

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА»**

П.В. Махлін, С.Ю. Костенко, О.П. Кузьменко

**ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ПРИСТРОЇ
РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ ТА
АВТОМАТИКИ**

Навчальний посібник

Запоріжжя • НУ «Запорізька політехніка» • 2020

УДК 621.316.925(075.8)

М36

*Рекомендовано до друку вченою радою
Запорізького національного технічного університету
(протокол № 3/20 від 19.10.2020)*

Рецензенти:

О.Л. Резінкін – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри у НТУ «Харківський політехнічний інститут»;

М.Ф. Сопель – заступник директора – головний інженер МПП «АНІГЕР», доктор технічних наук, Лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки;

П.Д. Андрієнко – доктор технічних наук, професор, завідувач завідувач кафедри у НУ «Запорізька політехніка».

М36 **Махлін П.В.**

Інтелектуальні пристрої релейного захисту та автоматики: навч. посібник / Махлін П.В., Костенко С.Ю., Кузьменко О.П. – Запоріжжя : НУ «Запорізька політехніка», 2020. – 256 с.

ISBN 978-617-529-287-7

У навчальному посібнику приведений опис, функціональні можливості та технічні характеристики електронних багатофункціональних пристроїв релейного захисту та автоматики провідних відчизнянних та зарубіжних фірм. Даний навчальний посібник призначений для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» з дисципліни «Релейний захист та автоматика в системах електропостачання» як доповнення до навчальної літератури.

УДК 621.316.925(075.8)

ISBN 978-617-529-287-7

© Національний університет
«Запорізька політехніка», 2020

© Махлін П.В., 2020

© Костенко С.Ю., 2020

© Кузьменко О.П., 2020

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ПРИСТРОЇ РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ ТА АВТОМАТИКИ ФІРМИ «SIEMENS AG».....	9
1.1 Призначення та функціональні можливості	9
1.2 Диференційний захист ЛЕП	16
1.3 Диференційний захист трансформатору	17
1.4 Диференційний захист ошиновки.....	19
1.5 Диференційний захист від замикань на землю	21
1.6 Максимальний струмовий захист від міжфазних КЗ	22
1.7 Максимальний струмовий захист нульової послідовності.....	24
1.8 Фазний максимальний струмовий спрямований захист	26
1.9 Максимальний струмовий захист однофазний.....	28
1.10 Спрямований захист зворотної послідовності.....	30
1.11 Максимальний струмовий захист з комбінованим пуском по струму та напрузі	31
1.12 Захист від зниження струму	32
1.13 Неспрямований захист від замикань на землю через переміжну дугу	33
1.14 Струмовий спрямований захист нульової послідовності	33
1.15 Спрямований захист від замикань на землю через переміжну дугу	36
1.16 Дистанційний захист з реактивним опором	38
1.17 Дистанційний захист з класичним методом	39
1.18 Захист по повному опорі.....	44
1.19 Блокування при хитаннях потужності.....	46
1.20 Телеприскорення захисту від замикань на землю	47
1.21 Чутливе визначення пошкоджень – замикань на землю.....	48
1.22 Захист від підвищення трифазної напруги.....	50
1.23 Захист від підвищення напруги прямої послідовності	50
1.24 Захист від підвищення напруги зворотної послідовності.....	51
1.25 Захист від підвищення напруги прямої послідовності з компануванням	51
1.26 Захист від підвищення напруги нульової послідовності	52
1.27 Захист від підвищення напруги по любому значенню	53

1.28	Захист від зниження трифазної напруги	54
1.29	Захист від зниження напруги прямої послідовності	55
1.30	Захист від зниження напруги по любому значенню	56
1.31	Захист від підвищення частоти	57
1.32	Захист від зниження частоти	58
1.33	Захист по швидкості зміни частоти	59
1.34	Контроль чергування фаз.....	60
1.35	Телеприскорення дистанційного захисту.....	61
1.36	Пристрій резервування відмови вимикача.....	62
1.37	Автоматичне повторне включення	63
1.38	Миттєве відключення при максимальних струмах	65
1.39	Групові повідомлення від функції максимального струмового захисту.....	67
1.40	Визначення місця пошкодження.....	67
1.41	Відправка луна-сигналу та відключення лінії зі слабим джерелом живлення.....	68
1.42	Відключення при відсутності або недостатнього підживлення у відповідності з французькою специфікацією.....	69
1.43	Зовнішнє відключення трифазне.....	69
1.44	Миттєве відключення при включенні на пошкодження	70
1.45	Захист від теплового перевантаження	70
1.46	Однофазний захист від теплового перевантаження	71
1.47	Контроль температури	72
1.48	Захист від повторного запалювання дуги	72
1.49	Захист від асинхронного ходу	74
1.50	Функціональний блок виявлення кидка струму намагнічування	75
1.51	Загальний захист по потужності трифазний	76
1.52	Захист по реактивній потужності з контролем по зниженню напруги.....	77
1.53	Виявлення кидка струму.....	78
1.54	Виявлення стрибка напруги.....	79
1.55	Дуговий захист.....	79
1.56	Вибір точки вимірювання напруги	80
1.57	Захист від несиметричного навантаження	80
1.58	Захист від перенапруження з використанням напруги зворотної послідовності або остаточної напруги.....	81
1.59	Захист від перезбудження.....	82

1.60 Диференційний захист електродвигуна	83
1.61 Контроль часу пуску електродвигуна.....	85
1.62 Заборона перезапущу електродвигуна.....	86
1.63 Захист від теплового перевантаження ротору	87
1.64 Захист від блокування ротору	88
1.65 Пристрій резервування відмови вимикача для системи збірних шин.....	88
1.66 Захист збірних від пошкодження у «мертвій» зоні	89
1.67 Зовнішнє відключення секції збірних шин (пряме)	90
1.68 Зовнішнє відключення секції збірних шин (із комірки)	91
1.69 Розрахунок гарячих точок	92
1.70 Питання для самоперевірки.....	93
2. ІНТЕЛЕКТАЛЬНІ ЕЛЕКТРОНІ ПРИСТРОЇ КОРПОРАЦІЇ «ASEA DROWN BOVERI LTD»	95
2.1 Пристрій захисту та автоматики силового трансформатора RET670.....	95
2.2 Пристрій захисту та автоматики системи шин REB 670	143
2.3 Інтелектуальний пристрій диференційного захисту ліній електропередач RED670	157
2.4 Інтелектуальний пристрій дистанційного захисту ліній електропередач REL670.....	185
2.5 Питання для самоперевірки.....	199
3 ТЕРМІНАЛ РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ ТА АВТОМАТИКИ СЕРІЇ L60 ФІРМИ «GENERAL ELECTRIC»	201
3.1 Призначення та основні функції терміналу серії L-60.....	201
3.2 Логіка внутрішньої конфігурації терміналу.	204
3.3 Особливості використання терміналу серії L-60.....	207
3.4 Диференційно-фазний захист ДФЗ(87РС) L-60 (Н, К1, К, В).	211
3.5 Дистанційний захист	222
3.6 Перевірка струмового захисту нульової послідовності NEUTRAL ІОС (ТОС).....	229
3.7 Перевірка максимального струмового захисту	234
3.8 Перевірка функції автоматичного повторного включення ..	236
3.9 Питання для самоперевірки.....	240
4 ПРИЛАДОВИЙ МОДУЛЬ РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ ТА АВТОМАТИКИ «ДІАМАНТ» НПП «ХАРТРОН ІНКОР, ЛТД»	241

4.1 Призначення та функціональні можливості пристрою «Діамант»	241
4.2 Приладові модулі релейного захисту та автоматики «Діамант» та їх модифікація.....	243
4.3 Основні технічні дані та характеристики	246
4.4 Структурна схема ПМ «Діамант»	250
4.5 Питання для самоперевірки.....	251
Перелік посилань.....	253

ВСТУП

Системи релейного захисту та автоматики (РЗА) це комплект автоматичних пристроїв, що реагують на зміну параметрів, які характеризують роботу елементів електричної мережі та енергосистеми в цілому. Для захисту елементів електричних мереж застосовуються реле на різних елементних базах: реле з контактами – електромеханічні і безконтактні - на напівпровідниковій і мікроелектронній елементній базі та на мікропроцесорах. В даний час широко застосовуються електроні багатофункціональні інтелектуальні пристрої, у склад яких входять функції керування системою електропостачання. Однією з основних функцій електронних інтелектуальних пристроїв є релейний захист та автоматика елементів електричних мереж. Провідні електротехнічні фірми такі як SIEMENS, ABB, GE, ALSTOM, Хартрон-Інкор [1 - 13] та інші, розробили та впровадили у виробництво такі пристрої. Вхідними даними для роботи таких пристроїв є електричні величини, які повинні бути перетворені у такий вигляд, який дозволить їх використовувати для вимірювальних елементів РЗА, тобто їх значення повинні бути знижені та гальванічно розв'язані з високовольтними мережами. Цю функцію виконують первинні вимірювальні перетворювачі струму та напруги – трансформатори струму (ТС) та напруги (ТН).

Релейний захист на мікропроцесорній елементній базі це мікро ЕОМ, яка перетворює електричні величини в цифровий код, а потім проводить обчислювальні та логічні операції. Їх основними складовими є програмне та апаратне забезпечення. В результаті обчислювальних та логічних операцій виробляється рішення, яке реалізується іншими системами – комутаційними апаратами, системами регулювання та керування, а також подача інформації оперативному персоналу про аварійні ситуації та ненормальні режими роботи енергосистеми.

В даний час існує велика кількість навчальної літератури по мікропроцесорним системам РЗА, які дають підготовку студентам енергетичних спеціальностей високого рівня, як по принципам релейного захисту та автоматики так і безпосередньо по мікропроцесорним системам [14– 23] та багато інших. Даний

навчальний посібник заснований на експлуатаційній документації та призначений для ознайомлення та вивчення студентами енергетичних спеціальностей електронних багатофункціональних інтелектуальних пристроїв у частині релейного захисту та автоматики передових електротехнічних фірм - SIEMENS, ABB, GE, Хартрон-Інкор. Для пристрою L-60 фірми GE приведена методика налаштування та перевірки релейного захисту та автоматики. Цей посібник допоможе студентам впроваджувати в курсові та дипломні проекти системи РЗА на мікропроцесорній базі, а також підготувати їх до практичної роботи як молодих спеціалістів на виробництві.

1 ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ПРИСТРОЇ РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ ТА АВТОМАТИКИ ФІРМИ «SIEMENS AG»

1.1 Призначення та функціональні можливості

Пристрої SIPROTEC 5 (рис. 1.1) встановлюються в комірці розподільчих пристроїв низької та високої напруги. Модульна конструкція забезпечує узгодженість та цілісність всіх функціональних можливостей. Найбільш важливі характеристики таких пристроїв [1 - 7]:

- модульна структура апаратного та програмного забезпечення і комунікацій;

- об'єднання різних функцій – керування, захист та реєстрація пошкоджень;

- однотипність модулів обміну даними для всіх пристроїв SIPROTEC 5;

- інноваційна технологія, що забезпечує легкість зборки терміналу, взаємну заміну модулів;

- однакові функції можуть бути сконфігуровані окремо для всіх пристроїв SIPROTEC 5;

- можливість виконання відновлення функцій;

- відкрита архітектура для інтеграції в систему ІТ та додавання нових функцій;

- багаторівневий механізм безпеки у всіх ланках;

- процедури самодіагностики для пошуку та відображення несправностей пристрою;

- автоматична реєстрація спроб доступу та небезпечних операцій з пристроєм і системою.

Цифрові багатофункціональні пристрої захисту та керування серії SIPROTEC 5 обладнані потужним мікропроцесором. Всі задачі від вимірювань до видачі команд на керування вимикачем здійснюються цифровим способом.

На вимірювальні входи поступають сигнали з ТС та ТН, адаптуються для внутрішньої обробки пристроєм SIPROTEC 5.

Всі функції пристрою SIPROTEC 5 обробляються мікропроцесорною системою. При цьому виконуються наступні операції:



Рисунок 1.1 Пристрій SIPROTEC 5

фільтрація та підготовка величин, що вимірюються до обробки;

постійний контроль величин, що вимірюються;

контроль умов спрацьовування для кожної функції захисту;

опитування порогових величин та узгодження відміток часу;

обробка сигналів для функцій логічного керування;

видача рішень по командам на відключення та включення вимикача;

зберігання повідомлень про пошкодження в електричних мережах та електричних величин, що були при аварійних режимах;

керування операційною системою та її функціями такими як зберігання даних, годинник реального часу, обмін даними, інтерфейси та інші;

обмін даними зі зовнішніми пристроями.

Через дискретні входи пристрій SIPROTEC 5 отримує інформацію від системи або інших пристроїв – команди для комутаційних апаратів, сигнали про нові події та зміни про стан в енергосистемах.

У пристроях з вбудованою або знімальною панеллю оператора подається інформація про функціонування пристрою, дані про стан пристрою, а також дані про результати вимірювань на рідінокристалічний дисплей (РДК), або за допомогою світлодіодів. Вбудована клавіатура та РДК забезпечує можливість керування пристроєм та обладнанням системи.

Послідовний інтерфейс на передній панелі пристрою забезпечує локальний зв'язок з персональним комп'ютером з програмою керування DIGSI, за допомогою якої можна налагоджувати всі функції пристрою. Додаткові інтерфейси на задній панелі дозволяють реалізовувати обмін даними за допомогою різних протоколів зв'язку.

Пристрій має логіку, що вільно програмується та дозволяє створити будь-яку конфігурацію взаємодії його функцій.

Живлення функціональних блоків здійснюється від внутрішнього джерела. При короткочасному перериванню живлення, що може бути при аваріях в енергосистемі, пристрій зберігає працездатність.

В даному розділі у пристроїв сімейства SIPROTEC 5 розглянуті тільки функції релейного захисту та автоматики наступних інтелектуальних пристроїв:

1. Пристрій керування приєднанням високої напруги 6MD85/86;
2. Диференційний захист, дистанційний захист та максимальний; струмовий захист для трифазного відключення 7SA82, 7SD82, 7SL82, 7SA84, 7SD84, 7SA86, 7SD86, 7SL86, 7SJ86;
3. Диференційний захист, дистанційний захист для однофазного та трифазного відключення 7SA87, 7SD87, 7SL87, 7VK87;

4. Максимальний струмовий захист 7SJ82/7SJ85;
5. Захист електродвигуна 7SK82, 7SK85;
6. Пристрій для захисту збірних шин 7SS85;
7. Диференційний захист трансформатору 7UT82, 7UT85, 7UT86, 7UT87.

Перелік функцій релейного захисту та автоматики пристроїв сімейства SIPROTEC 5 [1 -7] наведений у таблиці 7.1

Таблиця 1.1 - Перелік функцій релейного захисту та автоматики

№ п/п	Найменування функцій РЗ та А	1	2	3	4	5	6	7
1	Диференційний захист ЛЕП		+	+				+
2	Диференційний захист шин		+	+			+	+
3	Диференційний захист від замикань на землю		+	+	+	+		+
4	Дистанційний захист з реактивним опором (RMD)		+	+				
5	Дистанційний захист з класичним методом		+	+				
6	Захист по повному опору		+	+				
7	Блокування при хитаннях у енергосистемах		+	+				+
8	Телеприскорення дистанційного захисту			+				
9	Захист від замикань на землю в мережах з заземленою через дугогасний ректор нейтраллю		+	+				
10	Схема телеприскорення захисту від замикань на землю		+	+				
11	Відправка луна-сигналу та відключення при слабому підживленні		+	+				
12	Відключення при відсутності або недостатнього підживлення у відповідності французькою специфікацією		+	+				
	Зовнішнє відключення трифазне	+	+	+	+	+		+
14	Автоматичне повторне включення	+	+	+	+	+		

Продовження таблиці 1.1

15	Максимальний струмовий захист від міжфазних КЗ	+	+	+		+	+	+
16	Максимальний струмовий захист нульової послідовності	+	+	+	+	+	+	+
17	Фазний максимальний струмовий спрямований захист		+	+	+	+		+
18	Миттєве відключення при максимальних струмах	+	+	+	+	+		+
19	Групові повідомлення від функції максимального струмового захисту	+	+	+	+	+		
20	Максимальний струмовий захист однофазний	+	+	+	+	+		+
21	Максимальний струмовий захист з комбінованим пуском по струму та напрузі		+	+	+	+		+
22	Чутливе визначення пошкоджень – замикань на землю		+	+	+	+		+
23	Неспрямований захист від замикань на землю через переміжну дугу		+	+	+	+		
24	Спрямований захист зворотної послідовності		+	+	+	+		
25	Захист від зниження струму		+	+	+	+		+
26	Захист від підвищення трифазної напруги	+	+	+		+	+	+
27	Захист від підвищення напруги прямої послідовності	+	+	+	+	+	+	+
28	Захист від підвищення напруги зворотної послідовності	+	+	+	+	+	+	+
29	Захист від підвищення напруги прямої послідовності з комнаундуванням		+	+				
30	Захист від підвищення напруги нульової послідовності		+	+		+	+	+
31	Захист від підвищення напруги по любому значенню	+	+	+	+	+	+	+
32	Захист від зниження напруги для трифазної підведеної напруги		+	+	+	+	+	+

Продовження таблиці 1.1

33	Захист від зниження напруги прямої послідовності		+	+	+	+	+	+
34	Захист від зниження напруги по любому значенню	+	+	+	+	+	+	+
35	Визначення місця пошкодження		+	+	+	+		+
36	Захист від підвищення частоти	+	+	+	+	+	+	+
37	Захист від зниження частоти	+	+	+	+	+	+	+
38	Захист від швидкості зміни частоти	+	+	+	+	+	+	+
39	Захист від зворотного обертання фаз	+	+	+				+
40	Миттєве відключення при включені на пошкодження	+	+	+	+	+		+
41	Захист від теплового перевантаження	+	+	+	+	+		+
42	Однофазний захист від теплового перевантаження	+	+	+				+
43	Контроль температури	+	+	+	+	+	+	+
44	Пристрій резервування відмови вимикача	+	+	+	+	+	+	+
45	Захист вимикача від повторного запалювання дуги		+		+	+		+
46	Захист від асинхронного ходу		+	+				
47	Виявлення кидка струму намагнічування	+	+	+	+	+		+
48	Загальний трифазний захист по потужності	+	+	+	+	+		+
49	Захист по реактивній потужності з контролем по зниженню напруги		+	+	+	+		
50	Виявлення кидка струму		+	+	+	+		
51	Виявлення стрибка напруги		+	+	+	+	+	
52	Дуговий захист	+	+	+	+	+		+
53	Вибір точки вимірювання напруги		+	+	+	+		+
54	Струмовий захист зворотної послідовності	+			+	+		+
55	Струмовий спрямований захист нульової послідовності				+	+		+
56	Спрямований захист від замикань на землю через переміжну дугу				+	+		+

Продовження таблиці 1.1

57	Захист від несиметричного навантаження				+	+		+
58	Захист від перенапруги з використанням напруги зворотної послідовності або остаточної напруги				+			
59	Захист від перезбудження				+	+		+
60	Диференційний захист електродвигуна					+		+
61	Контроль часу пуску електродвигуна					+		
62	Заборона перезапуску електродвигуна					+		
63	Захист від теплового перевантаження ротору					+		
64	Захист від блокування ротору					+		
65	Пристрій резервування відмови вимикача для системи збірних шин						+	
66	Захист збірних від пошкодження у «мертвій» зоні						+	
67	Зовнішнє відключення секції збірних шин (пряме)						+	
68	Зовнішнє відключення секції збірних шин (із комірки)						+	
69	Диференційний захист трансформатору							+
70	Розрахунок гарячих точок							+

1.2 Диференційний захист ЛЕП

Функція «Диференційний захист ЛЕП» (ANSI 87L): селективний захист від КЗ для повітряних та кабельних ЛЕП, збірних шин, радіальних, кільцевих мережах та складних мереж з одностороннім або багатостороннім живленням;

забезпечує відключення без витримки часу ЛЕП з усіх боків (якщо ЛЕП з відгалуженнями, то відключення проводиться з шести боків).

