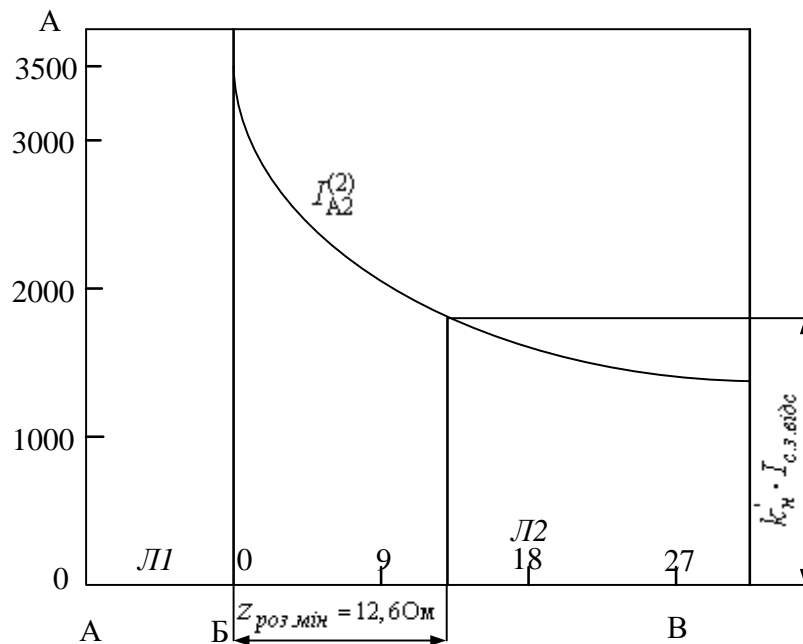


Рисунок 4.2 – Зони дії струмової відсічки

4.4 Дослідження входних сигналів опорів дистанційного захисту при двофазному і трифазному к.з на ЛЕП 110 кВ

За початкових умов опори на вході дистанційного захисту при включенні реле мінімального опору на різницю струмів двох фаз і різницю однойменних фазних напруг до нього підводиться при двофазному к. з. на землю такий же опір, як і при двофазному і трьох фазному к.з

$$z^{(1.I)} = z_p^{(2)} = z_p^{(3)} = z_{1y\partial t} \quad (4.33)$$

При двофазному к. з. на землю, на лінії, наприклад, фаза В і С на відстані l від місця установки реле фазні і між фазні напруги визначаються за виразами:

$$U_b^{(1.I)} = I_b^{(1.I)} z_{y\partial} l + I_c^{(1.I)} z_{My\partial}; \quad U_c^{(1.I)} = I_c^{(1.I)} z_{Ly\partial} l + I_b^{(1.I)} z'_{My\partial} l \quad (4.34)$$

$$U_b^{(1.I)} - U_c^{(1.I)} = (I_b^{(1.I)} + I_c^{(1.I)}) (z_{Ly\partial} l - z_{My\partial} l) \cdot l = (I_b^{(1.I)} - I_c^{(1.I)}) z'_{1y\partial} l \quad (4.35)$$

де $z_{Ly\partial}; z_{My\partial}; z'_{1y\partial}$ – питомі опору лінії відповідно провід-земля, взаємоіндукції і прямий послідовності. Опір, що підводиться до реле,

$$z_p^{(1.I)} = \frac{U_p^{(1.I)}}{I_p^{(1.I)}} = \frac{|U_b^{(1.I)} - U_c^{(1.I)}|}{|I_b^{(1.I)} - I_c^{(1.I)}|} = \frac{|I_b^{(1.I)} - I_c^{(1.I)}| \cdot z_{y\partial} l}{|I_b^{(1.I)} - I_c^{(1.I)}|} = z'_{y\partial} l \quad (4.36)$$

Останній вираз показує, що опір, який надходить до реле при двофазної к. з. на землю, пропорційно опору прямої послідовності лінії так, як при двофазному та трифазні к. з.. На рис. 4.3 наведена схема ділянки мережі 110 кВт з паралельними лініями, на яких встановлені трьох ступінчатий дистанційний захист 1-8. У всіх ступенях направлені реле мінімального опору на напівпровідниках з круговою характеристикою, що проходить через початок координат комплексної площини. Кути опорів ліній приблизно рівні кутам максимальної чутливості реле, $\varphi_{мч} = 65^\circ \approx \varphi_l$

За даними, наведеними на рис. 4.3, визначити первинні опори спрацьовування першого і другого ступеня захисту 1, реле 4 які включені на різницю струмів і різницю фазних напруг однойменних з струмами фаз.

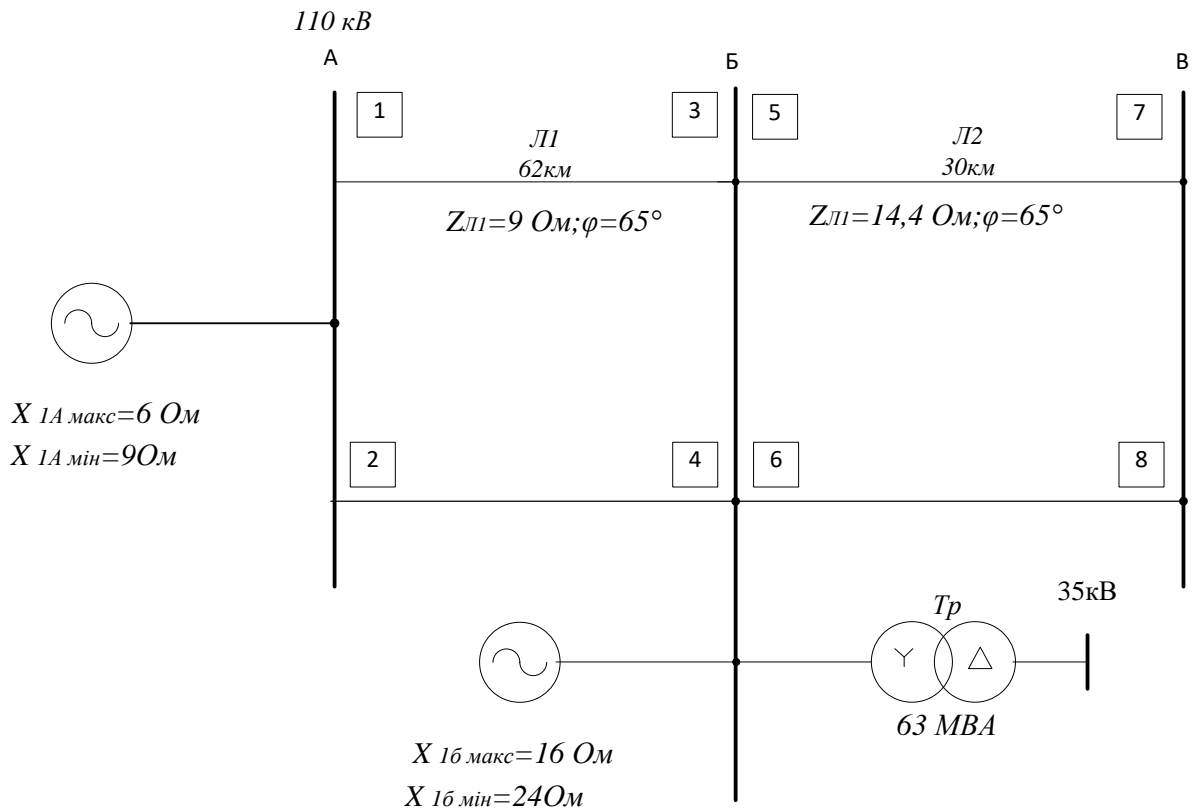


Рисунок 4.3 – Ділянка мережі 110 кВ з триступінчастим захистом

Первинний опір спрацьовування першого ступеня захисту 1 паралельної лінії, аналогічно одиночної лінії, обчислюється за (4.37):

$$z_{c.31}^I = 0,85 \cdot z_{л1} = 0,85 \cdot 9 = 7,65 \text{ Ом.} \quad (4.37)$$

Для забезпечення селективної дії другого ступеня її первинний опір спрацьовування визначається за умовами:

а) відбудови від к. з. на шинах підстанції В при двох лініях на ділянці БВ і однієї лінії на ділянці АБ

$$z_{c.31}^{II} \leq 0,85 \cdot z_{л1} + 0,43 \cdot z_{л2} / k_{ТШ\text{макс}} \quad (4.38)$$

б) відбудови від к.з. на шинах нижчої (середньої) напруги на шинах підстанції Б при включеній одній лінії, на ділянці АБ;

в) узгодження з першим ступенем захисту 4 при каскадному відключенні пошкодження на паралельній лінії ;

$$z_{c.31}^{II} \leq 0,85 \cdot z_{л1} + 0,66 \cdot z_{л1} / k_{ТЛмакс} \quad (4.39)$$

де $k_{ТЛмакс}$ - максимальне відношення струмів в лініях на ділянці АБ відповідно з захистами 1 і 4.

Менше $z_{c.31}^{II}$ отримане за наведеними умовами, приймається за розрахункове.