Диференційний захист ЛЕП заснований на порівнянні струмів, а для цього на кожному боці ЛЕП з відгалуженнями повинен бути встановлений пристрій захисту. Функція також застосовується для захисту блоку лінія-трансформатор. Виміряні дані передаються по каналам зв'язку в цифровому вигляді, тому пристрої мають інтерфейс обміну даними. Для синхронізації даних, що вимірюються, один пристрій захисту є провідний за часом, а останні пристрої маркуються міткою часу та синхронізуються з ним по передачі даних з точністю до 5 мкс.

Для компенсації струмів небалансу диференційного захисту, який має місце з багатьох факторів, в тому числі із-за похибок ТС, використовується метод корегованої самостабілізації. Для того щоб врахувати похибки ТС в кожному пристрою захисту розраховуються можливі похибки ТС та вводиться корекція. Інші похибки, що обумовлені точністю роботи апаратного забезпечення, точністю обчислення, відхиленнями по часу, а також якістю величин, що вимірюються (наявність вищих гармонік, відхилення частоти та інше) враховуються пристроями при самостабілізації. Таким чином досягається висока чутливість диференційного захисту.

Диференційний захист має два ступені:

ступінь $I_{\text{диф}}$ працює з дуже високою точністю вимірювань та при цьому досягається дуже велика чутливість;

ступінь $I_{\text{диф швид}}$ працює паралельно із ступенем $I_{\text{диф}}$, а його швидкодійний алгоритм дозволяє миттєво видати команду на відключення.

Якщо в зону захисту входить трансформатор то необхідно враховувати кидок струму намагнічування, а це може збільшити

уставку спрацьовування захисту та введення гальмування. Хибна дія захисту може виявлятися функцією виявлення кидка струму намагнічування та блокуванням захисту.

При виборі уставок спрацьовування диференційного захисту необхідно враховувати можливий вплив ємнісних струмів. Для компенсації їх впливу вводиться функціональний блок «Компенсація зарядних струмів». В результаті забезпечується висока чутливість захисту.

При включені під напругу не завантажених ліній, що заземлені через дугогасний реактор, можливо будуть виникати високочастотні коливання. Для запобігання хибної роботи лінії задається уставка «порогове значення при включені на КЗ».

При виборі уставки спрацьовування ступеню $I_{\text{диф швид}}$ (диференційної струмової відсічки) припускається, що на протязі одного інтервалу інтегрування (5мс) магнітна система ТС не насичується. Якщо на іншому боці ЛЕП струм не перевищує значення 2.5 уставки пуску диференційного захисту то приймається рішення: пошкодження відбулось поза зоною захисту та ступінь блокується. Для запобігання хибної дії ступеню $I_{\text{диф швид}}$ при включені ЛЕП значення спрацьовування ступеню на період 1,5мс автоматично збільшується в 2 - 3 рази. Якщо захист використовується в мережах з ізольованою або включеною через дугогасний реактор нейтралю рекомендується затримка дії захисту (по умовчанням 0,04с).

Диференційний захист ЛЕП має два види тестів функціональної перевірки:

перевірка диференційного захисту ЛЕП на локальному пристрої;

перевірка диференційного захисту ЛЕП на всіх пристроях.

1.3 Диференційний захист трансформатору

Функція «Диференційний захист трансформатору» (ANSI 87T):

забезпечує захист від багатофазних КЗ та замикань на землю трансформаторів, автотрансформаторів, реакторів, коротких ЛЕП, генераторів та електродвигунів;

забезпечує захист блоків генератор-трансформатор, трансформатор-реактор, трансформатор-реактор у нейтралі;

має можливість відбудови від кидків струму намагнічування та режиму перенасичення;

відбудовано від зовнішніх пошкоджень, що супроводжуються насиченням ТС, завдяки використанню спеціальних алгоритмів виявлення насичення ТС;

надійно спрацьовує при внутрішніх пошкодженнях трансформатору, що супроводжуються великими аварійними струмами завдяки додатковому швидкодіючому ступеню – диференційної струмової відсічки.

Функція «Диференційний захист трансформатору» (87 ДЗТ) складається з двох ступенів $I_{\text{диф}}$ та $I_{\text{диф швид}}$. У функціональній групі «Сторона трансформатору» виконуються наступні дії:

виставляються уставки спрацьовування у відповідному боці трансформатору;

виконуються необхідні обчислення для відповідного боку трансформатору;

вся інформація (уставки спрацьовування, виміряні струми) передаються у функціональну групу «Диференційний захист трансформатору»;

переключення груп уставок, що відповідає поточному режиму роботи.

Для попередження хибної роботи функції при великих значеннях струмів зовнішнього КЗ, та можливих насиченнях при цьому ТС, вводиться гальмування дії захисту. Струм гальмування $I_{\text{гальм}}$ визначає форму пускової характеристики $I_{\text{диф}} = \square(I_{\text{гальм}})$. У якості гальмівного струму використовується найбільше значення, що отримане при проведенні вимірювань, або розрахунків. При цьому розглядаються наступні варіанти розвитку подій:

наскрізні струми зовнішнього КЗ великого значення, що викликають насичення ТС;

наскрізні струми зовнішнього КЗ невеликого значення, але які мають аперіодичну складову, що повільно затухає але також викликає насичення ТС. За допомогою спеціальних алгоритмів, що виявляють насичення ТС, тимчасово блокують роботу диференційного захисту у розглянутих вище режимах. Крім того, за допомогою спеціальних функцій диференційний

захист тимчасово блокується при кидках струму намагнічування, що виникають при включенні трансформаторів під напругу.

Корекція величин, що вимірюються для диференційного захисту:

1. Корекція абсолютного значення. В зв'язку з тим, що у загальному випадку неможливо підібрати співвідношення коефіцієнтів ТС, що відповідає коефіцієнту трансформатора проводиться перетворення миттєвих значень вторинних струмів ТС на кожному інтервалі дискретизації.
2. Вводяться коректуючі коефіцієнти для розрахунку вторинних струмів ТС при кожному положенні РПН трансформатора.
3. Корекція векторних груп при різних схемах з'єднання обмоток трансформатора.

Крім того у функції враховується струм, що може протікати через заземлену нейтраль трансформатора при зовнішніх однофазних КЗ на землю (у мережах із заземленою нейтраллю).

Особливістю диференційного захисту автотрансформаторів є те, що значення струмів приводяться до обмотки, що має найбільшу номінальну потужність. Для повного врахування струмів у зоні, що захищається, необхідно враховувати також гальмівний струм нульової послідовності. Для захисту автотрансформаторів використовується корегувальна матриця для компенсації струмів нульової послідовності.

При кожному запуску захисту реєструється пошкодження. При цьому складається протокол реєстрації пошкоджень та проводиться запис аварійних струмів та напруги. Для проведення реєстрації подій при зовнішніх КЗ активується функція осцилографування при блокуванні захисту. При цьому є можливість аналізувати роботу ТС при зовнішніх КЗ.

1.4 Диференційний захист шин

Функція «Диференційний захист шин» (ANCI 87STUB): селективний двоступінчатий захист ошиновки, що відділяється від ЛЕП шляхом відключення лінійного роз'єднувача та застосовується для схем «3/2»;

виявляє пошкодження на ділянці між ТС та лінійним роз'єднувачем;

пофазний захист, що реалізує функцію миттєвого трифазного відключення.

Диференційний захист ошиновки має два ступені:

ступінь диференційного захисту працює з дуже високою точністю вимірювань та при цьому досягається велика чутливість;

ступінь швидкодіючого диференційного захисту працює паралельно зі ступенем диференційного захисту, а його швидкодіючий алгоритм дозволяє миттєво видати команду на відключення.

Захист вводиться в роботу при отримуванні дискретного сигналу. Вихідними сигналами ступенів є сигнали їх пуску та відключення, що направляються в логічні блоки пуску та відключення.

Принцип дії диференційного захисту ошиновки заснований на порівнянні струмів ТС, що встановлені на приєднаннях до ошиновки. При цьому сума струмів всіх приєднань дорівнює нулю при непошкодженій ошиновці. Для відбудови від похибок ТС у диференційному захисті ошиновки застосовується спеціальний метод адаптованого гальмування, значення якого ($I_{\text{гальм}}$ – гальмівний струм) обчислюється виходячи із можливих похибок вимірювання. Крім похибок ТС можуть мати місце похибки, що обумовлені точністю роботи апаратного забезпечення та точністю розрахунків, що проводяться, а також наявністю вищих гармонік у струмі та відхилення частоти.

Параметр «порогове значення» ступеню диференційного захисту – 0,3 А. Затримка спрацьовування вводиться тільки при необхідності, наприклад, при використанні зворотного блокування.

При виборі уставки спрацьовування ступеню швидкодіючого диференційного захисту (диференційної струмової відсічки) припускається, на протязі одного інтервалу інтегрування (5мс) магнітна система ТС не насичується. Якщо на іншому боці ЛЕП струм не перевищує значення 2.5 уставки пуску диференційного захисту то приймається рішення пошкодження відбулось поза зоною захисту і ступінь блокується.

Параметр «порогове значення» ступеню швидкодіючого диференційного захисту – 1,0 А. Ступінь швидкодіючого диференційного захисту повинен бути відбудована від ємнісних струмів та струмів намагнічування трансформаторів та ректорів при проведенні комутаційних операцій при максимальному струмі навантаження – від $1,2 I_{ном}$ до $2 I_{ном}$.

1.5 Диференційний захист від замикань на землю

Функція «Диференційний захист від замикань на землю» (ANSI 87N):

реагує на замикання на землю у трансформаторах, шунтуючих та заземлюючих реакторах, у електричних машинах, що обертаються та працюють в режимах з заземленою нейтралю;

має високу чутливість при замиканнях на землю поблизу нейтралі;

разом з повздовжнім диференційним захистом є основним захистом;

підключається до ТС, що встановлені на фазі трансформатора та в нейтралі;

при використанні для автотрансформаторів включається з боку з найбільшим струмом та не реагує на зовнішні КЗ на землю.

Функція диференційний захист від замикань на землю
одноступінчаста.

Функція отримує струм, що протікає в нейтралі, а також розраховує струм нульової послідовності як суму фазних струмів. При замиканні на землю в зоні захисту струм нульової послідовності протікає до місця пошкодження, а при зовнішньому КЗ на землю струм в ТС, що встановлений у фазі, буде мати інший напрямок, тому критерієм внутрішнього пошкодження є напрямок струму.

Пуск захисту здійснюється якщо значення диференційний струм перевищує значення, що отримане по гальмовій характеристиці.

Функцію захисту від багатозазних КЗ на землю можна вибрати за допомогою параметру «Нахил». Для визначення уставки спрацьовування рекомендується приймати гальмівний струм таким чином щоб при протіканні номінальних струмів по всіх фазах не було спрацьовування.

Рекомендоване порогове значення $0,2 I_{ном}$; параметр «Нахил» - 0,07.

1.6 Максимальний струмовий захист від міжфазних КЗ

Функція «Максимальний струмовий захист (МСЗ) від міжфазних КЗ» виявляє пошкодження та може застосовуватися як основний так і резервний захист. МСЗ має два типи функцій:

МСЗ від міжфазних КЗ – розширена функціональність (50/51 ОС-3Ф-А);

МСЗ від міжфазних КЗ – базова функціональність (50/51 ОС-3Ф-В).

МСЗ від міжфазних КЗ з розширеною функціональністю підтримує одночасно роботу наступних ступенів:

максимум чотири ступені МСЗ з незалежною характеристикою витримки часу з розширеною функціональністю;

два ступені МСЗ з інверсійною характеристикою витримки часу з розширеною функціональністю;

два ступені МСЗ з характеристикою витримки часу, що визначається користувачем.

МСЗ від міжфазних КЗ – базова функціональність підтримує одночасно роботу наступних ступенів:

максимум чотири ступені МСЗ з незалежною характеристикою витримки часу з базовою функціональністю;

один ступінь МСЗ з інверсійною характеристикою витримки часу з базовою функціональністю.

На параметри спрацьовування ступенів можуть впливати функція АПВ та дискретні вхідні сигнали. Робота ступенів може бути заблокована функцією «Виявлення кидка струму намагнічування».

Ступінь з незалежною характеристикою витримки часу

Параметр «Метод вимірювання» визначає сигнал, що поступає на функцію МСЗ:

основна гармоніка струму;
ефективне значення струму.

Якщо струм перевищує порогове значення, то генерується сигнал – затримка пуску. Якщо значення величини, що вимірюється менше уставки повернення то, при необхідності повернення можна затримати та виконати з заданою витримкою часу.

Блокування ступенів, що запустилися, до повного скидання проводиться сигналом на дискретному вході «блокування ступеню» від зовнішнього або внутрішнього джерела та від сигналу від блоку «динамічних уставок».

Для того щоб, при необхідності, затримати сигнал на відключення використовується на дискретному вході «Блок затримки спрацьовування». Поточна витримка часу скидається. Видається повідомлення про пуск та запис даних про пошкодження в журналі і осцилограма процесу.

Ступінь з інверсійною характеристикою витримки часу

Якщо значення сигналу на вході перевищує порогове значення в 1.1 разів то час спрацьовування визначається по інверсійній характеристиці. Коли виміряне значення становиться в 1.045 раз менше значення пуску виконується повернення функції. За допомогою параметра «Додаткова затримка часу» визначається додатковий час до часу спрацьовування, що визначається по інверсійній характеристиці.

Параметр «Метод вимірювання» та блокування ступенів проводиться аналогічно ступіню з незалежною характеристикою витримки часу.

Для підвищення чутливості захисту при двофазних КЗ за силовим трансформатором використовується виключення струму нульової послідовності, що вимірюється в нейтралі трансформатора.

Ступінь МСЗ з характеристикою витримки часу, що визначається користувачем

Ступінь аналогічна ступеню з інверсійною характеристикою витримки часу, але сама характеристика задається користувачем.

1.7 Максимальний струмовий захист нульової послідовності

Функція «Максимальний струмовий захист нульової послідовності» (ANSI 50N/51N) виявляє пошкодження – КЗ на землю, та може застосовуватися як основний так і резервний захист. МСЗ нульової послідовності та має два типу функцій:

МСЗ нульової послідовності – розширена функціональність (50/51 OC-gnd-A);

МСЗ нульової послідовності – базова функціональність (50/51 OC-gnd-B).

Для МСЗ нульової послідовності є два ступені з незалежною витримкою часу та один ступінь із звернено залежною характеристикою витримкою часу.

У МСЗ нульової послідовності з розширеною функціональністю три ступені з незалежною витримкою часу та один ступінь з інверсійною характеристикою витримкою часу з базовою функціональністю. Вихідна логіка групових повідомлень формується від окремих ступенів всієї функції за допомогою логічних елементів «АБО»: «Пуск», «Робота».

На роботу параметри спрацьовування ступенів або на їх блокування можуть оказувати наступні функції:

автоматичне повторне включення (АПВ);

виявлення холодного пуску;

вхідні дискретні сигнали у тому числі від зовнішніх пристроїв;

виявлення кидка струму намагнічування.

Ступінь МСЗ нульової послідовності з незалежною характеристикою витримки часу

Параметр «Метод вимірювання» визначає сигнал, що поступає на функцію МСЗ:

основна гармоніка струму нульової послідовності;
ефективне значення струму нульової послідовності.

Якщо значення величини, що вимірюється менше уставки повернення то, при необхідності повернення, можна ввести затримку та виконати з заданою витримкою часу.

Блокування ступенів, що запустилися, до повного скиду проводиться сигналом на дискретному вході «блокування ступеню» від зовнішнього або внутрішнього джерела та від сигналу від блоку «динамічних уставок».

Для того щоб, при необхідності, затримати сигнал на відключення використовується на дискретному вході «Блок затримки спрацьовування». Поточна витримка часу скидається. Видається повідомлення про пуск та запис даних про пошкодження в журналі і осцилограма процесу.

Вибір уставки першого ступеню вибирається по мінімальному струму замикання на землю, а час спрацьовування вибирається по ступінчатому принципу. При малих струмах замикання на землю рекомендується використовувати функцію «Захист від замикань на землю в мережах з включеною через великий опір нейтралю». Другий ступінь – струмова відсічка з витримкою часу, використовується на ЛЕП великої довжини з малим опором джерела живлення або для трансформаторів та шунтуючих реакторів.

Ступінь МСЗ нульової послідовності з інверсійною характеристикою витримки часу

Якщо значення сигналу на вході перевищує порогове значення в 1.1 то час спрацьовування визначається по інверсійній характеристиці. Коли виміряне значення становиться в 1.045 раз менше значення пуску виконується повернення функції. За допомогою параметра «Додаткова затримка часу» визначається додатковий час до часу спрацьовування, що визначається по інверсійній характеристиці

Параметр «Метод вимірювання» та блокування ступенів проводиться аналогічно ступеню з незалежною характеристикою витримки часу.

Ступінь МСЗ нульової послідовності з характеристикою витримки часу, що визначається користувачем

Ступінь МСЗ нульової послідовності аналогічна ступеню з інверсійною характеристикою витримки часу, але сама характеристика задається користувачем.

1.8 Фазний максимальний струмовий спрямований захист

Функція «Фазний максимальний струмовий спрямований захист» від міжфазних КЗ відноситься до групи захисних функцій. Для трифазних МСЗ є два типу функцій:

спрямований МСЗ від міжфазних КЗ з витримкою часу - розширена функціональність: 67 Спрямований МТЗ 3ф-А;

спрямований МСЗ від міжфазних КЗ з витримкою часу - базова функціональність: 67 Спрямований МТЗ 3ф-В.

Для обох функцій з заводським налаштуванням передбачено два ступені з незалежною характеристикою витримки часу та один ступінь із звернено залежною характеристикою витримки часу.

Функція спрямований МСЗ від міжфазних КЗ з витримкою часу з розширеною функціональністю одночасно підтримує роботу наступних ступенів:

максимум чотири ступені з незалежною характеристикою витримки часу;

ступінь з інверсійною характеристикою витримки часу;

ступінь з характеристикою витримки часу, що визначена користувачем.

Функція спрямований МСЗ від міжфазних КЗ з витримкою часу з базовою функціональністю одночасно підтримує роботу наступних ступенів:

максимум чотири ступені з незалежною характеристикою витримки часу;

ступінь з інверсійною характеристикою витримки часу.

Спрямованість дії ступенів знаходиться на функціональному рівні. Кожен ступінь може бути спрямований у прямому або зворотному напрямку.

Вихідна логіка групових повідомлень формується на основі повідомлень окремих ступенів за допомогою елементів логіки: «АБО», «ПУСК»; «ЗАДДАНИЙ ЧАС СПРАЦЬОВУВАННЯ ВИЧЕРПАНИЙ», «РОБОТА».

При використанні параметру «Аварійний режим» ступінь працює як основний захист або як резервний. При уставці «Аварійний режим - від основного захисту» при несправності основного захисту цей захист працює як основний. При уставці «Аварійний режим – через дискретний вхід» включення аварійного режиму може виконуватися через зовнішні джерела.

Для спрямованої дії ступенів задається параметр «Спрямований режим» та вибирається дія ступенів у прямому чи зворотному напрямку. При близьких трифазних КЗ напруга у місці встановлення захисту знижується нижче уставки спрацьовування. В цьому випадку направленість дії ступенів захисту визначається по напрузі, що зберігається у пам'яті пристрою.

Ступінь спрямованого захисту може бути використана для захисту, що порівнює напрямки струмів з обох боків ЛЕП, що захищається. Активізація даного режиму здійснюється параметром «Порівняння напрямків»

Параметр «Метод вимірювання» (базова та розширена функціональність) використовується:

вимірювання основної гармоніки струму;

вимірювання середньоквадратичного (ефективного) значення струму.

Якщо значення струму, що вимірюється, менше уставки повернення, то при необхідності повернення, можна ввести затримку. Якщо витримка часу на спрацьовування закінчується раніше, ніж час повернення то ступінь спрацьовує.

Блокування ступеню, що запустився, виконується:

за допомогою вхідного сигналу «Блокування ступеню»;

при пошкодженні у ланцюгах ТН;

від функціонального блоку «виявлення кидка струму намагнічування».

за допомогою функціональних динамічних уставок.

Блокування витримки часу та видача сигналу проводиться за допомогою блоку «Блокування затримки спрацьовування». Поточна витримка часу скасовується.

Визначення спрямованості дії захисту. Для кожної фази передбачений вимірювальний орган визначення спрямованості дії. Якщо у однієї з фаз має місце перевищення заданого значення то запускається функція визначення спрямованості дії. При збігу з напрямком дії з уставкою ступінь спрацьовує.

1.9 Максимальний струмовий захист однофазний

Призначення функції «Максимальний струмовий захист однофазний» (ANSI 50N/51N):

- виявляє та контролює струм, що протікає по заземленій нейтралі трансформатору;

- може використовуватися як чутливий захист від струму витоку з баку трансформатора;

- виявляє та контролює струм, що циркулює між нейтралями двох батарей конденсаторів;

- миттєво проводить відключення при великих аварійних струмах.

Максимальний струмовий захист однофазний має два типу функцій:

- МСЗ однофазний – розширена функціональність (50N/51N OC–1ph-A);

- МСЗ однофазний – базова функціональність (50N/51N OC–1ph-B).

Для МСЗ однофазний передбачено два ступені з незалежною витримкою часу та один ступінь із зведеною залежною характеристикою витримкою часу. МСЗ однофазний з розширеною функціональністю підтримує одночасно роботу наступних ступенів:

- три ступені спрямованого МСЗ однофазного з незалежною характеристикою витримки часу;

 - ступінь з інверсійною характеристикою витримки часу;

 - ступінь з характеристикою витримки часу, що визначається користувачем;

 - ступінь швидкодіючий.

МСЗ однофазний з базовою функціональністю підтримує одночасно роботу наступних ступенів:

три ступені МСЗ однофазного з незалежною характеристикою витримки часу;

ступінь МСЗ однофазного з інверсійною характеристикою витримки часу.

Параметр «Метод вимірювання» визначає сигнал, що поступає на функцію МСЗ:

основна гармоніка струму нульової послідовності;

ефективне значення струму нульової послідовності.

Ступінь МСЗ однофазний з незалежною характеристикою витримки часу

Блокування ступенів, що запустилися, до повного скиду проводиться сигналом на дискретному вході «блокування ступеню» від зовнішнього або внутрішнього джерела та від сигналу від блоку «динамічних уставок».

Для того щоб, при необхідності, затримати сигнал на відключення використовується на дискретному вході «Блок затримки спрацьовування». Поточна витримка часу скидається. Видається повідомлення про пуск та запис даних про пошкодження в журналі і осцилограма процесу. Затримка часу спрацьовування при виявленні кидка струму намагнічування.

Ступінь МСЗ однофазний з інверсійною характеристикою витримки часу

Якщо значення сигналу на вході перевищує порогове значення в 1.1 то час спрацьовування визначається по інверсійній характеристиці. Коли виміряне значення становиться в 1.045 менше значення пуску виконується повернення функції.

За допомогою параметра «Додаткова затримка часу» визначається додатковий час до часу спрацьовування, що визначається по інверсійній характеристиці. Для того щоб, при необхідності, затримати сигнал на відключення використовується на дискретному вході «Блок затримки спрацьовування». Поточна витримка часу скидається. Видається повідомлення про пуск та

запис даних про пошкодження в журналі і осцилограма процесу. Затримка часу спрацьовування при виявленні кидка струму намагнічування.

Ступінь МСЗ однофазний з характеристикою витримки часу витримки часу, що визначається користувачем

Ступінь МСЗ однофазний аналогічна ступеню з інверсійною характеристикою витримки часу, але сама характеристика задається користувачем.

1.10 Спрямований захист зворотної послідовності

Функція «Спрямований захист від струму зворотної послідовності з незалежною витримкою часу» застосовується як резервний захист від несиметричних КЗ в енергосистемі.

Функція дозволяє реалізовувати наступні задачі захисту та контролю:

- реєстрація однофазних та двофазних КЗ з більш високою чутливістю, ніж МСЗ;

- реєстрація обриву фазного проводу або вторинного проводу ТС;

- реагує на КЗ у вторинних ланцюгах та на невірне підключення ТС;

 - видає повідомлення про небаланс у енергосистемі;

 - захист електричних від несиметричних навантажень, що викликані несиметрією фазних напруг або обривом проводу (наприклад перегоранням запобіжника у вторинних ланцюгах ТН).

Функція одночасно забезпечує спрацьовування шести ступенів. Функція може бути заблокована функцією «Виявлення кидка струму намагнічування».

Для спрацьовування функція використовує струм зворотної послідовності, який обчислюється на основі вимірних трьох фазних струмів.

Ступінь захисту запускається коли струм зворотної послідовності перевищить порогове значення та спрямованість співпадає із заданою. Повернення ступені здійснюється коли

струм зворотної послідовності буде становити 95% від заданого порогового значення.

Спрямованість дії визначається шляхом вимірювання струму та напруги зворотної послідовності - I_2 та U_2 та кута між ними.

Запобігання хибного спрацьовування при несиметричних фазних струмах передбачається гальмування по фазним струмам із заданим пороговим значенням. Якщо пристрій виявляє пошкодження у вторинних ланцюгах ТС, то всі спрямовані ступені будуть заблоковані.

1.11 Максимальний струмовий захист з комбінованим пуском по струму та напрузі

Функція «Максимальний струмовий захист з комбінованим пуском по струму та напрузі» (ANSI 51V) застосовується у тих випадках коли необхідно для забезпечення чутливості знизити уставку по струму спрацьовування .

Функція «Максимальний струмовий захист з комбінованим пуском по струму та напрузі» одночасно підтримує:

два ступені максимального струмового захисту з комбінованим пуском по струму та напрузі і зворотно залежною характеристикою витримки часу;

два ступені максимального струмового захисту без пуску по напрузі і зворотно залежною характеристикою витримки часу.

Ступінь може використовувати два методи вимірювання:

вимірювання основної гармоніки – при цьому визначається ефективне значення основної гармоніки;

вимірювання ефективного значення струму – вимірювання виконується у перший період основної частоти.

Вибір уставки спрацьовування МСЗ з комбінованим пуском залежить від напруги, що задається. У діапазоні $U/U_{ном}=1.0- 0.25$ залежність лінійна прямо пропорційна:

$$ПСК(U) = U_{ст.пск} * U/U_{ном}.$$

$$\text{При } U/U_{ном} > 1.00,$$

$$ПСК(U) = U_{ст.пск} ,$$

$$\text{при } U/U_{ном} < 0.25$$

$$ПСК(U) = U_{ст.пск} * 0.25,$$

де U – виміряна лінійна напруга,

$U_{\text{ном}}$ – номінальна напруга,

Уст.пск – уставка порогу спрацьовування,

ПСК(U) – уставка пуску в залежності від напруги.

Мінімальне порогове значення при спрацьовуванні - 0.03

$I_{\text{ном}}$.

Характеристика пуску та повернення захисту: коли сигнал на вході перевищує у 1,1 порогове значення час спрацьовування захисту визначається по інверсійній характеристиці. Коли значення, що вимірюється, зменшується у 1,045 відбувається повернення функції. Характеристику повернення можна змінювати за допомогою уставок у тому числі задати режим миттєвого повернення.

У випадку зникнення напруги, що вимірюється, автоматично встановлюється напруга $U_{\text{ном}}$.

Блокування сигналу на відключення при кидку струму намагнічування проводиться за допомогою внутрішньої функції «Визначення кидка струму намагнічування»

1.12 Захист від зниження струму

Функція «Захист від зниження струму» (ANSI 27):

виявляє струм у приєднанні при відключеному вимикачу;

виявляє втрату навантаження;

виявляє та захищає насоси від режиму холостого ходу.

Функція забезпечує одночасно роботу двох ступенів.

Для роботи даної функції виконується вимірювання ефективного значення струму або обчислюється його перша гармоніка.

Режим пуску виявляє зниження струму тільки у одній фазі або у всіх трьох фазах і тоді дає команду на спрацьовування. Блокування ступеню можливо як від внутрішнього сигналу так і через дискретний вхідний сигнал.

1.13 Неспрямований захист від замикань на землю через переміжну дугу

Захист використовується у тих випадках, переміжна дуга з'являється короткочасно (від декількох мілісекунд до кількох секунд), а потім зникає та через деякий час знову з'являється.

У захисті вимірюється ефективне значення струму нульової послідовності або сума трьох фазних струмів.

У захисті використовується один чи два ступені. При дії ступеню підраховується кількість її пусків та реєструється час дії переміжної дуги та проміжок часу між її появою. Коли інтегральне значення струму досягає порогового значення ступінь спрацьовує. Якщо проміжок часу між появою дуги достатньо великий, то враховується, що сталося нове пошкодження.

Робота ступеню припиняється та приходить у початковий стан при умові що закінчується витримка часу.

Видається повідомлення: «Час повернення» без сигналу або сигналу про спрацьовування ступеню.

1.14 Струмовий спрямований захист нульової послідовності

Функція «Струмовий спрямований захист нульової послідовності» (ANSI 67N) використовуються у функціональних групах захисту, що забезпечують вимірювання струму та напруги нульової послідовності. При цьому застосовується два типу функцій:

максимальний струмовий спрямований захист нульової послідовності з витримкою часу – розширена функціональність (67N Dir/OC-gnd-A);

максимальний струмовий спрямований захист нульової послідовності з витримкою часу – базова функціональність (67N Dir/OC-gnd-B).

Функція «Максимальний струмовий спрямований захист нульової послідовності з витримкою часу – розширена функціональність» забезпечує одночасно роботу наступних ступенів:

максимум чотири ступені максимального струмового спрямованого захисту нульової послідовності з незалежною витримкою часу – розширена функціональність;

ступінь МСЗ з інверсійною характеристикою витримки часу з розширеною функціональністю;

ступінь МСЗ з логарифмічною інверсійною характеристикою витримки часу;

ступінь МСЗ з логарифмічною інверсійною характеристикою витримки часу з точкою перегину;

ступінь МСЗ з характеристикою витримки часу, що задана користувачем.

Функція «Максимальний струмовий спрямований захист нульової послідовності з витримкою часу» – базова функціональність, забезпечує одночасно роботу наступних ступенів:

максимум чотири ступені максимального струмового спрямованого захисту нульової послідовності з незалежною витримкою часу – базова функціональність;

ступінь МСЗ з інверсійною характеристикою витримки часу - базова функціональність

По структурі ступені відрізняють тільки характеристиками витримки часу. Кожен ступінь може бути налаштований як на роботу у прямому напрямку так і у зворотному.

Групи повідомлень формуються на основі повідомлень окремих ступенів по схемі «АБО», «ПУСК» чи «СПРАЦЬОВУВАННЯ».

На роботу ступенів можуть впливати дискретні вхідні сигнали від зовнішніх пристроїв:

автоматичне повторне включення;

виявлення «холодного» пуску;

вхідний дискретний сигнал.

Параметр «Метод вимірювання» (базова та розширена функціональність) використовується:

вимірювання основної гармоніки струму нульової послідовності;

вимірювання середньоквадратичного (ефективного) значення струму нульової послідовності.

Для всіх ступенів (базова та розширена функціональність) використовується параметр «Спрямований режим»

При зникненні напруги, що вимірюється, ступені блокуються. Ступінь, що спрацювала, скидається. Можливі наступні види блокування:

спрацьовування внутрішньої функції «Виявлення пошкоджень у ланцюгах вимірювання напруги»;

від зовнішнього джерела – від функціонального блоку «Вимикач трансформатору напруги».

Крім того блокування ступенів з повним скидом ступені, що запустилася, виконується за допомогою вхідного сигналу «Блок ступеню» або динамічних уставок інших функцій. Блокування витримки часу спрацьовування здійснюється «блоком затримки та спрацьовування» - скидається поточна витримка часу, а також функціональним блоком «Виявлення кидка струму намагнічування».

Якщо значення величини, що вимірюється знижується нижче уставки повернення, то по закінченню заданої витримки часу здійснюється повернення захисту.

Для організації захисту, що заснований на принципі порівняння спрямованості струмів з обох боків об'єкту, що захищається, використовується параметр «порівняння напрямків».

Значення уставок, що рекомендуються:

порогове значення по струму 1,2 А;

коефіцієнт повернення 0,95;

затримка на повернення 0 с;

затримка спрацьовування 0.3 с.

Час спрацьовування захисту з інверсійною характеристикою витримки часу визначається по характеристиці в залежності від значення струму. Час спрацьовування МСЗ з інверсійною логарифмічною характеристикою витримки часу розраховується по формулі:

$$T_{c3} = T_{\max} - T_d * \ln(3I_0 / (I_{\text{норіє}} * I_{\text{МНО}})), \quad (1.1)$$

де T_{c3} - час спрацьовування захисту,

T_{\max} – максимальний час спрацьовування захисту (по характеристиці),

T_d – коефіцієнт витримки часу;

I_0 – струм нульової послідовності,

$I_{\text{поріє}}$ – порогове значення струму нульової послідовності,

$I_{\text{МНО}}$ – коефіцієнт порогового значення струму нульової послідовності.

Якщо розрахований час менше мінімального значення – T_{\min} , то приймається $T_{\text{сз}} = T_{\min}$.

Для ступеню з характеристикою з точкою перегину використовується логарифмічна інверсійна характеристика витримки часу. Час спрацьовування - $T_{\text{сз}}$ розраховується при перевищені величини струму 0,95% порогового значення. Інтегратор підсумовує значення $1/T_{\text{сз}}$, та якщо воно становиться рівним 1, то ступінь спрацьовує. Параметр «Максимальний час на характеристиці» визначає початкове значення часу та відповідає значенню « $3I_0$ Порогове значення». Перехідна точка визначається параметрами «Струм у точці перегину» та «Час точки перегину». Параметр «Мінімальний час характеристики» визначає параметр «Струм при мінімальному часу».

1.15 Спрямований захист від замикань на землю через переміжну дугу

Функція «Спрямований захист від замикань на землю через переміжну дугу»:

селективно виявляє замикання на землю через переміжну дугу у кабельних лініях в мережах із ізолювано або зазеленою через дугогасний реактор нейтралю;

може працювати у двох різних режимах:

функціонування тільки шляхом підрахунку імпульсів замикань на землю;

функціонування при інтеграції струму КЗ у поєднанні з критерієм спрямованості шляхом підрахунку імпульсів спрямованого струму замикання на землю.

Функція «Спрямований захист від замикань на землю через переміжну дугу» використовується у функціональній групі

захистів з вимірюванням струму. Захист використовується у тих випадках, переміжна дуга з'являється короткочасно (від декількох мілісекунд до кількох секунд), а потім зникає та через деякий час знову з'являється.

У захисті використовується один або два ступені.

Блокування ступенів при несправності у ланцюгах напруги виконується за допомогою функціонального блоку «Пошкодження у ланцюгах напруги», або сигналу від автоматичного вимикача у вторинних колах ТН.

Для визначення напрямку імпульсу замикання на землю функція «Спрямований захист від замикань на землю через переміжну дугу» використовує активну потужність нульової послідовності, що розраховується по даним напруги та струму нульової послідовності, які або вимірюються або розраховуються по трьом фазним напругам та струмам.

Якщо значення $3I_0$ перевищує порогове значення починається визначення напрямку дії імпульсів. Значення активної потужності нульової послідовності порівнюється з пороговим значенням. При замиканні на землю проводиться підрахунок результатів визначення напрямку дії всіх імпульсів та при досягненні порогового значення посилається відповідний сигнал.