З рис. 4.3, оскільки відсутня живлення з боку підстанції В,

$$k_{mTp} = k_{ТЛмакс} = k_{ТЛмакс} = z_{1Бмін} / (z_{1Амін} + z_{Л1} + z_{1Бмакс}) = 24 / (6+9+24) = 0,615. \quad (4.40)$$

$$\text{за (4.39)} \quad z_{c.31}^{II} = 0,85 \cdot 9 + (0,43 \cdot 14,4 / 0,615) = 17,72 \text{ Ом} \dots (4.41)$$

$$\text{за (4.39)} \quad z_{c.3}^{II} = 0,85 \cdot [9 + (15,5 / 0,615)] = 29,1 \text{ Ом} \quad (4.42)$$

$$z_{c.31}^{II} = 0,85 \cdot 9 + (0,66 \cdot 9 / 0,615) = 17,31 \text{ Ом} \quad (4.43)$$

Приймаємо $z_{c.31}^{II} = 17,31$ і обчислюємо коефіцієнт чутливості другого ступеня за (4.5): $k_{c.31}^{II} = z_{c.31}^{II} / z_{л1} = 17,31 / 9 = 1,92 \geq 1,25$.

Якщо за умовою налагодження від к. з. на шинах В, які мають спеціальний швидкодіючий захист, коефіцієнт чутливості менше 1,25, то відбудова проводиться в режимі при більшому $k_{ТЛ}$, коли на ділянках АБ і БВ включені обидві паралельні лінії. При цьому другий ступінь захисту 1 повинен бути узгоджений з першим ступенем захисту 5 при каскадному відключенні пошкодження на лінії ділянки БВ і наявності в роботі однієї з ліній на ділянці АБ. Це узгодження проводиться за (7-2), але знаменник другого члена цього виразу повинен бути помножений на коефіцієнт повернення реле $k_g = 1,05-1,1$, оскільки другий ступінь може спрацювати до початку каскадного відключення.

Якщо і при цьому $k_{ч.31}^{II} \leq 1,25$, то другий ступінь захисту 1 узгоджується із другим ступенем захисту 5.

4.5 Вибір уставок пускових реле мінімального опору встановлених на ЛЕП 110 кВ

Уставки пускових спрямованих реле мінімального опору, встановлених на лінії Л1 з боку підстанції А (рис. 4.4, а), за даними: характеристикою реле в комплексній площині є коло, що проходить через початок координат, при цьому є можливість отримання еліптичної характеристики з співвідношенням осей 0,5; 0,65 і 0,8; кут максимальної чутливості реле $\varphi_{мч} = 65^\circ$ або 80° ; номінальний струм 1 А; максимальна величина опору спрацьовування реле $z_{с.р.макс} = 100 \text{ Ом}$; реле включаються на різницю струмів і різниця напруги однойменних з струмами фаз; інші дані наведені на рис. 4.4, а.

Первинний опір спрацьовування пускових реле, для яких приймаємо $\varphi_{мч} = \varphi_{л} = 80^\circ$, обчислюємо за

$$\begin{aligned} z_{с.з}^{III} &= U_{раб.мин} / [\sqrt{3} k_H k_3 k_6 I_{роб.макс} \cos(\varphi_{мч} - \varphi_{роб})] = \\ &= \frac{0,95 \cdot 330000}{\sqrt{3} \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1,05 \cdot 1400 \cos(80^\circ - 35^\circ)} = 111,7 \text{ Ом} \end{aligned} \quad (4.44)$$

Коефіцієнт чутливості при міжфазних К. 3. в кінці зони резервуванню.

$$k_{ч.з}^{III} = z_{ч.з}^{III} / [z_{л1} + (z_{л1} / k_{ТIII})] = \frac{111,7}{17,1 + 52,8 / 0,54} = 0,973 \leq 1,2. \quad (4.45)$$

Так як $k_{ч.з}^{III}$ менше 1,2 то для відбудови від струмів навантаження приймаємо характеристику реле у вигляді еліпса з співвідношенням осей

0,65. В цьому випадку можна прийняти максимальну уставку реле $z_{c.p.макс} = 100 \text{ Ом}$ і первиний опір спрацьовування обчислити по (4.44):

$$z_{c.z.макс}^{III} = z_{c.p.макс} n_n / n_T = 100 \cdot 3300 / 2000 = 165 \text{ Ом} \quad (4.46)$$

При еліпсній характеристиці реле, наведеної на рис. 4.4, б, на якій для порівняння показана і кругова характеристика.

З рис. 4.4. б випливає, що для прийнятої характеристики 'реле коефіцієнт відбудови відбудовують від мінімального робочого опору з урахуванням збільшення струму самозапуску навантаження

$$[z_{роб.мін} = U_{роб.мін} / (I_{роб.мін} \cdot k_z) = 0,95 \cdot 33000 / (\sqrt{3} \cdot 1,3 \cdot 1400) = 99,5 \text{ Ом}] \quad (4.47)$$

$$k_{відл.} = OC / OB = 1,48. \quad (4.48)$$

Вважаємо, що пускові реле надійно відбудовані від мінімального робочого режиму. Збільшення $k_{відл.}$ відлаштування може бути досягнуто за рахунок зменшення відносно осей еліпса до 0,5, але в цьому випадку реле буде менш чутливим до перехідних процесів активним опорам в місці к. з. (рис. 4.4, б).

Виконати розрахунок уставок пристрою блокування при, коливаннях типу КРБ-126, що реагує на абсолютну суму струмів прямої та нульової послідовностей і має, гальмування від струму однієї з фаз. Характеристики спрацювання пристрою, яка має залежність спрацьовування пускового реле по струму зворотної послідовності від величини гальмівного струму, для різних уставок за коефіцієнтом гальмування наведені на рис. 4.5.

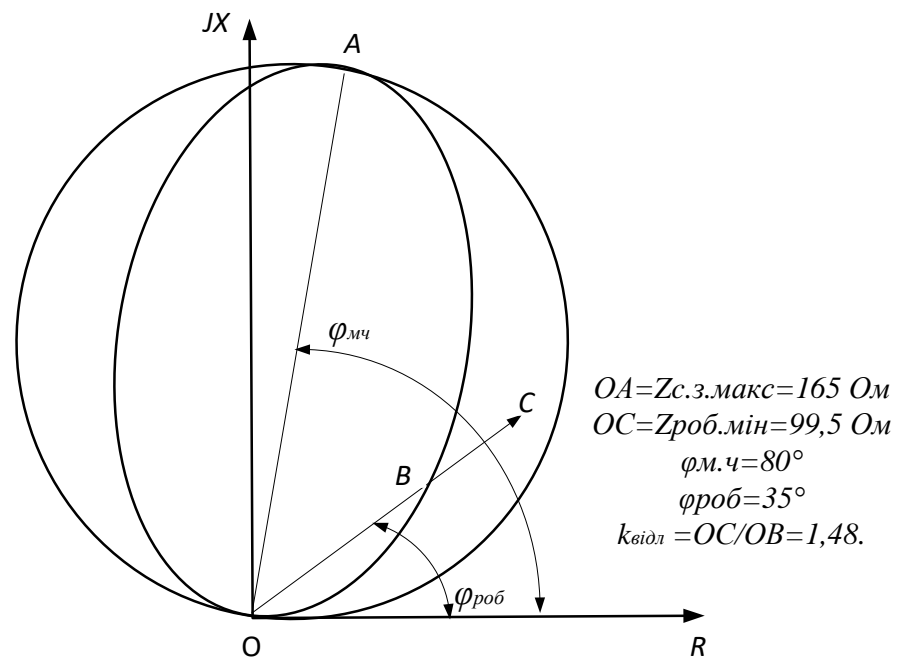
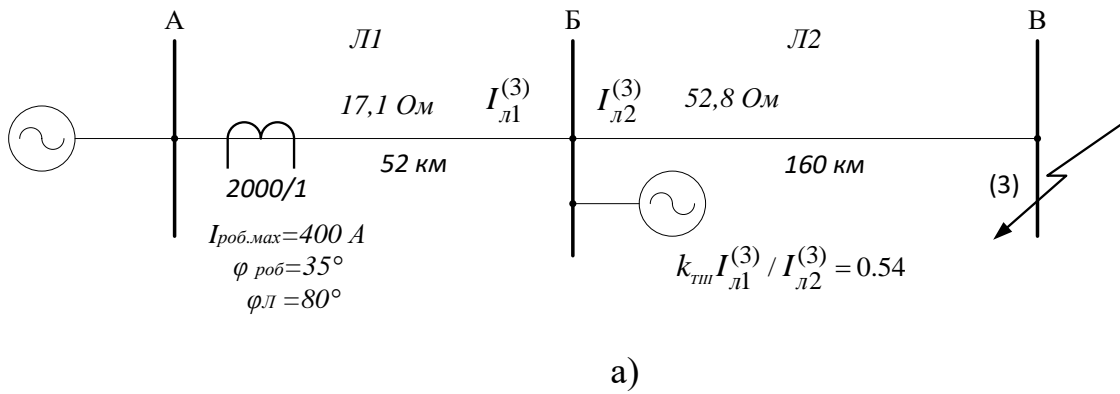


Рисунок 4.4 – а) Ділянка мережі 110 кВ з триступінчастим захистом;
 б) Еліпсна характеристика реле.

$$k_{ч.з.}^{III} = 165 / [17,1 + (52,8 / 0,54)] = 1,43 \geq 1,2. \quad (4.49)$$

Вихідні данні: вторинний номінальний струм ТС, з'єднаних в зірку, дорівнює 5 А.

У розрахунковому режимі навантаження вторинні струми в фазах :

$$I_{\phi A} = I_{зальм} = 3,1 \text{ А} \quad (4.50)$$

$$I_{\phi B} = I_{\phi C} = 4 \text{ А} \quad (4.51)$$

Струми зворотної послідовності, обумовлені несиметрією в системі в режимі навантаження і в режимі коливань, відповідно рівні: $I_{2нав.} = 0,3 \text{ А}$; $I_{2хит.} = 0,6 \text{ А}$.