Для роботи функції існують два режими роботи: «Лічильник» та «Інтегратор». При режимі роботи «Лічильник» критерієм спрацьовування є кількість спрямованих імпульсів, при якому може бути пошкодження об'єкту, що захищається. При режимі роботи «Інтегратор» визначається величина теплового навантаження на об'єкт, що захищається, шляхом підсумовування кількості та тривалості імпульсів. Спрацьовування ступені у обох випадках відбувається при перевищенні порогового значення. Інтервал часу між імпульсами контролюється таймером. Якщо проміжок часу між імпульсами перевищує задане значення то робота ступеню скидається, а при появі нового імпульсу вважається іншим пошкодженням.

Порогове значення потроєного струму нульової послідовності: $3I_0 = 1\text{A}$.

Параметр «Кількість імпульсів замикань на землю через переміжну дугу» - 3.

Параметр «Час продовження пуску» - 0,1с.

Параметр «Кількість імпульсів замикань на землю через переміжну дугу для спрацьовування» - 5.

Параметр «Час повернення» - 300с.

1.16 Дистанційний захист з реактивним опором

Функція «Дистанційний захист з реактивним опором (RMD)» -ANSI21,21N це селективний захист від КЗ повітряних та кабельних ЛЕП з одностороннім та багастороннім живленням у радіальних, кільцевих мережах та в мережах складної конфігурації у мережах з заземленою нейтралю . Крім того захист застосовується як резервний захист збірних шин, ЛЕП та трансформаторів.

При великих завантаженнях ЛЕП та при великих перехідних опорах при КЗ виникають труднощі з вибором параметрів спрацьовування дистанційного захисту. Метод вимірювання реактивного опору, що застосовується у функції «дистанційний захист з реактивним опором», компенсує вище вказані фактори через регульовані кути компенсації.

Функція RMD складається з наступних блоків:

загальні дані;

виявлення пошкоджень – КЗ на землю;

адаптивний вибір контуру;

зона дії дистанційного захисту з полігональною характеристикою спрацьовування;

зона дії АПВ;

визначення напрямку дії;

вихідна логіка.

У функції RMD налаштовуються чотири зони дії. Функція реагує на струм фази. Якщо струм перевищує значення уставки то виконується розрахунок повного опору трифазного контуру та контуру прямої послідовності (фаза-фаза-фаза). Логічний блок виявлення пошкоджень при КЗ на землю також розраховує повні опори контурів фаза-земля. Розраховане значення опору порівнюється з полігональною характеристикою. Для сильно навантажених ЛЕП великої довжини є вірогідність того, що вектор прямої послідовності може бути у зоні спрацьовування

захисту. В даному випадку задається сектор навантаження у характеристиці спрацьовування. Для всіх контурів, що запустилися визначається напрямок дії. Адаптований логічний блок визначає контури, в яких розрахований опір знаходиться в межах кривих спрацьовування ступенів захисту. В блоках логіки роботи ступенів захисту запускається відлік витримки часу для визначених контурів.

Логічний блок виявлення пошкоджень – КЗ на землю, використовує наступні критерії:

- контроль струму нульової послідовності;
- контроль напруги нульової послідовності.

Контроль напруги нульової послідовності дозволяє запобігати хибної дії захисту при насичені ТС. Рекомендована уставка напруги нульової послідовності 1,667 В.

Уставку мінімального фазного струму, при перевищені якої починається розрахунок опорів контурів, рекомендується виставляти не більше 10% від номінального струму. По умовчанню приймається 0,1 А.

При адаптованому виборі контурів розраховуються три контури фаза-земля, три контури фаза-фаза і один контур нульової послідовності.

При захисті дволанцюгових ЛЕП за допомогою параметру «Компенсація впливу паралельних ліній» компенсується вплив паралельних ліній одна на одну (взаємоіндукція) при розрахунку повних опорів

1.17 Дистанційний захист з класичним методом

Функція «Дистанційний захист з класичним методом» (ANSI21,21N) задається в двох варіантах:

дистанційний захист для систем з заземленою нейтралю та з трифазним відключенням;

дистанційний захист для систем з ізольованою або заземленою через дугогасний реактор нейтралю та з трифазним відключенням.

1.17.1 Дистанційний захист для систем з заземленою нейтралю

Функція дистанційний захист для мереж з заземленою нейтралю:

селективний захист від КЗ повітряних та кабельних ЛЕП з односторонім та багатосторонім живленням у радіальних, кільцевих мережах та в мережах складної конфігурації;

використовується як резервний захист збірних шин, ЛЕП та трансформаторів;

застосовується тільки в мережах з заземленою нейтралю;

діє на трифазне відключення.

Функція дистанційний захист для мереж з заземленою нейтралю складається з наступних блоків:

загальні дані;

методи пуску;

ступені дистанційного захисту (по умовчанням застосовується з полігональною характеристикою спрацьовування);

зона дії дистанційного захисту для роботи з функцією АПВ (без попередньою конфігурації);

вихідна логіка 3ф.

Функція дистанційний захист для мереж з заземленою нейтралю по умовчанням має чотири ступені. Логічний блок методу пуску здійснює пуск відповідних контурів, для яких виконується розрахунок опорів. Розраховані опори порівнюються з полігональною характеристикою спрацьовування ступенів захисту та починається відлік витримки часу. Блок логіки роботи ступенів захисту формує сигнали на відключення.

Логічний блок виявлення пошкоджень – КЗ на землю, використовує наступні критерії:

контроль струму нульової послідовності;

контроль відношення струму нульової послідовності до струму зворотної послідовності;

контроль напруги нульової послідовності.

Критерії по струму та напрузі нульової послідовності доповнюють один одного. При великому значенні співвідношення повного опору нульової послідовності до повного опору прямої послідовності напруга нульової послідовності має також велике

значення, а при малому значенні співвідношення повного опору нульової послідовності до повного опору прямої послідовності велике значення має струм нульової послідовності. За допомогою параметра «Виявлення КЗ на землю» задаються критерії виявлення замикання на землю.

Контроль напруги нульової послідовності дозволяє запобігати хибної дії захисту при насиченні ТС.

Орган контролю струму нульової послідовності має пускову характеристику з гальмуванням, що дозволяє виключити хибну роботу при:

наявності струму нульової послідовності при несиметричному навантаженні;

струму нульової послідовності при пошкодженнях, що не пов'язані з КЗ на землю;

струму нульової послідовності при насиченні ТС

Пускова характеристика органу контролю струму нульової послідовності передбачає автоматичне збільшення уставки спрацьовування при збільшенні фазного струму.

При великих завантаженнях ЛЕП великої довжини контроль струму нульової послідовності може значно зазирити захист. В цьому випадку застосовується орган контролю струму зворотної послідовності. При перевищенні співвідношення струму нульової послідовності до струму зворотної послідовності захист спрацьовує.

Логічний блок метода пуску здійснює пуск відповідних контурів. По умовчання пуск здійснюється по повному опору.

Для кожного ступеню захисту характеристика спрацьовування полігональна або кругова. Для кожного ступеню захисту визначається прямий (в лінію) або зворотний (до шин) напрямок дії або неспрямований характер.

При подвійних замиканнях на землю запускаються два блоки: контур фаза-земля та може запуснитися контур фаза-фаза.

Функція «Виявлення кидка струму намагнічування» сконфігурована для блокування пуску дистанційного захисту.

Параметр «Запуск таймера ступеню» задає час спрацьовування кожного ступеню дистанційного захисту. Параметр «Кут характеристики» задає нахил характеристики спрацьовування (по умовчання 85°).

Рекомендоване значення порогу спрацьовування по струму нульової послідовності $3I_0 \geq 0,1$ А. Рекомендоване значення порогу спрацьовування по напрузі нульової послідовності $U_0 \geq 1,66$ В

1.17.2 Дистанційний захист для систем з ізолюваною або заземленою через дугогасний реактор нейтралю (ANSI 21N)

Функція «Дистанційний захист для систем з ізолюваною або заземленою через дугогасний реактор нейтралю» (ANSI 21N):

селективний захист від КЗ повітряних та кабельних ЛЕП з односторонім та багатосторонім живленням у радіальних, кільцевих мережах та в мережах складної конфігурації;

застосовується тільки в мережах з ізолюваною або заземленою через дугогасний реактор нейтралю;

діє на трифазне відключення.

Функція дистанційний захист для мереж з ізолюваною або заземленою через дугогасний реактор нейтралю складається з наступних блоків:

загальні дані;

методи пуску;

ступені дистанційного захисту (по умовчання застосовується з полігональною характеристикою спрацьовування);

ступені дистанційного захисту для роботи з функцією АПВ по умовчання не використовуються.

Функція дистанційний захист для мереж з ізолюваною або заземленою через дугогасний реактор нейтралю по умовчання має чотири ступені.

Логічний блок методу пуску здійснює пуск відповідних контурів, для яких виконується розрахунок опорів. Розраховані опори порівнюються з полігональною характеристикою спрацьовування ступенів захисту та починається відлік витримки часу. Блок логіки роботи ступенів захисту формує сигнали на відключення.

Логічний блок виявлення пошкоджень – замикань на землю, використовує наступні критерії:

контроль струму нульової послідовності;

контроль відношення струму нульової послідовності до струму зворотної послідовності;

контроль напруги нульової послідовності;

контроль симетрії міжфазних напруг.

Спрацьовування органу виявлення пошкоджень – замикань на землю, з дією на відключення при однофазних замиканнях на землю небажано. Для відбудови від перехідних процесів, що виникають при однофазних замиканнях на землю, пуск функції блокується на визначений час. При цьому виявляються подвійні замикання на землю на тупікових лініях. При подвійних замиканнях на землю блок контролю несиметрії міжфазних напруг дозволяє відстроєти захист від нормального режиму роботи з несиметричним навантаженням.

Орган виявлення пошкоджень буде реагувати на подвійні замикання на землю з малими струмами нульової послідовності при наступних умовах:

залишковий струм буде більше 10% від виміряного струму зворотної послідовності;

потрійне значення струму нульової послідовності складає менше 5% від номінального вторинного струму;

має місце несиметрія міжфазних напруг.

Орган контролю напруги нульової послідовності спрацьовує при перевищенні напруги нульової послідовності порогового значення - 0,23 В.

Орган контролю струму нульової послідовності має пускову характеристику з гальмуванням, що дозволяє виключити хибні спрацьовування у наступних випадках:

при несиметричних навантаженнях;

при різних насиченнях ТС при пошкодженнях не пов'язаних з замиканням на землю;

при насиченнях ТС.

При великих завантаженнях ЛЕП великої довжини контроль струму нульової послідовності може значно зазубити захист. В цьому випадку застосовується орган контролю струму зворотної послідовності. При перевищенні співвідношення струму нульової послідовності до струму зворотної послідовності уставки захисту спрацьовує.

Логічний блок метода пуску здійснює пуск відповідних контурів. По умовчано пуск здійснюється по повному опорі.

Для кожного ступеню захисту характеристика спрацьовування полігональна (по умовчано) або кругова.

Для кожного ступеню захисту визначається прямий (в лінію) або зворотний (до шин) напрямок дії або ненаправлений характер.

В мережах з заземленою через дугогасний реактор нейтралю однофазне замикання на землю може бути значний пусковий струм. Для запобігання хибної роботи захисту повинні бути прийняті спеціальні заходи.

При подвійних замиканнях на землю в мережах з ізольованою або заземленою через дугогасний реактор нейтралю достатньо швидко усунути одне пошкодження (а далі буде неаварійний режим – ненормальний режим).

Функція «Виявлення кидка струму намагнічування» сконфігурована для блокування пуску дистанційного захисту:

блокування методу пуску;

блокування окремих ступенів захисту.

Параметр «Запуск таймера ступеню» задає час спрацьовування кожного ступеню дистанційного захисту. Параметр «Кут характеристики» задає нахил характеристики спрацьовування (по умовчано 85°).

Рекомендоване значення порогу спрацьовування по струму нульової послідовності $3I_0 \geq 0,1$ А.

Параметр затримка однофазного пуску необхідний для відбудови від перехідних процесів – 0,04 с.

Параметр максимальна несиметрія міжфазної напруги 25 В.

Логічний блок метода пуску здійснює пуск відповідних контурів. По умовчано пуск здійснюється по повному опорі

1.18 Захист по повному опорі

Функція «Захист по повному опорі» (ANSI 21): забезпечує резервний захист трансформатора; використовується як резервний захист блочних трансформаторів та генераторів на електростанціях;

функціонує як резервний захист при відновленні енергосистеми - подачі напруги після пошкодження в електричних мережах (поза трансформатору).

Функція захисту по повному опорі має максимум чотири ступені.

При вимірюванні повного опорі в трансформаторах:

повний опір, що вимірюється, подається з урахуванням квадрата коефіцієнта трансформації трансформатору;

для трансформатору з групою з'єднання обмоток «зірка-трикутник» або «трикутник-зірка» в залежності від векторної групи в системах прямої та зворотної послідовності. Так при двофазному або однофазному КЗ з боку «зірки» з боку «трикутника» має місце інший розподіл струмів КЗ.

У таблиці 1.2 приведені види пошкодження та вимірювання повного опорі для трансформатору з групою з'єднання обмоток «зірка-трикутник»

По значенням фазних струмів та напруг визначаються вектори основної гармоніки для кожного періоду, а на їх базі розраховуються повні опори. Для кожного з шести контурів (фаза А-земля, фаза В-земля, фаза С-земля, фаза А-фаза-вазаВ, фаза В-фаза С, фаза С-фаза А) є свій вимірювальний елемент.

Якщо фазні струми перевищують параметр «Уставка мінімального фазного струму» починається розрахунок всіх розблокованих контурів повного опорі.

Напрямок потужності визначається по напрузі, що була до пошкодження, або по куту між струмом та напругою зворотної потужності якщо вони перевищують 10% від номінальних значень. При симетричних КЗ напрямок потужності визначається по напрузі, що була до пошкодження.

Функція «Виявлення кидка струму намагнічування» сконфігурована для блокування пуску дистанційного захисту.

Рекомендоване значення уставки мінімального фазного струму (значення порогу спрацьовування по струму) 0,1 А.

Рекомендовані значення параметру «Охват по реактивному опорі» контуру «фаза-земля» 2,5 Ом.

Рекомендоване значення параметру «Охват по реактивному опорі» контуру «фаза-фаза» 2,5 Ом.

Рекомендовані значення параметру «Охват по активному опору» контуру «фаза-земля» 2,5 Ом. Рекомендовані значення параметру «Охват по активному опору» контуру «фаза-фаза» 1,25 Ом.

Таблиця 1.2 - Вимірювання повного опору для трансформатору з групою з'єднання обмоток «зірка-трикутник»

Пошкодження з боку «зірки»	Зіставлення пошкодження з боку «трикутника»	Правильний контур повного опору	Похибка вимірювання
Трифазне КЗ	Трифазне КЗ	Контур фаза-земля та лінійний контур	Правильне вимірювання
Двофазне КЗ	Трифазне КЗ з іншим розподілом струмів КЗ	Контур фаза-земля з найбільшим струмом КЗ	Правильне вимірювання
Однофазне КЗ на землю	Двофазне КЗ	Лінійний контур, але є похибка вимірювання	Повний опір, що із-за опору нульової послідовності вимірювався завишеним

Параметр «Затримка спрацьовування» дозволяє створити ступінчасту характеристику витримки часу дистанційного захисту. По умовчання приймається 0,3 с.

1.19 Блокування при хитаннях потужності

Функція «Блокування при хитаннях потужності» є додатковою функцією для дистанційного захисту:

- визначає хитання в енергосистемі;
- виконує оцінку повного опору для відповідної фази;
- постійно перевіряє вектор повного опору;
- повідомляє про виявлення хитання потужності у кожній фазі;

при хитаннях в енергосистемі блокує відповідні ступені дистанційного захисту;

визначає однофазні, двофазні та трифазні КЗ при хитаннях потужності та знімає блокування ступенів для відповідної фази;

працює під час паузи без струму однофазного АПВ;

за допомогою функції «Захист від асинхронного ходу» не визиває відключення при асинхронному ході.

Функція має вимірювальні системи для кожної фази. Швидкість зміни напрямку потужності налаштовується по вектору повного опору.

Для забезпечення правильної дії функції блокування при хитаннях в енергосистемі застосовуються наступні критерії вимірювання:

моніторинг характеристики вектору повного опору (при хитаннях потужності залежність (jX, R));

безперервність характеристики: при хитаннях в енергосистемі залежність (jX, R) безперервна, а при КЗ вектор опору петлі КЗ залишається незмінним;

однорідність характеристики: при хитаннях в енергосистемі співвідношення двох послідовних змін опорів R або X не перевищує порогове значення, а при КЗ має місце різка зміна цих значень.

При використуванні параметра «Максимальний час блокування» можна установити ліміт часу на дію функції блокування при хитаннях потужності.

1.20 Телеприскорення захисту від замикань на землю

Обмін інформацією з віддаленими станціями проходить миттєво, таким чином захист від замикань на землю спрацьовує селективно та миттєво. Передача інформації здійснюється через контакти пристроїв прийому та передачі або через цифрові канали обміну даними. Сигнал, що отримується з протилежного кінця ЛЕП, заводиться через дискретний вхід або логіку розблокування, або лінію зв'язку. Для ЛЕП з відгалуженнями сигнал передається через функціональні блоки «Блок прийому дискретних сигналів» та «Блок прийому логіки деблокування».

При перехідних процесах в енергосистемах при відключенні зовнішніх пошкоджень або зміни напрямку струму при відключенні пошкоджень, наприклад на паралельних ЛЕП вводиться додаткове блокування. При пуску захисту у зворотному напрямку або при неспрямованому пуску після закінчення часу очікування запускається функція блокування при перехідних процесах.

1.21 Чутливе визначення пошкоджень – замикань на землю

Для визначення замикань на землю є дві функції: спрямована, яка використовує потроєне значення струму нульової послідовності – $3I_0$ та потроєне значення напруги нульової послідовності - $3U_0$ та не спрямована, яка використовує тільки потроєне значення струму нульової послідовності – $3I_0$.

Функція «Спрямований чутливий захист» (ANSI 67N_s, 59N) виконує наступні функції:

- спрямоване виявлення стійких пошкоджень – замикань на землю у мережах із ізолюваною або компенсованою нейтралю;

- спрямоване виявлення пошкоджень – замикань на землю у мережах з ізолюваною або компенсованою нейтралю, що швидко ліквідуються;

 - виявлення пошкодженої фази;

 - виявлення замикань на землю з великим перехідним опором у мережах із глухо або ефективно заземленою нейтралю.

Функція «Неспрямований чутливий захист від замикань на землю» (ANSI 67N_s, 51N_s) виконує наступні функції:

- виявлення замикань на землю у мережах із ізолюваною або компенсованою нейтралю;

- виявлення замикань на землю з великим перехідним опором у мережах із глухо або ефективно заземленою нейтралю.

Функція «Чутливе визначення замикань на землю» має встановлений «Ступінь U0» та спрямований «Ступінь 3I0» з вимірюванням параметрів $\sin\phi$ та $\cos\phi$, а також ступінь від замикань на землю через переміжну дугу.

У функції можуть одночасно працювати наступні ступені: два «Ступені U0» з визначенням пошкодженої фази;

чотири спрямовані «Ступені ЗІО» з вимірюванням параметрів $\sin \alpha$ та $\cos \alpha$;

два ступені від замикань на землю через переміжну дугу;

чотири спрямовані «Ступені ЗІО» з вимірюванням параметрів

чотири спрямовані «Ступені ЗІО» з вимірюванням кута між U_0 та ЗІО;

чотири спрямовані «Ступені Y0» з вимірюванням активної чи реактивної провідності;

чотири неспрямовані «Ступені ЗІО».

Повідомлення для всіх ступенів здійснюється за допомогою логічних елементів «АБО», «Пуск», «Повідомлення про спрацьовування».

Функція «Чутливий захист від замикань на землю» має наступні ступені:

чотири неспрямовані «Ступені ЗІО»;

дві неспрямовані «Ступені Y0».

Фіксація ліквідації пошкодження проводиться шляхом вимірювання напруги нульової послідовності U_0 . При безперервному зниженні значення U_0 на протязі встановленої витримки часу вважається що пошкодження усунуто.

У мережах з нейтралю, що включені через дугогасний реактор, для підвищення точності дії захисту включається функція компенсації куткової похибки ТС.

При зовнішніх для запобігання передачі помилкового луна-сигналу при порівнянні напрямків струмів потрібно щоб захисти з обох кінців лінії правильно визначили місце пошкодження. Для забезпечення надійності схеми передачі інформації захист від замикань на землю застосовується чутливий ступень струмового захисту. Він забезпечує правильну роботу луна-функції та функції блокування при перехідних процесах.

Величини, що вимірюються та реєструються у журналі пошкоджень:

ефективне значення струму нульової послідовності - ЗІО;

активна складова струму нульової послідовності - ЗІО;

реактивна складова струму нульової послідовності - ЗІО;

ефективне значення напруги нульової послідовності - U_0 ;

кут між напругою та струмом нульової послідовності.

1.22 Захист від підвищення трифазної напруги

Функція «Захист від підвищення трифазної напруги» використовується для:

- контролю за допустимим діапазоном напруги;

- захисту електричного обладнання від пошкоджень при перенарузі;

- поділу електроенергетичної системи.

Перенапруга у енергосистемі можливе при:

- хибному ручному регулюванні системою збудження синхронних генераторів;

- несправності системи регулювання напруги трансформатору;

- повне скидання навантаження синхронних генераторів;

- відключення синхронних генераторів від мережі.

Функція забезпечує одночасно роботу трьох ступенів.

Для роботи даної функції виконується вимірювання ефективного значення напруги або обчислюється його перша гармоніка. При цьому параметр «Виміряне значення» визначає яка напруга буде вимірюватися фазна чи лінійна.

Блокування ступеню можливо як від внутрішнього сигналу так і через дискретний вхідний сигнал.

1.23 Захист від підвищення напруги прямої послідовності

Функція «Захист від підвищення напруги прямої послідовності» (ANSI 59) використовується для:

- визначення наявності стійких симетричних перенапруг;

- контролю діапазону напруги, якщо визначною величиною є напруга прямої послідовності.

Для даної функції може бути три ступені, що діють на відключення.

Функція використовує вимірювання фазної напруги, а напруга прямої послідовності виділяється шляхом математичної обробки.

Блокування функції можливе від внутрішнього чи зовнішнього пристрою через дискретний вхідний сигнал. При блокуванні ступінь, що спрацювала, скидається.

При виборі уставок спрацьовування порогове значення задається у кожному конкретному випадку. Затримка спрацьовування T_s , або може бути виставлена користувачем. Коефіцієнт повернення, що рекомендується, 0.95. При великих перенапругах спрацьовує перший ступінь з малою витримкою часу. При невеликих перенапругах спрацьовує другий ступінь, який діє на включення попереджувальної сигналізації або відключить з більшою витримкою часу, для того щоб надати можливість спрацювати регулятору напруги.

1.24 Захист від підвищення напруги зворотної послідовності

Функція «Захист від підвищення напруги зворотної послідовності» (ANSI 47) використовується для:

контролю енергосистеми та електричних машин при несиметричних напругах;

визначення дозволу спрацьовування МСЗ при несиметричній нарузі.

Несиметрія напруги може бути викликана:

несиметричним (однофазним) навантаженням;

КЗ в енергосистемі;

обривом проводу фази або згорянням запобіжника.

Функція забезпечує одночасно роботу трьох ступенів.

Для роботи даної функції використовується напруга зворотної послідовності, що обчислюється на основі вимірювання трьох фазних напруг.

Блокування ступеню можливо як від внутрішнього сигналу так і через дискретний вхідний сигнал; при пуску функції «Виявлення зникнення напруги, що вимірюється; при відключенні у вторинних ланцюгах ТН.

Параметр «Затримка спрацьовування» встановлюється для кожного конкретного випадку.

1.25 Захист від підвищення напруги прямої послідовності з компаундуванням

Функція «Захист від підвищення напруги прямої послідовності з комплексним режимом обчислення» (ANSI 59)

послідовності з комплексним режимом обчислення» (ANSI 59) фіксує напругу на протилежному боці ЛЕП в усталеному режимі.

Функція забезпечує одночасно роботу трьох ступенів.

У комплексному режимі проводиться розрахунок складової прямої послідовності напруги, для чого використовує дані вимірювання напруги трьох фаз з одного боку ЛЕП та дані лінії:

$$U_{кин} = U_{вим} - (I_{вим} - j\omega C_l * U_{вим} / 2) * (R_l + j\omega L_l) \quad (1.2)$$

де $U_{кин}$ – розрахункове значення напруги на протилежному боці ЛЕП;

$U_{вим}$ – напруга, що виміряна на локальному боці ЛЕП;

$I_{вим}$ – струм, що виміряний на локальному боці ЛЕП

C_l – ємність ЛЕП;

R_l, L_l – активний опір та індуктивність ЛЕП.

Для проведення розрахунків необхідно мати параметри ЛЕП.

При появі недопустимої розрахункової напруги проводиться пуск захисту.

Порогове значення, задається - 65В, але для кожного конкретного випадку може бути задане інше значення. Затримка спрацьовування - 3с, але у кожному конкретному випадку може бути задане інше значення.

Якщо має місце велике підвищення напруги, то перший ступінь може спрацьовувати з мінімальною витримкою часу. При невеликому підвищенні напруги може спрацьовувати з більшою витримкою часу щоб система регулювання спробувала знизити напругу до допустимих значення або видати попереджувальну сигналізацію.

1.26 Захист від підвищення напруги нульової послідовності

Функція «Захист від підвищення напруги нульової послідовності» (ANSI 59):

застосовується у мережах з ізолюваною або включеною через дугогасний реактор нейтралю для виявлення замикань на землю;

захист може визначити у якій фазі сталося замикання на землю;

застосовується для виявлення замикань на землю в обмотках статора електричних машин.

Функція забезпечує одночасно роботу трьох ступенів.

Для роботи функції вимірюється напруга на виході обмоток ТН, що з'єднані у розімкнутий «трикутник», або розраховується як сума трьох фазних напруг. При цьому використовується наступні параметри:

основна гармоніка напруги нульової послідовності;

ефективне значення напруги нульової послідовності;

основна гармоніка напруги нульової послідовності на протязі перших двох періодів.

Ступінь захисту порівнює визначене значення напруги нульової послідовності з пороговим значенням (по умовчання 30В). Параметр «Затримка пуску» дозволяє відкласти пуск захисту на визначений час. Параметр «Коефіцієнт повернення» дозволяє визначити коефіцієнт повернення по відношенню до порогового значення.

Блокування ступеню можливо як від внутрішнього сигналу так і через дискретний вхідний сигнал; при пуску функції «Виявлення зникнення напруги, що вимірюється»; при відключенні у вторинних ланцюгах ТН.

1.27 Захист від підвищення напруги по любому значенню

Функція «Захист від підвищення напруги по любому значенню» (ANSI 59) виявляє підвищення напруги по одній фазі.

Для даної функції може бути три ступені, що діють на відключення.

Параметр «Метод вимірювання» дозволяє визначити роботу функції по основній гармоніки напруги чи по розрахунковому ефективному значенню напруги.

Блокування функції можливе від внутрішнього чи зовнішнього пристрою через дискретний вхідний сигнал. При блокуванні ступінь, що спрацювала, скидається.

Для функції є варіанти уставок, що визначаються у кожному конкретному випадку:

вимірювання фазних напруг - U_a ($U_{a \text{ вим}}$), U_b ($U_{b \text{ вим}}$), U_c ($U_{c \text{ вим}}$);

вимірювання лінійних напруг - U_{ab} ($U_{ab \text{ вим}}$), U_{bc} ($U_{bc \text{ вим}}$), U_{ca} ($U_{ca \text{ вим}}$);
вимірювання напруги у нейтралі - U_n ($U_n \text{ вим}$);
розраховане значення лінійних напруг - U_{ab} ($U_{ab \text{ роз}}$), U_{bc} ($U_{bc \text{ роз}}$), U_{ca} ($U_{ca \text{ роз}}$);
розраховане значення напруги нульової послідовності – U_0 ($U_0 \text{ вим}$).

При виборі уставок спрацьовування порогове значення – 110В, але може бути заданим у кожному конкретному випадку. Затримка спрацьовування 3с, або може бути виставлена користувачем. Коефіцієнт повернення, що рекомендується 0.95.

1.28 Захист від зниження трифазної напруги

Функція «Захист від зниження трифазної напруги» (ANSI 27) застосовується для:

контролю за допустимим діапазоном напруги;

захисту електричного обладнання від пошкодження при зниженні напруги;

керування відключенням або розвантаженням споживачів.

Функція забезпечує одночасно роботу трьох ступенів та побудована таким чином, що один критерій по значенню струму може діяти на всі ступені.

Для роботи функції вимірюється фазна або лінійна напруга на виході ТН. При цьому використовується наступні параметри:

основна гармоніка фазної напруги;

ефективне значення фазної напруги.

Режим пуску визначає чи має місце зниження напруги нижче порогового значення (по умовчанням 80В) тільки однієї фази чи у всіх трьох фазах.

Параметр «Затримка пуску» (по умовчанням 3с) становиться допустимим тільки при використанні критерію по наявності струму. Якщо при використанні критерію по наявності струму відключиться вимикач, то функція по контролю зниження трифазної напруги становиться з ним несумісна. Можлива ситуація коли зниження напруги буде виявлена раніше, ніж відбудеться повернення функції контролю протікання струму. У цьому випадку ступінь захисту запуститься на короткий

проміжок часу. Для попередження короткочасного запуску ступеню застосовується параметр «Затримка часу» - до 40 мс.

Якщо використовується параметр «по наявності струму», то захист мінімальної напруги буде запускатися коли значення струму перевищить порогове значення. Інакше ступені захисту блокуються.

Параметр «по наявності струму» використовується для визначення відключеного положення вимикача. Порогове значення, що рекомендується, 0,05А.

Блокування ступеню можливо як від внутрішнього сигналу так і через дискретний вхідний сигнал; при пуску функції «Виявлення пошкодження у вторинних ланцюгах ТН»; при відключенні автоматичного вимикача у вторинних ланцюгах ТН.

1.29 Захист від зниження напруги прямої послідовності

Функція «Захист від зниження напруги прямої послідовності» (ANSI 27) застосовується для:

контролю за допустимим діапазоном напруги;

захисту електричного обладнання від пошкодження при зниженні напруги;

захисту електродвигунів та генераторів від недопустимих режимів роботи та можливій втрати стійкості при зниженні напруги.

Функція забезпечує одночасно роботу трьох ступенів. Критерій «по наявності струму» впливає на роботу всіх ступенів. Для роботи ступенів використовується напруга прямої послідовності, яка обчислюється на основі виміряних трьох фазних напруг.

Параметр «Затримка пуску» (по умовчанням 3с) становиться допустимим тільки при використанні критерія «по наявності струму». Якщо при використанні критерію «по наявності струму» відключиться вимикач, то функція по контролю зниження трифазної напруги становиться з ним несумісна. Можлива ситуація коли зниження напруги буде виявлена раніше, ніж відбудеться повернення функції контролю протікання струму. У цьому випадку ступінь захисту запуститься на короткий

проміжок часу. Для попередження короткочасного запуску ступеню застосовується параметр «Затримка часу» - до 40 мс.

Якщо використовується параметр «по наявності струму», то захист мінімальної напруги буде запускатися коли значення струму перевищить порогове значення струму. Інакше ступені захисту блокуються.

Параметр «по наявності струму» використовується для визначення відключеного положення вимикача. Порогове значення, що рекомендується, 0,05А.

Блокування ступеню можливо як від внутрішнього сигналу так і через дискретний вхідний сигнал; при пуску функції «Виявлення пошкодження у вторинних ланцюгах ТН»; при відключенні автоматичного вимикача у вторинних ланцюгах ТН.

1.30 Захист від зниження напруги по любому значенню

Функція «Захист від зниження напруги по любому значенню» (ANSI 27) виявляє зниження напруги по будь-якій одній фазі.

Для даної функції може бути три ступені, що діють на відключення.

Параметр «Метод вимірювання» дозволяє визначити роботу функції по основній гармоніці напруги або по розрахунковим значенням ефективного значення напруги. Параметр «Вимірне значення» визначає що використовує ступінь – вимірне значення чи розраховану лінійну напругу.

Ступінь запускається у тому випадку, коли поступає сигнал параметра «Струмний критерій», що контролює наявність струму.

Блокування ступеню можливе:

від внутрішнього чи зовнішнього пристрою через дискретний вхідний сигнал;

при пуску функції «Виявлення пошкоджень в колах напруги»;

при надходженні сигналу від зовнішнього пристрою - функціонального блоку «Вимикач ТН» (відключення автоматичного вимикача у вторинних колах ТН).

Для функції є наступні варіанти уставок, що визначаються у кожному конкретному випадку:

вимірювання фазних напруг - $U_a (U_{a \text{ вим}}), U_b (U_{b \text{ вим}}), U_c (U_{c \text{ вим}})$;
вимірювання лінійних напруг - $U_{ab} (U_{ab \text{ вим}}), U_{bc} (U_{bc \text{ вим}}), U_{ca}$
($U_{ca \text{ вим}}$);
вимірювання напруги у нейтралі – $U_n (U_{n \text{ вим}})$;;
розраховане значення лінійних напруг - $U_{ab} (U_{ab \text{ роз}}), U_{bc}$
($U_{bc \text{ роз}}), U_{ca} (U_{ca \text{ роз}})$;
розраховане значення напруги нульової послідовності – U_0
($U_{0 \text{ роз}}$)

При виборі уставок спрацьовування порогове значення по умовчанню – 75 В, але може бути заданим у кожному конкретному випадку. Затримка спрацьовування по умовчанню 3с, або може бути виставлена користувачем. Коефіцієнт повернення, що рекомендується, дорівнює 1.05.

1.31 Захист від підвищення частоти

Функція «Захист від підвищення частоти» (ANSI 81O):

виявляє підвищення частоти в енергосистемі або електричних машинах;

контролює діапазон частот та дає повідомлення про пошкодження;

відключає джерела живлення при критичних значеннях частоти в енергосистемі;

забезпечує додатковий захист турбіни при відмові пристрою обмеження швидкості обертання.

Для даної функції може бути дві (максимум три) ступені, що діють на відключення.

Захист від підвищення частоти доступний у двох конфігураціях, які відрізняються методами вимірювання частоти, вибір яких залежить від їх застосування:

метод визначення частоти по різниці кутів (функціональна конфігурація А);

метод фільтрації (функціональна конфігурація В).

По першому методу визначається вектор напруги прямої послідовності та по зміні його кута обчислюється значення частоти. По другому методу обробляється миттєве значення напруги та визначається поточне значення частоти за допомогою комбінації фільтрів.

Відстеження вибірок частоти забезпечує додаткове обмеження робочого діапазону частоти. Повернення пуску функції можливе тільки при блокуванні. Можливі наступні варіанти блокування ступеню:

зовнішнє або внутрішнє блокування через логічний дискретний вхід;

внутрішнє блокування, якщо напруга становиться менше мінімально допустимого значення.

Для блокування ступеню при знижені напруги рекомендоване значення 65% від номінальної напруги. При цьому вимірюється напруга прямої послідовності «фаза – земля» (фазна напруга).

При виборі уставок спрацьовування порогове значення частоти – 51.5 Гц, але у кожному конкретному випадку може бути заданим інше значення. Затримка спрацьовування функції 10с. Параметр «Затримка спрацьовування» застосовується відбудови спрацьовування функції при проведенні комутацій в електричних мережах. Для використання для сигналізації можна виставити значно більші витримки часу.

При роботі параметра «Повернення диференційного захисту» уставка спрацьовування, що рекомендується, 20 МГц.

1.32 Захист від зниження частоти

Функція «Захист від зниження частоти» (ANSI 81U) виконує наступне:

виявляє зниження частоти в енергосистемі або електричних машинах;

контролює діапазон частот та дає повідомлення про пошкодження;

забезпечує стійкість енергосистеми та захист електродвигунів;

відключає синхронні генератори при критичних значеннях частоти.

Захист від зниження частоти доступний у двох конфігураціях, які відрізняються методами вимірювання частоти, вбір яких залежить від їх застосування:

метод визначення по різниці кутів (функціональна конфігурація А);

метод фільтрації (функціональна конфігурація В).

Для даної функції може бути три (максимум п'ять) ступені, що діють на відключення.

Відстеження вибірок частоти забезпечує додатковий діапазон обмеження робочого діапазону частоти. Відмова пуску функції можливе тільки при блокуванні. Можливі наступні варіанти блокування ступеню:

зовнішнє або внутрішнє блокування через логічний дискретний вхід;

внутрішнє блокування, якщо напруга становиться менше мінімально допустимого значення.

Для блокування при знижені напруги рекомендоване значення 65% від номінальної напруги, фазна вторинна напруга ТН - 37.5 В. При цьому вимірюється напруга прямої послідовності «фаза – земля» (фазна напруга).