У режимі коливань вторинні струми в фазах:

$$I_{торм} = I_{\phi A} = I_{\phi B} = I_{\phi C} = 25 \text{ А} \quad (4.52)$$

При двофазному к. з. на землю в кінці зони резервування дистанційній захисту в розрахунковій по чутливості точці струм зворотної послідовності на вихідних затискачах пристрою і струм гальмування у фазі А з урахуванням навантаження відповідно рівні:

$$I_{2K}^{(1.1)} = 2,3 \text{ А}; I_{\phi A}^{(1.1)} = I_{гальм.к}^{(1.1)} = 7 \text{ А} \quad (4.53)$$

Розрахунок уставок виконуємо за [17] і за даними, наведеними в [18] Розрахунок має на меті визначити уставки пристрою за струмом зворотної послідовності, за потроєному струму нульової послідовності, за коефіцієнтом гальмування, і перевірити чутливість пристрою.

Розглядається пристрій блоку дистанційного захисту від неправильних дій при коливаннях. При к. з. пристрій вводить в дію захист на час, достатній для її спрацьовування, і, якщо спрацювання не відбулося, блокує її. Пристрій діє і при трифазних ,к з. внаслідок короткочасної появи несиметрії.

Зазвичай розрахунок виконують у вторинних струмах без використання в пристрої струму $3I_0$ і тільки, якщо чутливість недостатня, розрахунок повторюють з урахуванням використання $3I_0$.

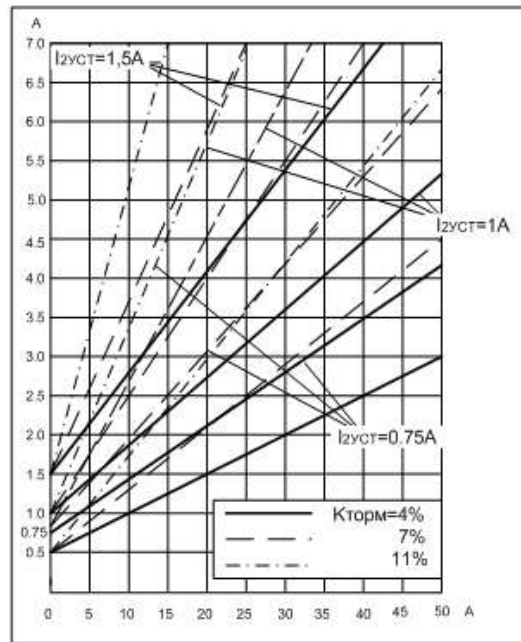


Рисунок 4.5 – Характеристики спрацювання пристрою блокування при коливаннях типу КРБ 126

Виконуємо розрахунок без використання ЗІю. Струм спрацювання пристрою за I_2 повинен бути відбудований від сумарного струму небалансу зворотної послідовності в режимі навантаження і в режимі коливань за наступним виразом:

$$I_{2c.p.} = k_n I_{2нб} / k_n \{ [k_{c.x} \Delta I + (k_f \Delta f / f) + \Delta \Phi] I + I_{2н.p} \} / k_v \quad (4.54)$$

де $k_n = 1,2$; $k_{в.нав.} = 0,8$; $k_{в.хит.} = 1$; $k_{c.x} = 1/3$ - коефіцієнт, що залежить від схеми з'єднань фільтра струму зворотної послідовності і ТС; ΔI відносна похибка ТС по струму; в режимі навантаження $\Delta I \approx 0,03$, а в режимі коливань $\Delta I = 0,1$; k_f - коефіцієнт, що залежить від типу фільтра, для КРБ-126; за каталогом $k_f = 0,29$; Δf - абсолютне відхилення частоти мережі; для режиму навантаження $\Delta f = 1$ Гц; для режиму коливань $\Delta f = 3$ Гц; $I_{2н.p}$ - струм обумовлений несиметрією в системі; $\Delta \Phi$ - відносне значення небалансу, обумовлене неточністю налаштування фільтра, визначається за кривою, визначається за кривою, приведеною в [18] для

$I_{2ус.мін.}$ з збільшенням уставки I_2 цей струм небалансу зменшується зворотно пропорційно зміні уставки.

Приблизно (в сторону запасу селективності) $\Delta\Phi\%$ може бути знайдено при струмах більших. $2I_{ном}$ за виразом:

$$\Delta\Phi\% = 4I / (I_0 I_{ТТном}) \quad (4.55)$$

де I - струм навантаження або струм коливань.

При струмах менше $2I_{ном}$ $\Delta\Phi\% \approx 1\%$.

За наведеними даними визначаємо $2I_{с.р.}$ в режимі навантаження і коливань:

$$I_{2с.р.нав} = \frac{1,2}{0,8} \left(\frac{0,03}{3} + \frac{0,29 \cdot 1}{50} + 0,01 \right) \cdot 4 + \frac{1,2 \cdot 0,3}{0,8} = 0,605 \text{ А} \quad (4.56)$$

$$I_{2с.р.хит} = 1,2 \left(\frac{0,1}{3} + \frac{0,29 \cdot 3}{50} + \frac{4 \cdot 25 / 5}{10 \cdot 100} \right) \cdot 25 + 1,2 \cdot 0,6 = 2,82 \text{ А} \quad (4.57)$$

За цим значенням $I'_{с.р.}$ і $I_{зс.р.хит}$ і відповідним їм значенням $I_{гальм}$ (гальмівних струмів) $I_{\phi A} = 4 \text{ А}$, $I_{2.хит} = 25 \text{ А}$, на графіки характеристик спрацьовування пристрою КРБ-126 (рис. 4.5) наносимо точки Н і Л.

Селективність пристрою буде забезпечена якщо прийняти характеристику спрацьовування, що лежить вище точок Н і К-Приймаємо два варіанти уставок: $I_{2ус.мін.} = 1 \text{ А}$, $I_{ус.мін.} = 4\%$.; Дійсні $k_{гальм.}$ визначаються за формулою

$$k_{гальм} = k_{гальм.уст} I_{2уст.} / I_{уст.мін} \quad (4.57)$$

$$I_{2уст.мін} = 0,5 \text{ А}$$

По (4.57) для першого і другого варіанту $k_{зальм}$ відповідно рівні:
 $k_{зальм1} = 4 \cdot 1 / 0,5 = 8\% : k_{зальм2} = 7 \cdot 0,75 / 0,5 = 10,5\%$

Чутливість пристрою визначають при двофазному к. з. на землю в кінці зони резервування дистанційній захисту за такими виразами [17] отриманим на підставі графічних побудов:

$$k_{\chi} = [I_{2k}^{(1,1)} - k_{зальм} I_{зальм}^{(1,1)}] / I_{2уст} \quad (4.58)$$

$$k'_{\chi} = I_{2k}^{(1,1)} / [k_{зальм} I_{зальм} + I_{2уст}] \quad (4.59)$$

Підставляючи числові значення в (4.58) і (4.59), отримуємо відповідно для першого і другого варіанту

$$k_{\chi1} = (2,3 - 0,105 \cdot 7) / 1 = 1,56 \quad k'_{\chi1} = 2,3 / (0,08 \cdot 7 + 1) = 1,47 ; \quad (4.60)$$

$$k_{\chi2} = (2,3 - 0,105 \cdot 7) / 0,75 = 2,09 ; \quad k'_{\chi1} = 2,3 / (0,105 \cdot 7 + 0,75) = 1,55 \quad (4.61)$$

Приймаємо уставки за другим варіантом:

$$I_{2уст} = 0,75 \text{ А} \quad k_{зальм} = 7\% \quad (4.62)$$

За [17] при $k_{\chi1}$, і k'_{χ} для умов резервування дистанційній захистом суміжної ділянки повинні бути відповідно не менше 1,2 і 1,1, а при к.з., в кінці ділянки, що захищається не менше 1,5 і 1,1, при двофазних к. з. ці коефіцієнти будуть більше обчислених. Оскільки, отримані більше необхідних, струм $3I_0$ в пристрої не використовується.

При використанні струму $3I_0$, внаслідок підвищення чутливості пристрою, $k_{\chi1}$, перевіряють при двофазному к. з. і двофазному к. з. на

землю. Чутливість пристрою при трифазному, к.з. не перевіряється, так як передбачається, що тривалість попереднього до цього, к.з. несиметрії і кратність струму в реле достатні для надійного спрацювання пристрою.

Висновок до четвертого розділу

В розділі виконано розрахунок уставок спрацювання дистанційного ступінчастого ненаправленого релейного захисту для ЛЕП 110 кВ. Для всіх ступенів захисту визначено чутливість захисту при двофазному короткому замиканні на землю та порівняно отримані результати розрахунки з вимогами ПУЕ до основних та резервних захистів ЛЕП.

5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Економічне обґрунтування доцільності впровадження мікропроцесорних захистів

Необхідність впровадження вдосконалених схем релейних захистів може бути викликана різними причинами:

- технічним переозброєнням енергетичних об'єктів - впровадженням нового обладнання, автоматичних систем керування (АСК) в управлінні енергетичними пристроями;
- невідповідністю технічних і функціональних характеристик існуючих захистів вимогам селективності, швидкодії і чутливості для режимів роботи енергетичних об'єктів або мережі;
- фізичним зносом об'єктів;
- припиненням випуску запасних частин для діючих схем захистів;
- збільшенням числа відмов функціонування або числа пошкоджень діючих захистів.

При цьому може використовуватися єдиний методичний підхід економічної оцінки, заснований на зіставленні витрат, необхідних для впровадження нової захисту і того економічного ефекту, який буде отриманий при її використанні. Критерієм може виступати як термін окупності, так і величина річного приведенного економічного ефекту.

Витрати на впровадження нової РЗА традиційно, як і впровадження будь-якої нової техніки, включають вартість капітальних вкладень, необхідних для придбання або створення удосконаленої схеми захисту ($K_{\text{зах}}$) і поточні річні витрати на її утримання і обслуговування ($C_{\text{пот.зах}}$).

Вартість нового захисту визначається за рівнем сучасних ринкових цін. Якщо пропонується до впровадження нова захист, яка не має аналогів, то складається кошторисна вартість нової захисту, яка включає:

$$K_{\text{зах}} = \sum K_i + K_{\text{МНЖ}}, \quad (5.1)$$

де K_i – вартість i -елементів, які використовуються при створенні нової схеми захисту, $K_{\text{МНЖ}}$ – витрати на монтаж і наладка та розрахунок уставок схеми, які приймаються укрупнено, в розмірі 5 % від вартості захисту або розраховуються за формулою

$$K_{\text{МНЖ}} = t_{\text{розр}} \sum (Ч_{\text{роб}} \cdot \frac{З_{\text{міс}}}{Т_{\text{міс}}})_j, \quad (5.2)$$

де $t_{\text{розр}}$ – час, необхідний для розробки плюс розробка схеми і монтажу схеми (визначається дослідним шляхом); $Ч_{\text{роб}}$ – кількість j -працівників, які беруть участь в розробці і монтажі схеми захисту; $З_{\text{міс}}$ – середня місячна заробітна плата або оклад j -працівника в залежності від розряду або категорії його кваліфікації; $Т_{\text{міс}}$ – нормативний місячний фонд робочого часу, год., усереднено приймається в розмірі 168 год. (21 робочий день у місяці).

Поточні витрати на утримання захисту включають витрати на поточне обслуговування захисту ($C_{\text{обс.зах}}$). Ці витрати не істотні, тому можуть прийматися в розмірі $0,5 \div 1\%$ від вартості захисту. До складу поточних витрат також включаються амортизаційні відрахування (C_a). Таким чином, поточні витрати на експлуатацію релейного захисту визначаються за виразом:

$$C_{\text{пот.зах}} = C_{\text{обс.зах}} + C_a. \quad (5.3)$$

При оцінці доцільності впровадження нового захисту важливе значення має розрахунок річного економічного результату його використання. Цей результат може прирівнюється до числового значення

запобіганню шкоди від неспрацьовування діючого застарілого релейного захисту.

Методика оцінювання економічного збитку залежить від електричного обладнання, для якого проводиться заміна релейного захисту. Збиток може бути у вигляді недовідпущеної продукції або у вигляді збільшення витрат від простою внаслідок перерв в енергопостачанні.

З позицій електроенергетичних підприємств збиток $Y_{\text{зах}}$ від аварійної ситуації, визначається за наступним рівнянням:

$$Y_{\text{зах}} = \Delta D_e + Y_{\text{ЛКВ}}, \quad (5.4)$$

де ΔD_e – недоотримані доходи від неспрацьовування діючих захистів і аварійного припинення електропостачання; $Y_{\text{ЛКВ}}$ – витрати, пов'язані з ліквідацією аварійної ситуації.

Величина ΔD_e може бути визначена за звітними даними роботи підприємства при сформованому за рік рівень відмов діючих захистів. Теоретичний розрахунок цієї складової шкоди включає облік наступних факторів:

$$\Delta D_e = \Delta W_{\text{спож}} \cdot T_e \cdot \omega \cdot \frac{M_o}{60}, \quad (5.5)$$

де $\Delta W_{\text{спож}}$ – недовідпущена споживачам електроенергія на період відмови захистів і ліквідації аварії, кВт·г; T_e – тариф реалізації електроенергії споживачам, грн./кВт·г; ω – параметр потоку відмов пристроїв електропостачання через неспрацьовування захистів, од .; M_o – математичне очікування часу припинення енергопостачання при неспрацьовуванні діючих захистів, хв.

Витрати, пов'язані з ліквідації аварій при неспрацьовуванні захисту, включають:

$$Y_{\text{лкв}} = K_{\text{лік.зах}} + C_{\text{зп}} + C_{\text{тр}}, \quad (5.5)$$

де $C_{\text{зп}}$ – витрати заробітної плати бригади, ліквідує аварійну ситуацію.

Розраховуються; $C_{\text{тр}}$ – витрати на спецтранспорт, який використовується

при виїздах на ліквідацію аварій; $K_{\text{лік.зах}}$ – ліквідна вартість старого обладнання.

$$E_{\text{зах}} = Y_{\text{зах}} - (C_{\text{пот.зах}} + E_{\text{НТ}} \cdot K_{\text{зах}}). \quad (5.6)$$

Реальний термін окупності придбання або створення нового захисту розраховується за формулою

$$T_{\text{ОК}} = \frac{K_{\text{зах}}}{Y_{\text{зах}} - C_{\text{пот.зах}}}. \quad (5.7)$$

5.2 Економічне обґрунтування впровадження удосконаленої схеми захисту

На двотрансформаторній підстанції 110/10 кВ (рис.5.1) встановлюємо релейний захист на базі мікропроцесорних реле. Ліквідна вартість старої комірки $K_{\text{лік.зах}} = 392$ (тис. грн.). Річний обсяг відпуску електроенергії споживачам: $\Delta W_{\text{спож}} = 30000$ тис. кВт · год.; тариф на електроенергію –

$T_e = 2,8$ грн. / кВт · год.; вартість нового шафи захистів $K_{\text{зах}} = 830$ тис. грн.

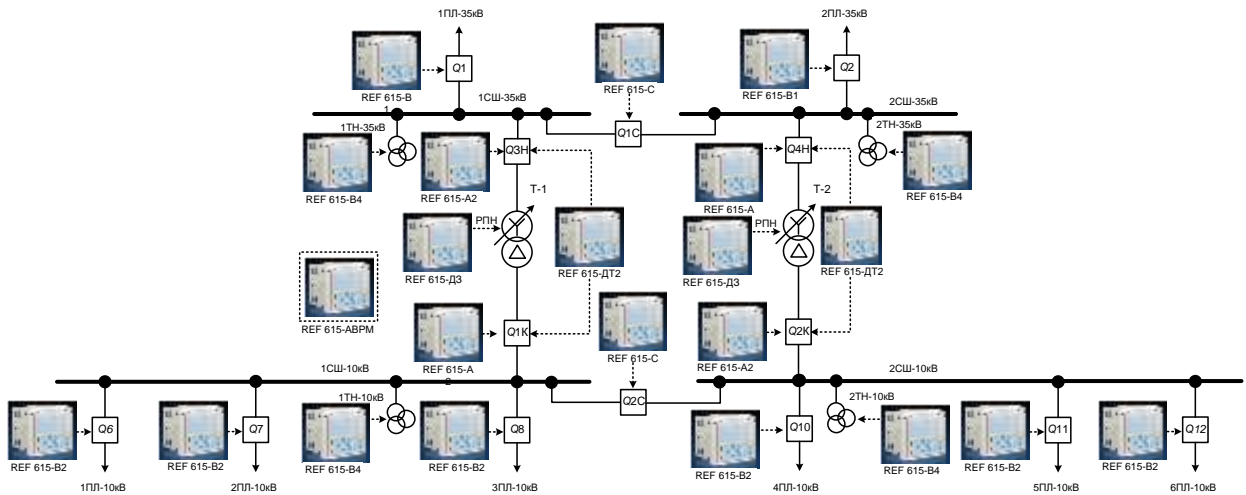


Рисунок 5.1– Схема підстанції 110/10 кВ енергопостачальної компанії
обленерго

На ліквідацію 11 аварій в системі енергопостачання бригадою з двох електриків було витрачено 40 год. понаднормової роботи. Середня годинна ставка двох електриків – 57,14 грн. / год. Вартість одного виїзду до місця аварії 500 грн.

1. Під час монтажу працювало 1 інженер та 8 монтерів, час монтажу та налашки захистів підстанції склало 34 днів. Заробітна плата інженера та монтерів складає 10000 гривень.

$$K_{\text{МНЖ}} = 27 \cdot 9 \cdot \frac{10000}{168} = 144,642(\text{тис.грн.}), \quad (5.8)$$

$$K_{\text{зах}} = 830 + 144,642 = 974,642(\text{тис.грн.}), \quad (5.9)$$

де $Z_{\text{міс}}$ – середня місячна заробітна плата або оклад j -працівника в залежності від розряду або категорії його кваліфікації; $T_{\text{міс}}$ – нормативний місячний фонд робочого часу, год., усереднено приймається в розмірі 168 год. (21 день).