При виборі уставок спрацьовування порогове значення – 49.8 Гц, але у кожному конкретному випадку може бути заданим інше значення. Затримка спрацьовування 10с. Параметр «Затримка спрацьовування» застосовується для виключення хибного спрацьовування функції при проведенні комутацій в електричних мережах. При використування функції для сигналізації можна виставити значно більшу витримку часу.

При роботі параметра «Повернення диференційного захисту» уставка спрацьовування, що пропонується, 20 МГц.

1.33 Захист по швидкості зміни частоти

Функція захисту по швидкості зміни частоти використовується для наступного:

швидкого виявлення зміни частоти;

попередження небезпечного стану, що викликана небалансом між активною потужністю, що виробляється, та потужністю, що споживається;

проведення поділу енергосистеми;

часткове відключення споживачів енергосистеми.

Функція захисту по швидкості зміни частоти використовується у функціональних групах захисту, в яких вимірюється трифазна напруга.

Застосовується два функціональних блока:
підвищення швидкості зміни частоти df/dt ;
зниження швидкості зміни частоти df/dt .

Функція захисту по швидкості зміни частоти може мати одну (максимум п'ять) ступінь на підвищення швидкості зміни частоти df/dt , та один (максимум п'ять) ступінь на зниження швидкості зміни частоти df/dt .

Функція в якості величини, що вимірюється, використовує частоту розраховану за допомогою алгоритму кутової різниці. Різниця частот обчислюється за заданий проміжок часу (п'ять періодів основної частоти).

Якщо напруга, що вимірюється, менше мінімально допустимого значення функція захисту по швидкості зміни частоти блокується. Для блокування функції при зниженні напруги рекомендоване значення 65% від номінальної напруги. При цьому вимірюється напруга прямої послідовності «фаза – земля» (фазна напруга). Повний скид ступенів, що запустилися, приводиться через сигнал дискретного входу, а також від блокування по мінімальній напрузі.

Уставка порогового значення по умовчанням 3.0 Гц/с, але більш точно уставка встановлюється в результаті аналізу мережі.

Уставка «Затримка спрацьовування» - 1с, вибирається для відбудови при комутаціях в енергосистемі. При малих змінах частоти (≤ 1 Гц/с) витримка часу дозволить позбутися зайвих відключень.

Рекомендоване значення параметру повернення функції 0.1 Гц/с.

1.34 Контроль чергування фаз

Функція «Контроль чергування фаз» забезпечує коректну роботу захисту та функцію контролю в системі або її частині. Порядок чергування фаз задається користувачем. Порядок чергування фаз впливає на розрахунок струмів прямої та зворотної послідовності та інших параметрів.

Існує два метода зміни чергування фаз:

за допомогою дискретного сигналу «Зворотне чергування фаз» можна змінити порядок чергування фаз в усіх точках вимірювання;

за допомогою дискретного сигналу «Інвертувати фази» можна змінити порядок чергування фаз для визначеної точки вимірювання.

Зміна порядку чергування фаз можлива тільки при зупинці електричної машини.

Функція «Контроль чергування фаз» необхідна для правильної роботи захисту при переводі електричної машини з режиму генератора в режим двигуна. Крім того, контроль зміна/и порядку чергування фаз важливий для диференційного захисту, захисту по повному опору та інше.

1.35 Телеприскорення дистанційного захисту

Для забезпечення селективної дії дистанційного захисту та без зайвих затримок повинен бути обмін інформацією з захистом на віддаленому боці лінії. Реалізація процесу телеприскорення може бути за допомогою дискретних сигналів або цифрового обміну даними. Блок логіки передачі отримує сигнал пуску дистанційного захисту та створює сигнал для передачі на інший бік лінії. Сигнал, що приймається на іншому боці лінії, заводиться через дискретний вхід (логіка деблокування) або через інтерфейс даних захисту. Для ЛЕП з відгалуженнями застосовуються функціональні блоки «Блок прийому дискретних сигналів» та «Блок прийому логіки деблокування».

Пристрій може передавати сигнали окремо для кожної фази, а це дозволяє при двох однофазних КЗ на паралельних ЛЕП провести однофазне відключення. Один із варіантів передачі інформації – з деблокуючим сигналом. Метод деблокування має перевагу у наступному:

для ЛЕП великої довжини;

якщо сигнал передається по високочастотному каналу;

якщо має місце значне затухання сигналу, що передається.

1.36 Пристрій резервування відмови вимикача

Функція «Пристрій резервування відмови вимикача» (ПРВВ) (ANSI 50BF) контролює відключення відповідного вимикача та формує команду резервного відключення при його відмові. Пуск ПРВВ ініціюється вбудованою функцією захисту пристрою або від зовнішнього захисту. Крім того для перевірки стану вимикача використовується критерій наявності струму або положення блок-контакту. Якщо вимикач включений функція запускається та починається відлік часу. При цьому безперервно перевіряється стан вимикача і, якщо він не відключається функція спрацьовує. При зовнішньому пуску ПРВВ параметр «Пуск через дискретний вхід» визначає по якому принципу (одноканальному або двоканальному) здійснюється зовнішній пуск. Вхідні сигнали порівнюються із заданими значеннями. Якщо не вдається виконати порівняння, то видається повідомлення про похибку та сигнал «Попередження». По одноканальному принципу пуск ініціюється по вхідному дискретному сигналу «ПУСК», а по двоканальному принципу повинен бути ще сигнал «ДОЗВОЛЕНО».

У функції ведеться безперервний контроль вхідних сигналів. Статичний контроль: якщо один із сигналів залишається активним більше 15с, а функція ПРВВ не активізується, то з'являється сигнал про похибку на дискретному вході та сигнал «Попередження». Динамічний контроль: якщо сигнал «ПУСК» залишається активним, а сигнал «ДОЗВОЛЕНО» не з'являється на протязі часу контролю, то спрацьовування функції блокується та видається сигнал «Попередження».

Критерій активізації функції ПРВВ по наявності струму: якщо струм однієї фази перевищує значення заданої уставки, а також якщо струм нульової або зворотної послідовності перевищує значення заданої уставки фаза вимикача буде вважатися увімкнутою.

Критерій активізації функції ПРВВ по положенню блок-контакту: двопозиційний сигнал «Положення 3ф» (функціонального блоку «Вимикач») використовується для визначення увімкнутого положення трьох фаз вимикача. Якщо двопозиційний сигнал «Положення 3ф» , не з'являється то

активізується сигнал про похибку на дискретному вході та сигнал «Попередження».

Після пуску функції ПРВВ здійснюється перевірка увімкненого положення вимикача по критеріям наявності струму та положення блок-контактів.

Повернення функції можливе тільки якщо по обом критеріям визначено відключене положення вимикача.

При дії функції ПРВВ «на себе» виконується подача сигналу на відключення із заданою витримкою часу T1 (перший ступінь ПРВВ). Якщо вимикач не відключився то він вважається несправним, та з витримкою часу T2 подається сигнал на резервне відключення (другий ступінь ПРВВ).

1.37 Автоматичне повторне включення

Функція «Автоматичного повторного включення» (АПВ) використовується для повітряних ЛЕП у функціональних групах «Вимикач»: функція циклічного АПВ; функція АПВ з адаптованою паузою без струму; робота з зовнішньою функцією АПВ.

Функція багаторазового АПВ дозволяє виконати вісім спроб повторного включення з різними уставками (по умовчання встановлений один цикл).

Функція АПВ з адаптованою паузою без струму працює без фіксованих циклів АПВ. За час паузи без струму функція АПВ визначає доцільність та дозвіл повторного включення. Критерієм успішного АПВ є наявність напруги на протилежному боці ЛЕП.

Взаємодія роботи із зовнішньою функцією АПВ та захисних функцій SIPROTEC забезпечує дискретні входи сигналами для дії захисту та подачі команди на включення.

Функції захисту впливають на функцію АПВ наступним чином:

функція АПВ ініціюється повідомленнями про спрацьовування ступенів захисту;

окремі функції захисту можна конфігурувати так, щоб повідомлення про спрацьовування захисту блокувало дію АПВ;

Функція АПВ генерує сигнали, що можуть застосовуватися для блокування або спрацьовування спеціальних ступенів захисту.

Функція багаторазового АПВ

У функції багаторазового АПВ є чотири режими роботи.

Режим 1 - спрацьовування з витримкою часу. Цикли АПВ запускаються при сигналі про відключення, при цьому також враховується сигнал загального пуску захистів.

Режим 2 - пуск з витримкою часу. Цикли АПВ запускаються при сигналі відключення, при цьому також враховується сигнал тип пуску захистів:

при однофазному пуску захистів запускаються цикли АПВ, для яких заданий час паузи без струму при однофазному пуску;

при двофазному пуску захистів запускаються цикли АПВ, для яких заданий час паузи без струму при однофазному пуску;

при трифазному пуску захистів запускаються цикли АПВ, для яких заданий час паузи без струму при трифазному пуску.

Режим 3 - спрацьовування без витримки часу. Відповідні паузи без струму починають відраховуватися після кожної команди на відключення (пуски захистів не враховуються). Режим використовується тільки при трифазному відключенні.

Режим 4 - пуск без витримки часу. Цикли АПВ запускаються при сигналі відключення. При цьому також враховується сигнал тип пуску захистів:

при однофазному пуску захистів запускаються цикли АПВ, для яких заданий час паузи без струму при однофазному пуску;

при двофазному пуску захистів запускаються цикли АПВ, для яких заданий час паузи без струму при однофазному пуску;

при трифазному пуску захистів запускаються цикли АПВ, для яких заданий час паузи без струму при трифазному пуску.

для яких заданий час безструмової паузи при трифазному пуску.

Функціональний блок «Пуск» переводить функцію АПВ в готовність при паузі без струму. Функція контролю дії сигналу пуску блокує дію функції АПВ якщо пошкодження не усувається за визначений час (наприклад при відмові вимикача).

Функціональний блок «Дозвіл на роботи ступеню» дає сигнал на дозвіл/заборону роботи деяких ступенів захисту при циклах АПВ.

Функціональний блок «Виявлення пошкоджень, що розвиваються» складається з наступних циклів:

виявлення пошкодження, що розвивається;

дія при пошкодженні, що розвивається;

трифазне телевідключення на протилежному боці ЛЕП.

Функція багаторазового АПВ має два типа блокування: статичне блокування та динамічне. Функція АПВ блокується статично якщо вона включена, але не готова до повторного включення. Функція АПВ динамічно блокується якщо умова блокування виникає у процесі її роботи.

Функція АПВ з адаптованою паузою без струму

Час паузи без струму у циклі АПВ такий, щоб була проведена відбудова від можливих перехідних процесів при ліквідації КЗ. При цьому включення проводиться з одного боку об'єкту, що захищається, а потім з витримкою часу після успішного опробування включається з протилежного боку, тобто з адаптованою паузою без струму. Пристрій з протилежного боку ЛЕП по критерію наявності напруги виявляє допустимість та момент можливого повторного включення.

Робота з зовнішньою функцією АПВ

Взаємодія роботи з зовнішньою функцією АПВ та захисних функцій SIPROTEC виконується через режим функції «Робота з зовнішньою функцією АПВ». В цьому режимі функції захисту SIPROTEC генерують команду на відключення, а зовнішній пристрій АПВ видає команду на включення.

1.38 Миттєве відключення при максимальних струмах

Функція «Миттєве відключення при максимальних струмах» виконує наступні задачі:

миттєве відключення вимикача при включені параметру «ВИКЛ» на не усунете пошкодження;

миттєве відключення вимикача при великих значеннях струму, що перевищує найбільшу уставку спрацьовування ступені МСЗ.

Функція «Миттєве відключення при максимальних струмах» має два типа характеристик:

ступінь із стандартним принципом пуску;

ступінь з пуском через інтерфейс даних захисту.

За допомогою параметру «Активація» можна задавати наступні умови пуску:

при включені параметру «Викл.»;

авжди активний;

після дискретного сигналу.

Ступінь може використовувати два методи вимірювання:

вимірювання основної гармоніки – при цьому ефективно значення порівнюється із уставкою спрацьовування;

вимірювання повного значення струму – якщо значення струму перевищить порогове значення у $2*\sqrt{2}$ рази то для даного ступеню буде зменшений час відключення вимкача.

При застосуванні параметру «Викл» уставка пуску ступеню задається коли вимикач включений;

при задані параметру «Завжди активний» уставка пуску ступеню задається заздалегідь;

при задані параметру «Тільки від дискретного сигналу» уставка пуску ступеню задається від зовнішнього джерела.

Уставка порогового значення, що рекомендується, для ТС з номінальним вторинним струмом 1А – 10А, а для ТС з номінальним вторинним струмом 5А – 50А.

Ступінь функціонує незалежно від положення віддаленого вимикача, тому порогове значення повинно бети таким, щоб наскрізний струм КЗ не спричинив спрацьовування ступеню.

Пуск через інтерфейс даних захисту дозволяється якщо на об'єкт, що захищається, не подана напруга, тобто віддалені вимикачі відключені, або включення вимикачів здійснюється шляхом подачі сигналу з іншого боку ЛЕП. Уставка порогового значення, що рекомендується, для ТС з номінальним вторинним

струмом 1А – 2,5А, а для ТС з номінальним вторинним струмом 5А – 12,5А.

Уставка порогового значення вибирається таким чином, щоб не було спрацьовування захисту при кидку струму намагнічування.

1.39 Групові повідомлення від функції максимального струмового захисту

Функціональний блок «Групові повідомлення від функції максимального струмового захисту» використовує повідомлення про пуск та спрацьовування наступних функцій:

фазний МСЗ;

МСЗ нульової послідовності;

захист від замикань на землю з великим перехідним опором у мережах із заземленою через дугогасний ректор нейтралю; струмова відсічка.

Групові повідомлення формуються по схемі «АБО», об'єднуючи при цьому пуски та спрацьовування функцій «Пуск», «Робота». Повідомлення з'являються по факту їх появи з інформацією про напрямок дії при пошкодженні

1.40 Визначення місця пошкодження

Функція «Визначення місця пошкодження» оснований на визначенні опору контуру при КЗ. Функція починає діяти коли запустилась або спрацював хоч одна з функцій: дистанційний захист, диференційний захист, захист від замикань на землю або МСЗ.

При спрацьовуванні захисту фіксуються вимірні значення напруги до КЗ та напруги КЗ. Вимірювання напруги та струму проводиться тільки в усталеному режимі, потім обчислюється опір контуру КЗ. Після відключення КЗ виміряні та розрахункові величини аналізуються та визначається місце пошкодження.

По результатам роботи функції виводяться наступна інформація:

контур КЗ, що визначається по розрахункам реактивного опору;

реактивний опір контуру КЗ;
повний опір контуру КЗ (абсолютна величина та кут);
відстань до місця пошкодження (у кілометрах);
відстань до місця пошкодження (у відсотках від довжини ЛЕП);

контур КЗ, що вибраний для визначення місця пошкодження.

При визначенні місця пошкодження дволанцюгової лінії, де має місце вплив опору взаємної індукції нульової послідовності, для виключення помилкових результатів використовується функція компенсації впливу взаємної індукції паралельних ліній.

При визначенні місця пошкодження на лініях з двостороннім живленням, особливо для ЛЕП великої довжини та сильно навантажених, необхідно враховувати напругу обох джерел живлення та потужність навантаження. Функція «Визначення місця пошкодження» компенсує вплив навантаження лінії. При однофазних КЗ на землю функція проводить аналіз струму та напруги нульової послідовності.

1.41 Відправка луна-сигналу на відключення лінії зі слабим джерелом живлення

Функція «Луна-сигнал та відключення лінії зі слабим джерелом живлення» використовується для доповнення функцій передачі інформації для дистанційного захисту та захисту від замикань на землю.

Схема телеприскорення з дозволяючим сигналом з повним охоптом (порівняння сигналів, порівняння напрямків та метод спрямованого деблокування) не отримує дозволяючий сигнал з протилежного боку лінії у наступних випадках:

лінія з одностороннім живленням – з боку, де немає живлення;

заземлення нейтралі тільки на одному боці лінії – з боку лінії, де не протікає струм нульової послідовності;

з боку лінії без живлення або зі слабим джерелом живленням.

Для прискорення відключення лінії з обох боків в цих випадках функція «Луна-сигнал та відключення лінії зі слабим

джерелом живлення» підтримує функцію відключення з боку слабого живлення.

1.42 Відключення при відсутності або недостатнього підживлення у відповідності з французькою специфікацією

Функція «Відключення при відсутності або недостатнього підживлення у відповідності з французькою специфікацією» використовується:

для відключення кінця ЛЕП з недостатньою підживлення із-за КЗ; вибирає пошкоджені фази по зниженню напруги; спрацьовує миттєво або з витримкою часу.

Визначення пошкодження здійснюється шляхом вимірювання лінійної напруги та порівняння з пороговим значенням.

Миттєвий ступінь застосовується у пристроях з пофазним відключенням.

Якщо вхідний сигнал більше ніж сигнал, що отриманий з віддаленого кінця та при цьому одночасно виявляється зниження напруги, миттєвий ступінь генерує повідомлення про операції, що проведені з вимикачем.

Якщо виявлено зниження напруги при активному вхідному сигналі більшому, ніж сигнал, що отриманий з віддаленого кінця та порогове значення перевищене, видається повідомлення про внутрішнє пошкодження. Якщо дія ступеню продовжується більше 500 мс, то генерується повідомлення про операції з вимикачем у трьох фазах.

Ступінь з витримкою часу дозволяє провести відключення лінії навіть при збої у каналі обміну даними. Запуск ступені виконується селективним по фазам та при виявленні зниження напруги після закінчення виставленої витримки часу дає команду на відключення.

1.43 Зовнішнє відключення трифазне

Функція «Зовнішнє відключення, трифазне»:

приймає та оброблює сигнали від зовнішніх пристроїв керування або релейного захисту;

дозволяє інтегрувати сигнали від зовнішнього захисного обладнання при отриманні повідомлень, наприклад, від газового реле або захисту від замикань на землю;

забезпечує відключення вимикача при взаємодії з функцією захисту шин;

забезпечує відключення вимикача у випадку відмови вимикача з іншого боку лінії.

Функція «Зовнішнє відключення, трифазне» має один ступінь, але можливо її використовувати декілька разів. Ступінь функції можна переключити у неробочий режим, тобто заблокувати.

Режим затримки спрацьовування функції – від 0 до 60с (по умовчужанню 0.05с).

1.44 Миттєве відключення при включені на пошкодження

Функція миттєвого відключення при включені на пошкодження призначена для миттєвого відключення при включені на КЗ. Функція не виконує вимірювання параметрів струму та напруги, а тому має зв'язок з іншими захисними функціями та служить для їх прискорення і активізується при виконанні операції включення вимикача.

Функція по умовчанню має один ступень (максимум може мати два ступені).

1.45 Захист від теплового перевантаження

Функція «Захист від теплового перевантаження» (ANSI 49) використовується для:

захисту генераторів, трансформаторів, двигунів, конденсаторів, повітряних та кабельних ЛЕП від теплового перевантаження;

контролю теплового стану генераторів, трансформаторів, двигунів, конденсаторів, повітряних та кабельних ЛЕП.

Для захисту використовується вимірювання струмів. Функція розраховує перевищення температури по величинам фазних струмів. Якщо по результатам розрахунків температура обладнання перевищить значення $T_{\text{гран}}$ (граничне значення), то

захист дасть сигнал «Попередження», а якщо буде перевищене значення – $T_{\text{від}}$ (температура відключення), то захист дасть команду на відключення.

Функція має один ступінь. Розрахунок проводиться для кожної фази та відображається у відсотках. Так $T_{\text{від}}=100\%$ це поріг спрацьовування захисту. Розрахункова модель враховує температуру навколишнього середовища (задана опорна температура 40°C). При цьому коректується допустиме теплове перевантаження. вимірювання температури навколишнього середовища здійснюється за допомогою внутрішнього резистивного датчика температури. Для запобігання зайвих спрацьовувань захисту теплова модель розрахунку враховує можливі струми перевантаження, наприклад, пускові струми електродвигунів. Для цього передбачено блокування пам'яті теплової моделі та обмеження для неї значення вхідного струму.

Якщо температура знизиться до значення меншого температури повернення, то захист повертається у вихідне положення.

Для запобігання включення обладнання при високій температурі використовується сигнал «Блокування включення»

1.46 Однофазний захист від теплового перевантаження

Функція «Однофазний захист від теплового перевантаження» (ANSI 49) має один ступінь та використовується для захисту від теплового перевантаження реакторів та резисторів, що підключені до нейтралей трансформаторів.

Для роботи захисту використовується вимірювання струмів. Функція розраховує перевищення температури по величині струму на основі теплової моделі розрахунку.

При досягненні порогового значення температури $T_{\text{гран}}$ (граничне значення) видається попереджувальне повідомлення, а якщо буде перевищене значення температури відключення $-T_{\text{від}}$, то буде дана команда на відключення. Температура $T_{\text{гран}}=100\%$ відповідає температурі при протіканні максимального тривало допустимого струму. При цьому коректується допустиме теплове перевантаження вимірювання температури навколишнього

середовища - здійснюється за допомогою внутрішнього резистивного датчика температури.

Для запобігання зайвих спрацьовувань захисту теплового модуль враховує можливі струми перевантаження, наприклад струми зовнішніх КЗ. Для цього передбачено блокування пам'яті теплової моделі та обмеження для неї вхідного струму. Якщо температура знизиться та стане менше температури повернення то захист повертається у вихідне положення.

Для запобігання включення обладнання при високій температурі використовується сигнал «Блокування включення»

1.47 Контроль температури

Функція контролю температури перевіряє тепловий стан трансформаторів, двигунів, генераторів (в тому числі температуру у підшипниках на предмет порушення граничних значень). Температура вимірюється у різних частинах обладнання (максимум 48 точок) за допомогою резистивного датчика температури – блок RTD. Кожна точка вимірювання температури має два ступені порогового значення. За допомогою параметра «Порогове значення першого ступеню» виставляється температура пуску (по умовчанням 100°C) першого ступеню відключення з витримкою часу 5с. За допомогою параметра «Порогове значення другого ступеню» виставляється температура пуску (по умовчанням 120°C) другого ступеню. У цьому випадку із заданою витримкою часу дається команда на відключення вимикача.

Параметр «Місце розташування датчика» вказує де вимірюється температура.

1.48 Захист від повторного запалювання дуги

Функція «Захист від повторного запалювання дуги»:
виявляє дугові перекриття у вимикачі, які можуть виникнути при відключенні конденсаторної батареї;

діє на вимикання суміжних приєднань при виявленні дугових замикань у вимикачі.

При виявленні дугового перекриття у вимикачі функція дає команду на відключення вимикача попереднього елемента, як правило, ввідного вимикача на систему шин.

Логіка по контролю відключення виконує наступні умови якщо параметр «Достовірність по ПРВВ» встановлений у положення «так» то контролюється сигнал пуску ПРВВ;

якщо параметр «Достовірність по команді відключити» встановлений у положення «так» то контролюється команда на відключення;

якщо параметр «Достовірність по дискретному входу» встановлений у положення «так» то контролюється сигнал «дозволено».

Якщо одна з умов виконується, то на протязі 5с видається сигнал про успішне виконання контролю відключення.

Логіка пуску/зупинки контролю по струму захисту від повторного запалювання дуги визначає тривалість контролю повторного відключення вимикача. Контроль по струму запускається при виконанні однієї з наступних умов:

положення вимикача «відключений», що визначається за допомогою блок-контактів на протязі часу, що заданий у параметрі «затримка визначення положення вимикача»;

активується вхідний сигнал «Пуск».

При успішному виконанні всіх умов запуску починає працювати таймер «Тривалість контролю», визначає час на протязі якого буде контролюватися запалювання дуги.

Для роботи функції вимірюється основна гармоніка струму, яка є хорошим критерієм для надійного виявлення запалювання дуги. Якщо струм полюбій фазі перевищує порогове значення функція запускається, що вказує на запалення дуги у вимикачі після його відключення.

Функція може дати команду на повторне відключення, а при неуспішному відключенні, йде команда на роботу ПРВВ.

Уставки, що задаються по умовчужанню:

параметр «Затримка визначення положення вимикача» - 0,02с;

параметр «Тривалість контролю» - 200с;

параметр «Порогове значення» - 0,25А;

параметр «Затримка на повернення» - 0,05с;

1.49 Захист від асинхронного ходу

Функція «Захист від асинхронного ходу» (ANSI 78):
визначає асинхронний режим роботи між синхронним генератором та енергосистемою або між енергосистемами;
захищає синхронні генератори від недопустимого електромеханічного впливу;
попереджує пошкодження та неприйнятний знос обладнання;
забезпечує стійкість енергосистеми шляхом її поділу;
служить для інтеграції у комплексні автоматичні операції моніторингу енергосистеми та проведення відключень;
застосовується для крупних блоків електростанцій у якості основної функції;
використовується у захисті енергосистеми для проведення селективних відключень при хитаннях.

Функція забезпечує одночасно роботу чотирьох ступенів.

Захист від асинхронного ходу містить у функціональній групі три входи по струму та напрузі. Контроль процесу забезпечує функцію інформацією про стан об'єкту, що захищається (ЛІЕП або блок електростанції)

Функція «Захист від асинхронного ходу» працює на основі визначення повного опору та порівнює з опором, який був у нормального режимі роботи.

Основні компоненти для функції визначаються по вимірним значенням фазної напруги та струму, та розрахованим складовим прямої послідовності.

Особливі випадки:

при хитаннях у енергосистемі виникають несиметричні КЗ – робота ступеню блокується;

якщо виявляється відключеною одна фаза вимикача, то обчислюване значення опору непошкодженого контуру приймається як тимчасове.

Виявлення асинхронного ходу виконується коли складова струму прямої послідовності більше встановленого порогового значення. В іншому випадку ступінь блокується. При несиметричних КЗ проводиться аналіз складової струму

зворотної послідовності та, якщо його величина перевищує установлене значення, ступінь блокується.

Лічильник хитань потужності починає відраховувати при фіксації зниження опору системи нижче встановленого рівня.

Уставки захисту визначаються конфігурацією енергосистеми. Якщо у енергосистемі виникло хитання потужності то захист поділяє її на частини, які можуть працювати стабільно.

Рекомендоване значення складової струму прямої послідовності для блокування ступеню 20%. Якщо частота хитань, що очікується, перевищує 7 Гц то значення струму прямої послідовності для блокування ступеню збільшується до 40 – 50%.

1.50 Функціональний блок виявлення кидка струму намагнічування

Функціональний блок «Виявлення кидка струму намагнічування»:

визначає кидок струму намагнічування трансформатору;

формує блокуючий сигнал для функцій захисту трансформатору та інших функцій, на які може негативно впливати процес включення трансформатору;

дозволяє задати уставки функціям захисту з високою чутливістю.

Функціональний блок «Виявлення кидка струму намагнічування» формує блокуючий сигнал:

МСЗ, якщо його струм спрацьовування менше максимального кидка струму намагнічування;

захисту зворотної послідовності, як чутливого резервного захисту трансформатору.

Алгоритм функціонального блоку виявлення кидка струму намагнічування використовує два метода: метод аналізу гармонічного складу та метод аналізу форми кривої струму. По першому методу визначається співвідношення другої та основної гармоніки, а по другому визначає плоскі ділянки на кривих струму трьох фаз.

Якщо струм спрацьовування МСЗ більше максимального кидка струму намагнічування то функціональний блок «Виявлення кидка струму намагнічування» блокується.

1.51 Загальний захист по потужності трифазний

Функція «Загальний захист по потужності трифазний» (ANSI 32) використовується:

виявлення виходу величин активної та реактивної потужності за порогові значення;

для контролю за встановленими граничними значеннями потужності та вихідними попереджувальними сигналами;

виявлення зворотного напрямку по активній та реактивній потужності в електроенергетичних системах та електричних машинах;

для виявлення електричних машин, що працюють без навантаження, та видачі повідомлення для їх відключення;

для інтеграції в різні рішення по автоматизації процесів в енергосистемах.

Функція захисту по потужності можна інтегрувати в функціональні групи, що подають для розрахунку потужності виміряні значення струмів та напруги трьох фаз. Функція має по умовчанням по одному ступеню для активної та реактивної потужності:

потужність $P > 1$;

потужність $Q > 1$;

потужність $P < 1$;

потужність $Q < 1$.

Одночасно можуть спрацьовувати по 4 ступені активної та реактивної потужності. При спрацьовуванні ступенів видається попереджувальне повідомлення.

Параметр «Виміряне значення» застосовується для визначення яка потужність аналізується при спрацьовуванні ступеню: потужність прямої послідовності, потужність фази А, п фази В, фази С.

Характеристика пуску – ступінь спрацьовує при збільшені чи зменшені потужності. Порогове значення пуску ступеню задається, а ступінь порівнює вибране значення потужності з

пороговим значенням. Можна установити затримку на повернення ступеню коли виміряне значення потужності нижче порогового значення на відключення. Можна також установити затримку на спрацьовування ступеню.

Блокування ступеню проводиться дискретним сигналом як від зовнішнього пристрою так і від внутрішнього.

1.52 Захист по реактивній потужності з контролем по зниженню напруги

Функція «Захист по реактивній потужності з контролем по зниженню напруги» (ANSI 78/Q):

визначає критичні ситуації в енергосистемі (в основному у випадку генерації із зворотним зв'язком);

запобігає лавини напруги - відмикає електроенергетичну установку від енергосистеми;

забезпечує повторне підключення при відновлені стійкості енергосистеми.

Функція налаштовується з одним ступенем захисту та одним ступенем повторного включення. У функції можуть одночасно працювати два ступені захисту та один ступінь повторного включення.

Для виявлення критичних ситуацій у енергосистемі функція «Захист по реактивній потужності з контролем по зниженню напруги» використовує значення основної гармоніки лінійних напруг, струмів прямої послідовності та реактивної потужності.

Позитивний напрямок потоку реактивної потужності по умовчання співпадає з напрямком дії захисту від КЗ – напрямок в сторону об'єкту, що захищається.

Ступінь захисту спрацьовує при наступних умовах:

всі три лінійних напруги зменшуються нижче порогового значення;

струм прямої послідовності перевищує порогове значення;

реактивна потужність, що споживається, перевищує порогове значення.

Блокування ступеню проводиться при отриманні сигналу з дискретного входу із внутрішнього чи зовнішнього пристрою;

при пошкодженні у ланцюгах напруги;
при отриманні сигналу від функції «Виявлення кидка струму намагнічування».

Ступінь повторного включення спрацьовує при вимірюванні основної гармоніки струму та напруги. Дозвіл на повторне включення видається при наступних умовах:

всі три лінійних напруги не перевищують порогове значення;

частота напруги у мережі знаходиться у межах заданого діапазону;

закінчилася витримка часу спрацьовування захистів, що запущені.

Ступінь повторного включення може бути запущена від сигналу дискретного входу, що підключений до зовнішніх захистів по напрузі та частоті.

Ступінь повторного включення може бути заблокована від зовнішнього сигналу.

Параметр конфігурації визначає який сигнал спрацьовування функцій захисту дозволяє запуск ступеню повторного включення:

захист максимальної частоти;

захист мінімальної частоти;

захист максимальної напруги;

захист мінімальної напруги;

ступінь функції захисту по реактивній потужності, що діє при зниженні напруги.

Уставка по струму, що рекомендується, для запуску ступеню 0,1 А. Уставка по напрузі, що рекомендується, для запуску ступеню 95,0 В. Уставки по частоті, що рекомендуються, для запуску ступеню: +0,05 Гц, -2,5 Гц.

1.53 Виявлення кидка струму

Задачі функції «Виявлення кидка струму»:

виявлення кидка фазного струму та струму нульової послідовності;

видача повідомлення у випадку коли у ЛЕП параметри, що вимірюються, на протязі одного періоду змінюються на величину, що перевищує порогове значення.

Функція є додатковою та використовується для сигналізації та подальшої обробки та аналізу отриманої інформації.

Функція працює з дискретними значеннями, а це забезпечує малий час реакції на раптову зміну струму. Функція не чутлива на повільні зміни струму або частоти. Якщо встановлене порогове значення струму перевищене то видається повідомлення «Кидок» та інформацію по відповідному фазному струму або струму нульової послідовності.

1.54 Виявлення стрибка напруги

Задачі функції «Виявлення кидка напруги»:

виявлення кидка фазної напруги та напруги нульової послідовності;

видача повідомлення у випадку коли у ЛЕП параметри, що вимірюються, на протязі одного періоду змінюються на величину, що перевищує порогове значення.

Функція є додатковою та використовується для сигналізації, подальшої обробки та аналізу отриманої інформації.

Функція працює з дискретними значеннями, а це забезпечує малий час реакції на раптову зміну напруги. Функція не чутлива на повільні зміни напруги або частоти. Якщо встановлене порогове значення перевищене то видається повідомлення «Кидок» та інформацію по відповідній фазній нарузі або нарузі нульової послідовності.

1.55 Дуговий захист

Функція «Дуговий захист» виконує наступне:

виявляє дугу у розподільчих пристроях з повітряною ізоляцією;

обмежує пошкодження обладнання шляхом миттєвого відключення;

захищає обладнання від теплового перевантаження;

підвищує безпеку персоналу;

проводить трифазне відключення;

використовується для електрообладнання любого класу напруги.

По умовчання функція «Дуговий захист» має три ступені, але максимум може мати 17 ступенів відключення.

Функція «Дуговий захист» виявляє дугове замикання за допомогою оптичних датчиків, що підключені до пристрою дискретний вхід або інтерфейс.

Функція «Дуговий захист» має можливість проводити самодіагностику - контролює оптичні датчики дуги та волоконо-оптичні кабелі, що призначені для передачі циклічно тестового сигналу до оптичних датчиків дуги.

1.55 Вибір точки вимірювання напруги

Функціональний блок «Вибір точки вимірювання напруги»: надає можливість переключення точок вимірювання напруги якщо різні точки вимірювання напруги підключаються до інтерфейсу напруги функціональної групи;

вибір правильної напруги при різних положеннях перемикача установки.

У блоці є перевірки відповідності, що підтверджують підключення точок вимірювання напруги до функціональної групи:

підключення точок вимірювання напруги до інтерфейсу функціональної групи повинно бути однотипним;

первинна та вторинна номінальна напруга повинна бути однаковою для всіх точок вимірювання;

якщо до інтерфейсу напруги підключено декілька точок вимірювання необхідно використовувати функціональний блок для їх вибору.

1.57 Захист від несиметричного навантаження

Функція «Захист від несиметричного навантаження» визначає несиметричні навантаження або обрив фаз у мережах живлення електричних машин.

У захисті використовується один або два ступені.

Для роботи ступенів використовується струм зворотної послідовності, який розраховується із значень трьох фазних струмів, що вимірюються. Якщо струм зворотної послідовності

перевищує тривало допустиме значення на протязі встановленого проміжку часу то видається попереджувальний сигнал. Проміжок часу, що дозволяє несиметричне навантаження:

$$t_{I2don} = K / (I_2 / I_{ном}), \quad (1.3)$$

де K – коефіцієнт несиметричного навантаження електричних машин;

$I_2 / I_{ном}$ – струм несиметричного навантаження у відносних одиницях;

$I_{ном}$ – номінальний струм електричної машини.

Коефіцієнт несиметричного навантаження електричних машин вибирається виходячи з їх технічних даних – допустимий час роботи електричних машин при 10% несиметрії.

Параметр «Максимально допустимий струм зворотної послідовності - $I_2=10\%$ »;

Час видача попереджувального сигналу про несиметричне навантаження 15с.

1.58 Захист від перенапруги з використанням напруги зворотної послідовності або остаточної напруги.

Функція «Захист від перенапруги з використанням напруги зворотної послідовності або остаточної напруги» (ANSI 59):

призначена для виявлення замикань на землю у мережах з ізолюваною або компенсованою нейтраллю;

може визначити у якій фазі відбулося замикання на землю;

служить для виявлення замикань на землю у обмотках статора електричних машин.

У захисті використовується максимум три ступені, що мають однакову структуру. Для роботи функції вимірюється напруга на обмотках ТН, що з'єднані у розімкнутий трикутник або розраховується напруга нульової послідовності на основі вимірювань трьох фазних напруг. За допомогою параметра «Метод вимірювання» визначається або амплітуда основної гармоніка напруги або її ефективне значення.

Якщо у двох фазах напруга більше ніж задане значення напруги непошкодженої фази, а у третій напруга менше, то вважається що відбулося замикання на землю.

Блокування ступенів при несправності у ланцюгах напруги виконується за допомогою функціонального блоку «Пошкодження у ланцюгах напруги», або сигналу від автоматичного вимикача у вторинних колах ТН, а також від дискретного сигналу «Блокування ступеню».

Порогове значення напруги на виводах обмоток ТН, що з'єднані у розімкнутий трикутник, – 30 В.