2. Визначаємо річні поточні витрати ($C_{\text{пот.зах}}$) на експлуатацію нового захисту при нормі витрат на поточне обслуговування $H_{\text{обс}} = 0,5\%$ та при гарантованому терміні експлуатації нового мікропроцесорного захисту $t_{\text{сл}} = 12$ років.

$$C_{\text{обс}} = 974,642 \cdot \frac{0,5}{100} = 4,847 \text{ тис.грн.} \quad (5.10)$$

$$C_a = \frac{974,642}{12} = 81,220 \text{ тис.грн.} \quad (5.11)$$

$$C_{\text{пот.зах}} = 83,613 \text{ тис.грн.} \quad (5.12)$$

3. Визначаємо збитки від недовідпуск електроенергії при відмові старого захисту

$$\Delta D_e = 30000 \cdot 2,4 \cdot 2 \cdot \frac{120}{60} = 288,00 \text{ тис.грн,} \quad (5.13)$$

4. Визначаємо витрати на ліквідацію аварій

$$C_{\text{зп}} = 2 \cdot 57,14 \cdot 40 = 4,571 \text{ тис.грн.} \quad (5.14)$$

$$C_{\text{тр}} = 500 \cdot 11 = 5,5 \text{ тис.грн.}$$

$$Y_{\text{лкв}} = 4,571 + 5,5 + 280 = 290,071 \text{ тис.грн.} \quad (5.15)$$

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

$$T_{\text{ОК}} = \frac{974,642}{290,071 - 83,613} = 4,7 \text{ років.} \quad (5.16)$$

Висновки до п'ятого розділу

Розрахунки економічних показників заміни застарілого електро-механічного релейного захисту на новий мікропроцесорний захист на прикладі двотрансформаторної підстанції 110/10 кВ свідчать про те, що термін окупності такої заміни 4,7 роки. Отже такі заходи економічно виправдані.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Згідно ГОСТ 12.003-74, на інженерно-технічний персонал впливають наступні шкідливі та небезпечні виробничі фактори:

Фізичні:

- підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони;
- підвищена та понижена температура повітря робочої зони;
- підвищена та понижена рухомість повітря;
- підвищена та понижена вологість повітря;
- нестача природного освітлення;
- недостатня освітленість робочої зони;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищений рівень вібрації;
- небезпечний рівень напруги в електричному колі, замикання якого

може виникнути через тіло людини.

Психофізіологічні:

- фізичні перевантаження (динамічні);
- нервово-психічні перевантаження (монотонність праці, емоційні перевантаження).

6.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації електропривода

Живлення силового обладнання та системи освітлення здійснюється від чотирьохпровідної трифазної мережі 380 х 220В (фазна напруга (фаза – "0") – 220В, а міжфазна лінійна (фаза – фаза) – 380В) [32,33].

Категорія умов по небезпеці електротравматизму – підвищеної безпеки, у зв'язку з наявністю підвищеної вологості. Технічні рішення щодо запобігання електротравмам:

1) Для запобігання електротравм від контакту з нормально-струмовідними елементами електроустаткування, необхідно:

- розміщувати неізольовані струмовідні елементи в окремих приміщеннях з обмеженим доступом, у металевих шафах;

- використовувати засоби орієнтації в електроустаткуванні - написи, таблички, попереджувальні знаки;

- підвід кабелів до споживачів здійснювати у закритих конструкціях підлоги;

2) При живленні однофазних споживачів струму від трипровідної мережі при напрузі до 1000 В використовується нульовий захисний провідник. При його використанні пробій на корпус призводить до КЗ. Спрацьовує захист від КЗ і пошкоджений споживач відключається від мережі.

Згідно з вимогами нормативів, повинна бути забезпечена необхідна кратність струму К.З. залежно від типу запобіжного пристрою, повинна бути забезпечена цілісність нульового захисного провідника.

3) Електрозахисні засоби 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.

Додатковими електрозахисними засобами називаються засоби, які захищають персонал від напруги дотику, напруги кроку та попереджають персонал про можливість помилкових дій. До них відносяться (до 1000 В): діелектричні калоші; діелектричні килимки; переносні заземлення; ізолювальні накладки і підставки; захисні пристрої; плакати і знаки безпеки.

Обладнання повинно бути надійно заземлене. Справність і опір контуру заземлення один раз на рік перевіряється.

Всі обертові частини механізму повинні мати добре закріплену огорожу. Забороняється виконувати всі види ремонту під час роботи установки.

6.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

6.2.1 Мікроклімат

Мікроклімат приміщення - це сукупність фізичних параметрів повітря в виробничому приміщенні, які діють на людину в процесі праці на її робочому місці, в робочій зоні.

Параметри мікроклімату характеризуються такими показниками: температурою повітря і відносною вологістю повітря, швидкістю його переміщення, потужністю теплових випромінювань. При цьому слід розрізняти оптимальні та допустимі мікрокліматичні умови.

Допустимі мікрокліматичні умови – поєднання кількісних показників мікроклімату, які при тривалому та систематичному впливові на людину можуть викликати скороминучі зміни, що швидко нормалізують тепловий стан організму, і які супроводжуються напруженням механізмів терморегуляції, не виходячи за межі фізіологічних пристосувальних можливостей. При цьому виникає пошкодження або порушення стану

здоров'я, але можуть спостерігатися дискомфортні тепловідчуття, погіршення самопочуття та зниження працездатності.

Нормуються параметри мікроклімату в виробничих приміщеннях та гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони. Тяжкість роботи розділяється на категорії залежно від загальних енерговитрат організму, ккал/с (Вт). Робота оператора силової установки відноситься до легкої фізичної роботи категорія Іа, бо людина-оператор практично весь свій робочий день проводить сидячи. Параметри мікроклімату наведено в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 - Нормування параметрів мікроклімату

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

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату на робочому місці передбачається:

- в холодну пору року - використання калорифера;
- в літню пору - застосування кондиціонерів та вентиляторів обдуву, провітрювання кабіни.

6.2.2 Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується концентраціями (ГДК) в мг/м. В умовах роботи на граничнодопустимих концентраціях можливими забруднювачами повітря робочої зони можуть бути пил та шкідливі гази, їх ГДК наведено в таблиці 4.2 [34].

Для забезпечення складу повітря робочої зони передбачено:

- Провітрювання кабіни оператора;
- Цілісність конструкції кабіни та вікон для перешкоджання попадання пилю в приміщення кабіни під час роботи установки;
- Встановлення пиловловлюючих засобів.

Таблиця 6.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони в кабіні оператора установки

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньодобова	
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4

6.2.3 Штучне та природне виробниче освітлення

Раціональне освітлення - один з основних факторів створення сприятливих робочих умов праці. Недостатнє освітлення викликає передчасне стомлення працюючих, знижує продуктивність праці, може стати причиною нещасного випадку.

Для забезпечення найбільш сприятливих умов зорової праці нормують мінімальну освітленість на найбільш темній ділянці робочої поверхні.

При періодичному нагляді за ходом виробничого процесу на станції освітленість повинна складати не менше 50 лк. Оскільки в приміщенні знаходяться вимірювальні прилади та система управління, то освітленість повинна складати 300 лк. Рівень аварійного освітлення складає 15% освітленості основної роботи.

Приміщення пульта управління забезпечене природним освітленням в денний проміжок часу, але вечері постає проблема в штучному освітленні.

Для забезпечення найбільш сприятливих умов зорової праці нормуємо освітлення на робочому місці [34]. Робота відноситься до IV розряду

зорової праці, тобто розряду середньої точності. Наведено норми при штучному та комбінованому освітленню в таблиці 4.3.

Таблиця 6.3 – Норми освітлення робочих поверхонь у виробничих приміщеннях

Характеристики зорової роботи		Малої точності
Мінімальний розмір об'єкту розпізнавання, мм		Від 1 до 5
Розряд зорової роботи		V
Підрозряд зорової роботи		б
Контраст об'єкта розпізнавання з фоном		Середній
Освітленість	Загальне	150
Штучне освітлення	Комбіноване	200

В приміщенні кабіни, особливо в зимовий період, коли світлий день досить короткий, природнього освітлення може бути недостатньо, тому використовується місцеве штучне освітлення (таблиця 6.4). Штучне освітлення здійснюється лампами розжарювання, що живляться від трансформатора власних потреб (12В).

Таблиця 6.4 - Вибір освітлюваного пристрою

Тип світильника	Лампа розжарювання
Світло розподілення	Несиметричне
Потужність ламп, Вт	До 200

Характер зорової роботи - середня точність; розряд - IV; бокове значення коефіцієнта природної освітленості, %: суміщене 0,9.

$$e_N = e_H \cdot m_N, \quad (6.1)$$

m_N - коефіцієнт світлового клімату, $m_N = 0,9$ при орієнтації вікон на північний схід [35].

$$e_N = 0,9 \cdot 0,9 = 0,8 \%. \quad (6.2)$$

Для забезпечення нормативного значення e_N передбачено:

- використання додаткового штучного освітлення, а саме ламп розжарювання;
- необхідна кількість природного світла (великі вікна);
- для підтримки постійної освітленості повинно бути організовано систематичне, не рідше двох разів на місяць, очищення арматури світильників і ламп від пилу та бруду.

6.2.4 Виробничий шум

Рівень звука вимірюється в децибелах і визначається за формулою [36]:

$$L = 20 \cdot \lg\left(\frac{P}{P_0}\right) = 20 \cdot \lg\left(\frac{U}{U_0}\right) \quad (6.3)$$

де L - рівень шуму, дБ; P - звуковий тиск, Па; U_0 - коливальна швидкість, $5 \cdot 10^{-8}$ м/с; P_0 - нульове значення звукового тиску на нижньому порозі чутності в октавній смузі зі середньгеометричною частотою 1000 Гц, умовно прийняте рівним $2 \cdot 10^{-5}$ Па.

Для відносної логарифмічної шкали в якості нульових рівнів обрані показники, що характеризують мінімальний поріг сприйняття звуку людським вухом на частоті 1000 Гц. Нормативним документом, який регламентує рівні шуму для різних категорій робочих місць службових приміщень, є «ССБТ. Шум Загальні вимоги безпеки». Шум порушує нормальну роботу шлунка, особливо впливає на центральну нервову систему. Для забезпечення допустимих параметрів шуму в приміщенні,

проектом передбачено засоби колективного захисту: акустичні, архітектурно-планувальні й організаційно-технічні.

Таблиця 6.5 – 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

Засоби боротьби із шумом в залежності від числа осіб, для яких вони призначені, поділяються на засоби індивідуального захисту і на засоби колективного захисту - ССБТ. Засоби індивідуального захисту органів слуху. Загальні технічні умови і методи випробувань» і «Засоби і методи захисту від шуму. Класифікація». Для зниження шуму в приміщенні, необхідно:

- безпосередньо біля джерел шуму використовувати звукопоглинаючі матеріали для покриття стелі, стін, застосовувати підвісні звукопоглиначі.

- для боротьби з вентиляційним шумом потрібно застосовувати мало шумові вентилятори.

6.2.5 Виробничі вібрації

Вібрація відноситься до факторів, які мають велику біологічну активність. Як загальна, так і локальна вібрація несприятливо впливає на організм людини, викликає зміну у функціональному стані вестибулярного апарату, центральної нервової, серцево-судиної систем, погіршує самопочуття та може призвести до розвитку професійних захворювань.

Основні параметри вібрації, такі як середньоквадратичне значення віброприскорення та віброшвидкості, логарифмічні рівні приведені у табл. 6.6.

Таблиця 6.6 - Середньоквадратичні значення віброприскорення та віброшвидкості

Категорія вібрації по санітарним нормам	Напрямок дії	Нормативні, корекційовані по частоті та еквівалентні корекційовані значення			
		Віброприскорення		Віброшвидкість	
		$m \cdot s^{-2}$	дБ	$m \cdot s^{-2} \cdot 10^{-2}$	дБ

Загальна	Z_0, Y_0, X_0	0,1	100	0,2	92
----------	-----------------	-----	-----	-----	----

Для зменшення дії вібрацій на працюючих проектом передбачено:

- динамічне погашення вібрації - приєднання до захисного об'єкту системи, реакції якої зменшують розмах вібрації об'єкта в точках приєднання системи;
- зміна конструктивних елементів машин;
- застосування засобів індивідуального захисту, а саме рукавиці, вкладиші і прокладки, віброзахисне взуття з пружнодемпферуючим низом.

6.3 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Дослідження безпеки роботи мікропроцесорного релейного захисту ЛЕП 110 кВ в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій.

На мікропроцесорний релейний захист можуть справляти значний вплив загрозливі чинники надзвичайні ситуації різного типу, тому необхідно провести дослідження безпеки роботи пристрою і його блоків. До таких НС можна віднести: стихійні лиха (землетруси, блискавка, зливи), а особливо впливовими на РЗА мають іонізуючі випромінювання та ЕМІ. Тому при проектуванні релейного захисту слід забезпечити найвищий рівень захисту від впливу факторів тої чи іншої НС.

Тож, в даній частині розділу необхідно виконати дослідження безпеки роботи та розробку заходів по підвищенню безпеки роботи релейного захисту ЛЕП 110 кВ в умовах дії загрозливих чинників, іонізуючих випромінювань та електромагнітного імпульсу.

В РЗА застосовуються елементи, до складу яких входять такі

матеріали:

метали, неорганічні матеріали (в основному діелектрики), провідники і різноманітні органічні сполуки (діелектрики, смоли і т.д.). Серед цих матеріалів метали найбільш чутливі до впливу іонізуючих випромінювань, оскільки їм властива висока концентрація вільних носіїв.

В радіоелектронній апаратурі іонізуючі випромінювання, викликають зворотні і незворотні процеси, внаслідок яких можуть відбуватися порушення

роботи електричних елементів схеми, що призводять до виходу з ладу апаратури. Так, проходячи через елементи РЗА, потік гамма— випромінювань створює в них вільні носії електричних зарядів, в результаті

переміщення яких виникає помилковий імпульс, який призводить до спрацьовування пристрою. При великих дозах випромінювання втрачають працездатність комплектуючі елементи систем радіоелектроніки і електроавтоматики. В результаті опромінення у транзисторах змінюється обернений струм і коефіцієнт підсилення, у конденсаторах знижуються напруги пробою та опір стікання, змінюється провідність і внутрішній нагрів;

руйнується електрична ізоляція дротів з полімерних матеріалів. В органічних

ізоляційних і діелектричних матеріалах змінюються такі параметри, як: електрична провідність, діелектрична проникність і тангенс кута втрат. Неорганічні матеріали менш чутливі до впливу іонізуючих випромінювань

Для інженерної практики найбільший інтерес представляє перший випадок, тобто дослідження безпеки роботи РЗА при перебуванні його в зараженій радіоактивними речовинами місцевості протягом певного часу.

ЕМІ ушкоджує напівпровідникові прилади, резистори, конденсатори. Це являє велику небезпеку для апаратури, добре захищеної від впливу інших

загрозливих чинників. Тому слід пам'ятати про те, що захист апаратури від механічних ушкоджень не захищає від впливу ЕМІ і апаратура може втратити працездатність, знаходячись у надійних захисних спорудженнях.

6.4 Дослідження безпеки роботи мікропроцесорного релейного захисту в умовах дії іонізуючих випромінювань.

За критерій безпеки роботи мікропроцесорного релейного захисту в цих умовах приймається таке граничне значення рівня ($P_{ж}$ Р/год), при якому можуть виникнути тимчасові зміни, але пристрій буде працювати з потрібною якістю.

Приймаючи до уваги елементну базу, що використовується для реалізації розроблювального мікропроцесорного релейного пристрою, складається таблиця потужностей експозиційної дози опромінення для кожного елемента $P_{зв.і}$ що викликають початок зворотних змін Отримані значення занесемо до таблиці 5.1.

З наведеної таблиці слідує, що мінімальні значення граничних рівнів радіації елементів, при яких в елементній базі можливі миттєві необоротні зміни мають інтегральні мікросхеми великої ступені інтеграції та мікропроцесори – $P_{зв.і}$

Таблиця Б.1 — Потужність експозиційних доз елементів мікропроцесорного релейного захисту

Елементи мікропроцесорного релейного захисту	$P_{зв.і}, P/c$	$P_{зв.і}, P/c$
Процесор АТmega8	10^3	10^3
Діоди загального призначення КД521	10^4	
Транзистори загального призначення КТ3102	10^4	
Мікросхеми LM833	10^5	
Конденсатори К73—17	10^7	
Резистори МЛТ 0,25	10^8	

Визначається елемент, який найбільшою мірою піддається впливу випромінюванням, тобто елемент із мінімальним значенням $P_{зв.i}$

$$P_{зв} = 10^3 P/c$$

В якості критерію стійкості роботи мікропроцесорного релейного захисту використовується граничне значення рівня іонізуючих випромінювань:

$$P_{гр} = K_{над} P_{зв} K_{посл} \quad (5.1)$$

де $P_{зв}$ — рівень радіації миттєвих незворотних змін пристрою в цілому;

$K_{им}$ — коефіцієнт надійності ($K_{над} = 0,91$); — тому що мікропроцесорний релейний захист знаходиться в металевій шафі релейного захисту.

$K_{посл}$ — коефіцієнт послаблення.

$$P_{гр} = 0,91 \cdot 10^3 \cdot 2 = 1,82 \cdot 10^3 \text{ P/c.}$$

З наведеної таблиці слідує, що мінімальні значення граничних рівнів радіації елементів, при яких в елементній базі можливі миттєві необоротні зміни мають інтегральні мікросхеми великої ступені інтеграції та мікропроцесори – $P_{зв} = 10^3$,. $K_{посл} = 2$ – тому що використана екранування плат мікропроцесорного захисту.

Визначаємо допустимий час роботи пристрою в реальних умовах радіаційної аварії:

$$t = \left(\frac{D_{гр} \cdot K_{осл} + 2 \cdot P_1 \cdot \sqrt{1}}{2 \cdot P_1} \right)^2$$

$$t = \left(\frac{10^3 \cdot 2 + 2 \cdot 6,36 \cdot \sqrt{1}}{2 \cdot 6,36} \right)^2 = 25037,58 \text{ , год.}$$

Таким чином, допустимий час роботи релейного захисту складатиме 25037,58 годин при максимальному рівні радіації 6,36 Р/год.

6.5 Розробка превентивних заходів по підвищенню безпеки роботи релейного захисту ЛЕП 110 кВ у НС.

За критерієм безпеки роботи релейного захисту в умовах дії електромагнітного імпульсу можна прийняти коефіцієнт безпеки:

$$K_{\delta} = 20 \lg \frac{U_{\delta}}{U_{\epsilon}} \geq 40 \text{ , дБ,}$$

де U_{δ} – допустиме коливання напруги живлення (для мікросхем 5 В);

U_{ϵ} — напруга наведена за рахунок електромагнітного імпульсу у вертикальних (горизонтальних) струмопровідних частинах, В.

Допустимі коливання напруги живлення:

$$U_{\delta} = U_{\text{жс}} + \frac{U_{\text{жс}}}{100} \cdot N = 5 + \frac{5}{100} = 5,25 \text{ , В.}$$

В зв'язку з тим, що окремі елементи мікропроцесорного релейного захисту можуть мати різні значення коефіцієнтів безпеки, то безпека роботи приладу в цілому визначається мінімальним значенням коефіцієнта безпеки.

З рівняння (5.1) визначаємо:

$$U_{\epsilon} = \frac{U_{\delta}}{10^{\frac{40}{20}}} = \frac{5,25}{100} = 0,052 \text{ , В.}$$

Прийемо максимальну довжину горизонтальних струмопровідних частин $l_B=0,58$ м. Тоді горизонтальна складова напруженості електричного поля визначається за формулою:

$$E_z = \frac{U_g}{l_g} = \frac{0,52}{0,58} = 0,89 \text{ , кВ/м.}$$

Звідси вертикальна складова напруженості буде $E_z=890$ В/м.

Таким чином, робота релейного захисту можлива у випадку, якщо не перевищується значення вертикальної складової напруженості електричного поля 890 В/м

6.6 Розробка превентивних заходів по підвищенню безпеки роботи релейного захисту ЛЕП 110 кВ у надзвичайних ситуаціях.

З метою зменшення негативного впливу на релейного захисту можна використати наступні методи.

Для захисту терміналу, як і любых радіоелектронних пристроїв від дії іонізуючих випромінювань можна використати алюмінієві сплави, леговані елементами з високим атомним номером (лантаноїдами і рідкоземельними елементами), сплави на основі тугоплавких і рідкоземельних елементів і багат шарові матеріали. Також для боротьби з впливом іонізуючого випромінювання можна використати новітній вітчизняний метод, що полягає в захисному покритті радіоелектронної апаратури, що розміщується на поверхнях даних елементів, які піддаються впливу іонізуючого випромінювання, відмінним тим, що захисне покриття виконане у вигляді наноструктури, яка включає сукупність атомів рідкоземельних елементів, введених в структуру армованої атомно-молекулярної металічної матриці, або утворює її захисний шар.

Найкращим для захисту від електромагнітного імпульсу є захищене металічним екраном приміщення, в якому розміщена радіоелектронна апаратура. Оскільки такий захист в ряді випадків неможливо виконати, то використовуються менш надійні засоби захисту, такі як струмопровідні сітки та плівкові покриття вікон, стільникові металеві конструкції для повітрозбірників та вентиляційних отворів і контактні пружинні прокладки, що розміщуються по периметру дверей і люків.

Для захисту від проникнення електромагнітного імпульсу в апаратуру через різні кабельні вводи використовується перехід від електричних мереж зв'язку до практично незалежних від впливів ЕМІ волоконно-оптичних. Також для захисту кабельних вводів використовують в їх конструкції фільтрів та встановлення вбудованих зенерівських діодів.

В ході виконання було розглянуто вплив іонізуючого випромінювання та ЕМІ на компоненти схеми, виконано розрахунки з яких видно, що ні один з класів елементів схеми не зазнає більшого впливу за граничне значення, також розраховано термін безпечної роботи приладу, який складає 25037,58 год. Що стосується впливу електромагнітного імпульсу, то з урахуванням необхідного рівня коефіцієнта безпеки було розраховано значення напруженості електричного поля. Для підвищення безпеки роботи пристрою наведено основні заходи боротьби з впливом загрозливих чинників НС.

Отже основною метою даної частини розділу було дослідження безпеки роботи релейного захисту та розробка заходів по підвищенню безпеки його роботи в умовах надзвичайних ситуацій.

Отже, у даному розділі було розглянуто технічні рішення для створення безпечних умов праці для обслуговуючого персоналу, що працює з мікропроцесорним релейним захистом та програмним забезпеченням на ЕОМ, та піддається таким загрожуючим чинникам на робочому місці, як ураження електричним струмом, концентрації зору та психоемоційним навантаженням. Для зменшення ризику ураження

електричним струмом пропонується заземляти електроустановки (шафи релейного захисту) та наводиться розрахунок кількості заземлюючих пристроїв. Для зняття психоемоційних навантажень пропонується збільшення обіднього часу та проведення перерв для відпочинку персоналу протягом робочої зміни.

А також проведено дослідження безпеки роботи мікропроцесорного релейного захисту ЛЕП 110 кВ в умовах дії загрозливих чинників надзвичайних ситуацій. На основі проведених досліджень пропонується для захисту мікропроцесорних пристроїв релейного захисту від дії електромагнітних імпульсів застосовувати екранування плат пристроїв РЗА за рахунок виготовлення їх корпусу із алюмінію чи металу товщиною $0,5 \div 3,0$ мм.

Також використовувати спеціальне покриття для радіоелектронної апаратури, що наноситься на поверхню плати .

Висновки до шостого розділу

З попередніх розрахунків випливає, що для безпечної роботи в умовах дії іонізуючого випромінювання та електромагнітного імпульсу, необхідно щоб граничне значення рівня радіації в умовах експлуатації не перевищувало - $P_{sp} = 9,54 \cdot 10^3 (P / год)$, а вертикальна складова напруженості електричного поля - $E_B = 2,14 (В / м)$

В результаті оцінки було проведено розрахунки та розроблено заходи по підвищенню безпеки роботи системи в розглянутих умовах.

ВИСНОВКИ

В магістерській кваліфікаційній роботі проведено дослідження релейного захисту ЛЕП систем електропостачання, що живлять підприємства АПК.

1. Недовідпуск електроенергії, перерви в електропостачанні підприємств тягнуть за собою як прямий економічний збиток, пов'язаний з його відновленням, так і технологічний, обумовлений псуванням продукції. Електропостачальні організації при цьому також зазнають збитків через несплату недовідпущеної електроенергії. Останніми роками в енергосистемах України широко впроваджуються пристрої релейного захисту, виконані на цифрових принципах. За кордоном такі пристрої впроваджуються в експлуатацію вже на протязі більше двох десятиків років.

2. Термінал релейного захисту REL650 має широкий набір функціональних та технічних можливостей. Детально розглянуто особливості конфігурування уставок, функціональне призначення клавiш. Розглянуто блок дистанційного захисту його параметри роботи та параметри налаштування режиму роботи дистанційного захисту від навантаження.

3. Запис параметрів в ІЕУ REL650 здійснюється з використанням програмного пакету РСМ 600. Перевагою даного програмного пакету є можливість використання інструменту обробки осцилограм та використання інструменту перегляду подій.

4. Визначені і роботі величини уставок спрацювання дистанційного ступінчастого ненаправленого релейного захисту для ЛЕП 110 кВ задовольняє чинні вимоги до надійності РЗА. Для всіх ступенів захисту визначено чутливість захисту при двофазному короткому замиканні на землю та порівняно отримані результати розрахунки з вимогами ПУЕ до основних та резервних захистів ЛЕП.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ПУЕ (Правила улаштування електроустановок. Видання офіційне. МіненерговугілляУкраїни. – Х.; Видавництво «Форт», 2017. – 760 с.).
2. Кідиба В. П., Релейний захист електричних систем: Підручник/В. П. Кідиба – Львів: «Львівська політехніка», 2015. –533 с.
3. Вавин В. Н., Релейная защита блоков турбогенератор – трансформатор / В. Н. Вавин – М: Энергоиздат, 1982. – 256 с.
4. Яндутьський О. С., Дмитренко О. О., Релейний захист. Цифрові пристрої релейного захисту, автоматики та управління електроенергетичних систем [Електронне видання]: Навчальний посібник/О. С. Яндутьський, О. О. Дмитренко – К.: НТУУ «КПІ», 2016. – 102 с.
5. Андреев, В. А. Релейная защита, автоматика и телемеханика в системах электроснабжения [Текст]: учеб. / В. А. Андреев. — М.: Высшая школа, 1985. — 391 с.
6. Вавин В. Н. Трансформаторы тока. М.: Энергия, 1966
7. Вавин В. Н. Трансформаторы напряжения и их вторичные цепи. 2-е изд. М.: Энергия, 1977.
8. Гельфанд, Я. С. Релейная защита распределительных сетей [Текст]: учеб. / Я. С. Гельфанд. — М.: Энергоатомиздат, 1987. — 368 с.
9. Захаров, О. Г. Надежность цифровых устройств релейной защиты. Показатели. Требования. Оценки [Текст]: учеб. / О. Г. Захаров. — М.: Инфра-инженерия, 2014. — 128 с.
10. Чернобровов, Н. В. Релейная защита энергетических систем [Текст]: учеб. / Н. В. Чернобровов, В. А. Семенов. — М.: Энергоатомиздат, 1998. – 800 с.
11. Шалин, А. И. О расчете показателей надёжности релейной защиты [Текст] / А. И. Шалин, А. С. Трофимов // Журнал НГТУ. — 2004. — С. 88–98.

12. Непомнящий В. А. Учет надежности при проектировании энергосистем. М.: Энергия, 1984
13. Засыпкин А. С. Остаточная индукция в ненагруженных силовых трансформаторов после отключения от сети. Электромеханика. 2007. №2 С.168-172
14. Гуревич, В. И. Микропроцессорные реле защиты: альтернативный взгляд // Электроинфо. – 2006. – №4. – С.40-46.
15. Колісник, М.О. Надійність програмних засобів мікропроцесорних пристроїв управління систем телекомунікації: навч. посібник/ М.Щ. Колісник, І.В Піскачова. – Харків: УкоДАЗТ, 2012. –167 с.
16. Шалин А.И. Надежность и диагностика релейной защиты энергосистем: Учебник. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2002. – 384 с.
17. Коновалова Е. В. Основные результаты эксплуатации устройств РЗА энергосистем Российской Федерации. – Релейная защита и автоматика энергосистем 2002. Сборник докладов XV Научно-технической конференции, Москва, 2002, с. 19 – 23
18. Гуревич В. И. Микропроцессорные реле защиты: новые перспективы или новые проблемы? – Новости электротехники, №6(36) 2015.
19. Heising C. R., Patterson R. C. Reliability Expectations for Protective Relays. Developments in Power Protection. Fourth International Conference in Power Protection, 11 – 13 Apr., 1989, Edinburgh, UK.
20. Нормативы штатов и структура для служб релейной защиты. – М. : ОРГРЭС, 1965. - 308 с.
21. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. М.: Наука, 1969, 576 с
22. ГОСТ 27.002-89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. М.: Издательство стандартов, 1991
23. ГОСТ 27.301-95. Надежность в технике. Расчет надежности. Основные положения. М. : ИПК Издательство стандартов, 2001

24. Heising C. R., Patterson R. C., Weintraub E. Y. Digital Relay Software Quality. — General Electric, GER-3660

25. Захаров О.Г. Надежность цифровых устройств релейной защиты. Показатели. Требования. Оценки. М.: Инфра-инженерия, 2014, 128 с.

26. Правила технического обслуживания релейной защиты, электроавтоматики, дистанционного управления и сигнализации электростанций и подстанций 110- 750 кВ: РД 153-34.0-35.617-2001.– М.: СПО ОРГРЭС, 2001.- 228 с

27. Норманира А. Меры по повышению надежности современных релейных защит / Норманира А., Танаюни М. // Денки Херон. – 1981. №6.

28. Петровича Й.М. Економіка виробничого підприємництва / Й. М. Петровича. - К.: Знання. – 2001.

29. Макаровська Т.П. Практикум з економіки підприємства / Т.П. Макаровська. – К.: Знання. – 2006.

30. Старик Д.Э. Как рассчитать эффективность инвестиций / Д.Э. Старик. - М.: АО"Финстатинформ". – 1996. – 92 с.

31. Шнеерсон Э.М. Эксплуатационная эффективность устройств релейной защиты: реальность и возможности. Энергоэксперт, №4-5, 2007, с. 70-77.

32. Кобилянський О.В. Методичні вказівки до виконання розділу "Охорона праці" в дипломних проектах і роботах студентів електротехнічних спеціальностей/ О.В. Кобилянський, О.П. Терещенко. – Вінниця: ВНТУ. – 2004. – 46 с.

33. Кобилянський О.В. Охорона праці в робочій професії: Навч посібник для студ. електротехн. спец. / О.В. Кобилянський. – Вінниця: ВДТУ. – 2001. – 127 с.

34. Алтунин А.Т. Формирования гражданской обороны в борьбе со стихийными бедствиями / А.Т. Алтунин. – М.: Стройиздат. – 1976. – 225 с.

35. Закон України "Про внесення змін до Кодексу України про

адміністративні правопорушення щодо встановлення відповідальності у сфері цивільної оборони та захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій" № 666-ІУ. — К., 2003.

36. Стеблюк М.Л. Цивільна оборона: Підручник / М.Л. Стеблюк. — К.: Знання. — 2004. — 490 с.

ДОДАТОК А**Технічне завдання МКР**

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ЕСС
д.т.н., професор Лежнюк П.Д.
(наук. ст., вч. зв., ініц. та прізви.)

(підпис)

« _____ » _____ 20__ р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на виконання магістерської кваліфікаційної роботи

**ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ ЛЕП 110 кВ З
ВИКОРИСТАННЯМ ТЕРМІНАЛУ REL 650
08-13.МКР.011.00.120 ТЗ**

Науковий керівник: к.т.н., ст. викл.
каф. ЕСС

_____ Рубаненко О.Є.
(підпис)

Магістр групи ЕС-18м

_____ Романов П.О.
(підпис)

Вінниця 2019 р.

1. Підстава для виконання магістерської кваліфікаційної роботи (МКР)

а) актуальність досліджень обумовлена тим, що в останній час кількість аварій в розподільних електричних мережах зростає. Це обумовлено зокрема тим, що експлуатується застаріле обладнання, в тому числі і застарілі пристрої релейного захисту та автоматики. Як свідчить аналіз вітчизнаної літератури, в розподільних мережах мають місце подвійні замикання, при яких РЗА не завжди спрацьовує вірно, або взагалі не спрацьовує. Тому, актуальною задачею, є дослідження процесів, що відбуваються при діях одночасних коротких замиканнях, з метою визначення параметрів режиму, для подвільшого їх врахування при виборі на налаштуванні пристроїв РЗА.

б) наказ ректора ВНТУ № 254 від 2 жовтня 2019 р. про затвердження теми магістерської кваліфікаційної роботи.

2. Мета і призначення МКР

Мета МКР полягає у дослідженні методів розрахунку струмів та напруг при двох одночасних коротких замиканнях.

МКР призначена для:

- аналізу вітчизняних та іноземних джерел в питанні причин пошкодження обладнання електричних мереж 10-110 кВ;
- дослідження процесів в електричних мережах 10-110 кВ під час подвійних замкнень;
- аналізу методу симетричних складових для визначання струмів і напруг при двох одночасних КЗ;
- розрахунку параметрів режиму при подвійному замиканні;
- розрахуноку кошторисної вартості встановлення мікропроцесорного релейного захисту на ПС 10/110 кВ;
- дослідження заходів з безпечної експлуатації пристроїв релейного захисту та забезпечення безпеки в надзвичайних ситуаціях.

3. Вихідні дані для виконання МКР

Виконати розрахунок параметрів, а саме струмів та напруг при металевому замиканні на землю в мережі 110 кВ з великим струмом

замикання на землю, при металевому замиканні на землю при незаземлених нейтралях всіх трансформаторів та при металевому замиканні на землю на лінії з двостороннім живленням при незаземлених нейтралях всіх трансформаторів з використанням метод симетричних складових.

Список використаних джерел розробки:

1. Яндульський О.С. Релейний захист. Цифрові пристрої релейного захисту автоматики та управління електроенергетичних: навч. посіб. / О. С. Яндульський – К.: НТУУ “КПІ”, 2016. – 102 с.;

2. Кідиба, В. П. Релейний захист електроенергетичних систем: навч. посіб. / В. П. Кідиба. – Львів: Вид-во Львів. політехніки, 2015. – 504 с.;

3. Чернин А.Б., Основы вычисления электрических величин для релейной защиты при сложных повреждениях в электрических системах / А.Б. Чернин, С. Б. Лосев. – 1970. – 437 с.;

4. Ананичева С. С., Мызин А.Л., Методы анализа и расчета замкнутых электрических сетей: Учебное пособие / С. С. Ананичева, А.Л. Мызин. 4-е изд., исправл. Екатеринбург: УрФУ, 2012. 94 с.

5. Яндульський О. С. Релейний захист. Цифрові пристрої релейного захисту, автоматики та управління електроенергетичних систем: навч. посіб. / О. С. Яндульський, О. О. Дмитренко. – К. : НТУУ«КПІ», 2016. – 102 с.

6. Главацкий В. Г. Современные средства релейной защиты и автоматики электрических сетей / В. Г. Главацкий, И. В. Пономарев. – М. : ЕМУ СЭ «Энергомашвин», 2004. –147 с.

4. Вимоги до виконання МКР

Вимоги до виконання викладені у відповідних нормативних матеріалах з використанням основних законів електротехніки і методів розрахунку струмів короткого замикання .

5. Економічні показники

Провести кошторисний розрахунок вартості встановлення мікропроцесорного релейного захисту на ПС 10/110 кВ .

6. Етапи МКР та очікувані результати

№ етапу	Назва етапу	Термін виконання		Очікувані результати
		початок	кінець	
1	Розроблення технічного завдання	02.09.19	06.09.19	формування технічного завдання
2	Аналіз причин пошкодження обладнання електричних мереж 10-110 кВ	09.09.19	13.09.19	аналітичний огляд літературних джерел, задачі досліджень, розділ 1 ПЗ
3	Дослідження процесів в електричних мережах 10-110 кВ під час подвійних замкнень	16.09.19	27.09.19	розділ 2
4	Аналіз методу симетричних складових для визначання струмів і напруг при двох одночасних КЗ	30.09.19	11.10.19	розділ 3
5	Розрахунок параметрів режиму при подвійному замиканні	15.10.19	25.10.19	розділ 4
6	Економічні розрахунки	28.10.19	15.11.19	розділ 5
7	Розроблення заходів безпеки життєдіяльності та цивільного захисту	18.11.19	29.11.19	розділ 6
10	Оформлення пояснювальної записки та презентації	02.12.19	06.12.19	презентація

7. Матеріали, що подаються до захисту МКР

Пояснювальна записка МКР, ілюстративні матеріали, відгук наукового керівника, відгук рецензента, протоколи складання державних іспитів, анотації до МКР українською та іноземною мовами.

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 кваліфікаційну роботу у Вінницькому національному технічному університеті (БДР (БД), ДП (ДР), МКР)», 2015р.

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

Відсутні.

ДОДАТОК Б**Графічний матеріал**