Параметр «напруга непошкодженої фази» - 75В.

Коефіцієнт повернення - 0,95.

Затримка спрацьовування – 3,0с.

1.59 Захист від перезбудження

Функція «Захист від перезбудження» (ANSI 24) використовується для виявлення підвищення магнітного потоку або індукції у генераторах та трансформаторах. Такий захист обмежує теплове навантаження, що викликане великими вихровими струмами. Значення індукції знаходиться непрямым методом як відношення напруги до частоти.

Функція має два виду ступенів:

залежний ступінь, що представляє характеристичну криву, що регулюється (теплову характеристику), яка визначається користувачем;

незалежний ступінь, що забезпечує затримку з використанням часової компоненти (два ступені).

Вхідними величинами функції є лінійна напруга, що вимірюється безперервно та частота, що визначається по алгоритму різниці кутів. Таким чином отримується вираз:

$$(U/U_{ном})/(f/f_{ном}), \quad (1.4)$$

де U – напруга, що виміряна;

$U_{ном}$ – номінальна напруга;

f - частота, що виміряна;

$f_{ном}$ – номінальна частота.

Якщо перевищене порогове значення цієї величини, то запускається таймер По закінченню встановленої витримки часу видається сигнал – попередження. Якщо час, що отриманий з теплової характеристики перевищений, ініціюється сигнал на відключення та сигнал на охолодження.

Блокування ступеню проводиться від дискретного сигналу «Блокування ступеню».

Порогове значення величини, що визначається – 2000.

Параметр «Час видачі попереджувального сигналу – 10,0с.

Параметр «Час охолодження теплової моделі» - 3600с.

1.60 Диференційний захист електродвигуна

Функція «Диференційний захист електродвигуна» (ANSI 87M):

виявляє замикання на землю та багатофазні КЗ у електродвигунах, що працюють у мережах з ізольованою нейтралю;

виявляє замикання на землю та багатофазні КЗ у електродвигунах, що працюють у мережах із заземленою нейтралю;

забезпечує селективну дію при насичені ТС, що може мати місце при запуску електродвигуна;

надійно спрацьовує при пошкодженнях електродвигуна, що супроводжується великими струмами.

Функція «Диференційний захист електродвигуна» складається з двох ступенів $I_{\text{диф}}$ та $I_{\text{диф швид.}}$. Функція ступеню $I_{\text{диф}}$ для кожної фази обчислюється на основі виміряних миттєвих значень струмів. За позитивний напрямок струму вважається напрямок до об'єкту, що захищається. Складова основної гармоніки визначається за допомогою ряду Фур'є. У якості гальмівного струму використовується струм, у тій точці вимірювання, де він досягає максимального значення.

При зовнішніх КЗ, що супроводжуються великими струмами, проводиться контроль диференційного та гальмівного струму з урахуванням того, що ТС може насичуватися. При цьому за основу береться інтервал часу, коли ТС не насичений. Якщо значення гальмівного струму перевищить значення

параметру «Уставка додаткового гальмування» та значення диференційних струмів всіх фаз будуть одночасно знаходитись у зоні додаткового гальмування, то визначається зовнішнє КЗ і ступінь блокується. Додаткове гальмування виводиться з дії якщо значення гальмівного струму буде менше значення параметру «Уставка додаткового гальмування».

При виникненні внутрішнього пошкодження як наслідок зовнішнього пошкодження блокування ступеню знімається.

При зовнішніх пошкодженнях у мережі та наявності аперіодичної складової у струмі для запобігання зайвих спрацьовувань захисту виконується наступне:

контролюється кидок гальмівного струму;

при виявленні кидка гальмівного струму розраховується аперіодична складова з затримкою часу у один період від найбільшого миттєвого значення гальмівного струму. Розраховане ефективне значення гальмівного струму порівнюється з встановленим значенням та контролюється його перевищення;

диференційний струм у 3-х фазах повинен менше струму, визначеного по характеристиці повернення (гальмівна характеристика з коефіцієнтом 0,7).

Для запобігання хибної дії захисту при запуску електродвигунів використовується функція збільшення уставки спрацьовування захисту при включенні електродвигунів. Уставка спрацьовування збільшується як тільки гальмівний струм у всіх фазах становиться менше заданого значення «Уставки виявлення пуску». Якщо гальмівний струм становиться більше заданого значення «Уставки виявлення пуску» то з витримкою часу починається повернення функції виявлення пуску.

Основною задачею ступеню $I_{\text{диф}}$ є швидке відключення при наявності великих струмів при внутрішніх відключеннях. При цьому контролюється насичення ТС та відбудована від зовнішніх КЗ.

Функція використовує комбінацію двох видів вимірювання:

вимірювання миттєвих значень струму;

розрахунки за допомогою ряду Фур'є.

У алгоритмі розрахунку враховуються наступні умови:

безперервно контролюються швидкість зміни гальмівного струму та порівнюється з встановленим значенням;

визначається співвідношення між диференційним та гальмівним струмом $i_{\text{диф}} > 0,8 i_{\text{гальм}}$;

визначається перевищення диференційним струмом порогового значення.

При виконанні всіх умов миттєво видається сигнал на відключення. Якщо перша умова виконана, а друга ні функція блокується на час 300 мс.

1.61 Контроль часу пуску електродвигуна

Функція «Контроль часу пуску електродвигуна» (ANSI 48) захищає електродвигун від дуже довгих операцій запуску та тим самим доповнює функцію «Теплове перевантаження». При цьому можливе значне зниження напруги, надмірні моменти навантаження, стан із заблокованим ротором.

Функція може працювати з одним ступенем з інверсійною характеристикою та з двома ступенями з характеристиками, що визначаються користувачем.

Ступінь з інверсійною характеристикою складається з однією тепловою характеристикою та кривою, що не залежить від витримки часу. Величина, що вимірюється, - основна гармоніка фазних струмів. При запуску ступеню запускається таймер. Час спрацьовування функції визначається наступним чином:

$$t_{\text{спр}} = (I_{\text{пуск вст}}/I)^2 * T_{\text{пуск вст.}} \quad (1.5)$$

де $I_{\text{пуск вст.}}$ - встановлене по документації значення пускового струму електродвигуна;

I - значення струму, що вимірюється при запуску електродвигуна;

$T_{\text{пуск вст.}}$ - час спрацьовування функції при струмі $I_{\text{пуск вст.}}$.

Ступінь з незалежною витримкою часу спрацьовує при блокуванні ротору та відключенні вентиляції. Час відключення електродвигуна при цьому мінімальний.

Параметр «Стан ротору» вказує у якому стані знаходився ротор: у холодному чи гарячому. При цьому функція використовує відповідні характеристики.

Уставки по умовчанняю:

«максимальний час пуску» 10 с,

встановлене по документації значення коефіцієнта пускового струму електродвигуна – 4,9.

Ступінь з характеристиками, що визначаються користувачем використовується аналогічно ступеню з інверсійною характеристикою, але більшими можливостями, що задаються користувачем.

1.62 Заборона перезапуску електродвигуна

Функція «Заборона перезапуску електродвигуна»:

запобігає перезапущу електродвигуна характеристика ротору при запуску буде перевищувати дозволена теплова межу;

забороняє декілька запусків електродвигуна у короткий проміжок часу;

гарантує потрібний проміжок часу між зупинкою та повторним запуском електродвигуна.

Функція «Заборона перезапуску електродвигуна» може використовувати одночасно один тепловий ступінь, один ступінь лічильника та один ступінь таймеру.

Допустима межа, при якій дозволяється запуск електродвигуна та температура ротору визначається з його теплової моделі. Заборона повторного пуску формується при наступних умовах:

температура ротору перевищує температуру, при якій дозволяється повторний пуск;

на протязі періоду рівноваги.

Загальний час заборони повторного пуску розраховується наступним чином:

якщо температура ротору перевищує температуру допустимого значення, при якому дозволений повторний пуск та при цьому

$$T_{рівн} + T_{тепл} > T_{заб.мін} \quad (1.6)$$

$$T_{заб} = T_{рівн} + T_{тепл}, \quad (1.7)$$

якщо температура ротору перевищує температуру допустимої межі, при якому дозволений повторний пуск та при цьому

$$T_{рівн} + T_{тепл} < T_{заб\,мін}; \quad (1.8)$$

$$T_{заб} = T_{заб\,мін}; \quad (1.9)$$

якщо температура ротору менше температури допустимого значення, при якому дозволений повторний пуск, то

$$T_{заб} = T_{рівн} \quad (1.10)$$

де $T_{заб}$ – час заборони пуску електродвигуна;

$T_{рівн}$ – час теплової рівноваги;

$T_{тепл}$ – час охолодження;

$T_{заб\,мін}$ – мінімальний час заборони пуску.

Сигнал «Аварійний пуск» скидає сигнал «Заборона перезапуску електродвигуна», а також внутрішній таймер.

По умовчанню мінімальний час заборони – 6 хвилин; додаткова кількість пусків на протязі заданого часу – 3; інтервал часу додаткова пусків – 60 хвилин.

1.63 Захист від теплового перевантаження ротору

Функція «Захист від теплового перевантаження ротору» (ANSI 49R) застосовується для захисту ротору асинхронного двигуна від теплового перевантаження та спрацьовує коли його температура перевищує максимально допустиму. При цьому видається попереджувальне повідомлення.

У функції «Захист від теплового перевантаження ротору» використовується один ступінь. Дані температури ротору поступають з функціонального блоку «Теплове модулювання ротору».

1.64 Захист від блокування ротору

Функція «Захист від блокування ротору» захищає двигун у разі раптового блокування ротору. Швидке вимикання двигуна дозволяє уникнути або зменшити пошкодження механічних компонентів двигуна. Функція реагує на кидок струму, що виникає при блокуванні ротору. При цьому вимірюється пряма послідовність струму.

У функції «Захист від блокування ротору» використовуються максимум два ступені. Для визначення стану блокування ротору порівнюється фазний струм з параметром «Уставка спрацьовування». При запуску двигуна функція блокується.

Функція вводиться в дію коли вичерпаний час допустимого перевищення теплового перевантаження.

Параметри по умовчванню:

«Уставка спрацьовування» 2 А,

«Уставка затримання» 1,0 с,

«Видача тимчасового дозволу» 5,0 с.

1.65 Пристрій резервування відмови вимикача для системи збірних шин

Функція «Пристрій резервування відмови вимикача (ПРВВ) для системи збірних шин» спрацьовує при пошкодженні на збірних шинах. Функція контролює роботу вимикача спільно з наступними функціями:

диференційний захист шин;

пристрій резервування відмови вимикача;

зовнішнє відключення секції збірних шин (безпосереднє);

зовнішнє відключення секції збірних шин (від приєднання).

Коли спрацьовує захист шин перевіряється стан роз'єднувачів приєднань до даної системи шин, потім йде команда на відключення вимикачів цих приєднань та активізується функція ПРВВ. Якщо після спрацьовування захисту по струмовому критерію визначається що вимикач не відключився то починається відраховуватись час затримки T_2 . Якщо за цей час відбудеться відключення то функція не спрацює. У протилежному випадку буде виконане трифазне відключення.

Після запуску функції контролюється стан вимикача і якщо струм не перевищує порогове значення то функція повертається.

По умовчужанню:

уставка фазного струму 0,5 А;

уставка струму нульової послідовності 0,25 А;

уставка часу T_2 0,13 с;

мінімальний час спрацьовування 0,1 с.

1.66 Захист збірних від пошкодження у «мертвій» зоні

Функція «Захист збірних від пошкодження у «мертвій зоні» захищає ділянку мережі між відключеним вимикачем та ТС. Зона захисту визначається місцем знаходження ТС:

ТС розташований з боку збірних шин;

ТС розташований з боку лінії;

ТС розташований на шино з'єднувальному пристрої.

При розміщені ТС з боку збірних шин функція поширює зону захисту шин до вимикача. В цьому випадку в зону захисту входить ділянка між вимикачем та ТС. При пошкодженні на цій ділянці спрацьовує миттєво захист шин.

При розташованій ТС з боку лінії захист попереджує хибне спрацьовуванням захисту збірних шин. В цьому випадку може тільки відключитися вимикач з протилежного боку ЛЕП, а потім по каналам передачі прийде сигнал на відключення вимикача з боку збірних шин. Захист може діяти з витримкою часу.

Якщо захист виконаний без визначення положення вимикача та з одними ТС, то вимикається одна система шин з боку ТС, а система шин з боку вимикача відключається захистом шин. Після цього запускається функція «Пристрій резервування відмови вимикача для системи збірних шин» та з витримкою часу T_2 включає систему з боку вимкненого міжшинного вимикача. При цьому дається сигнал про пошкодження у мертвій зоні. Якщо шиноз'єднувальною пристрій виконаний з двома ТС, то миттєво вимикають обидві системи шин.

Якщо захист виконаний з визначенням положення вимикача та з одними ТС, то при відключеному вимикачу диференційним захистом шин вимикається тільки система збірних з боку ТС.

Якщо захист виконаний з визначення положення вимикача та з двома ТС, то при відключеному вимикачу диференційним захистом шин вимикаються обидві системи збірних шин. А потім вмикається система шин з боку відключеного міжшиного вимикача.

Якщо захист виконаний з визначенням положення вимикача та з одними ТС, то при включеному міжшиному вимикачу то вмикається система з боку ТС, а потім вмикається система з боку вимикача. Після цього запускається функція ПРВВ та вмикає систему шин з боку відключеного міжшиного вимикача.

Функція «Захист збірних від пошкодження у «мертвій» зоні» блокується при наступному:

- при включеному вимикачу;
- після команди на включення вимикача на протязі 200 мс;
- для роботи резервного вимикача з ТС, що встановлені на лінії;
- при налаштуванні вхідного сигналу;
- при деактивації функції або функціональної групи;
- при активізації кола самоконтролю;
- при отриманні хибних даних.

1.67 Зовнішнє відключення секції збірних шин (пряме)

Функція «Зовнішнє відключення секції збірних шин (пряме)» дозволяє за допомогою зовнішнього сигналу відключати всі комірки, що приєднані до пошкодженої секції збірних шин. Захист збірних шин визначає положення роз'єднувача для виявлення пошкодженої секції. Зовнішній сигнал може бути відправлений з дискретного входу або через функцію обміну даними захисту.

Для того, щоб здійснилося зовнішнє відключення повинен бути отриманий сигнал дозволу на відключення на протязі заданої витримки часу. Якщо сигнал дозволу не отриманий, то функція включає режим роботи «Аварійне повідомлення».

Блок «Контроль часу» завжди активний та не може бути відключений. Крім того здійснюється контроль зовнішньої команди відключення та сигналу дозволу.

Функція контролю спрацьовує при наступних умовах:

якщо тривалість команди на відключення збірних шин перевищує час контролю для отримання команди дозволу: для кожної секції збірних шин видається повідомлення «Зовнішнє відключення не дозволено»;

якщо команда на відключення є більше 15 с, а сигнал дозволу не отриманий;

якщо сигнал дозволу є більше 15 с, а команда на відключення не отримана;

1.68 Зовнішнє відключення секції збірних шин (із комірки)

Функція «Зовнішнє відключення секції збірних шин (із комірки)» отримає команду на відключення пошкодженої секції збірних шин від зовнішнього пристрою. Функція визначає положення роз'єднувача та які комірки підключені до пошкодженої секції збірних шин. Сигнал на відключення може бути отриманий або з дискретного входу або через функцію обміну даними захисту.

Функція запускається на фазоселективній основі, а відключення відбуваються без витрики часу якщо виконуються наступні умови:

функція активована;

команда від зовнішнього пристрою активована;

сигнал дозволу на відключення отриманий.

Для запобігання зайвих відключень контролюється час між отриманням вхідних сигналів. Функція контролю часу працює постійно. При необхідності функція «Зовнішнє відключення секції збірних шин (із комірки)» переключиться у режим «Аварійне повідомлення». Якщо сигнал дозволу не буде отриманий на протязі встановленого часу контролю то видається повідомлення про пошкодження. Якщо після активізації одного з вхідних сигналів на протязі 15с інший сигнал не активований то формується повідомлення «Збій при запуску» або «Збій при дозволу»

1.69 Розрахунок гарячих точок

Функція «Розрахунок гарячих точок» (ANSI 49H) призначена для захисту трансформатору від теплових руйнувань при підвищенні робочих струмів, а також контролю температури в обмотках.

Розрахунок найбільш нагрітої точки включає в себе визначення трьох змінних даних:

- температура найбільш нагрітої точки;
- відносна швидкість старіння;
- резерв навантаження до видачі попереджувальної та аварійної сигналізації.

Для розрахунку найбільш нагрітої точки необхідна наступна інформація:

- способи охолодження;
- коефіцієнт потужності;
- температура охолоджувача (температура трансформаторного масла);
- геометричні розміри трансформатору;
- постійні часу трансформаторного масла та обмоток;
- фактори згідно з МЕК 600796 або IEEE C57/91 2011.

Температура верхнього шару масла вимірюється у точках для вимірювання температури. У цьому випадку забезпечується передача даних від 12 точок вимірювання температури у пристрій захисту. Одна з цих точок вибирається для розрахунку температури найбільш нагрітої точки.

Функція «Розрахунок гарячих точок» є постійно діючою.

Для розрахунку гарячої точки визначається температура масла у верхній частині трансформатору та різниця температур між гарячою точкою та масла у верхній частині трансформатору. Співвідношення температур гарячої точки та масла у верхній частині трансформатору визначають два фактори:

- зміна в'язкості масла (характер потоку масла);
- зміна активного опору витків обмотки (залежність від їх нагріву).

Розрахунок відносного старіння. Термін служби ізоляції на основі целюлози вказується при температурі середовища 98°C у безпосередній близькості від ізоляції, а потім по емпіричній

формулі розраховується термін її служби при температурі, що відрізняється від 98°C.

У функції «Розрахунок гарячих точок» передбачено дві уставки сигналізації по температурі: попереджувальна сигналізація та аварійна, а також уставки по старінню ізоляції: попереджувальна сигналізація старіння та аварійна сигналізація для середньої швидкості старіння.

Якщо трансформатор повинен якийсь час працювати при температурі, що перевищує максимально допустиме значення для гарячої точки, то команда відключення може бути заблокована. При цьому вводиться час затримки. Для запобігання включення трансформатору використовується сигнал «Блокування включення».

1.70 Питання для самоперевірки

1. Призначення та функціональні можливості пристроїв релейного захисту фірми SIEMENS.
2. Функція пристрою резервування відмови вимикача.
3. Функція автоматичного повторного включення
4. Максимальний струмовий захист від міжфазних КЗ.
5. Максимальний струмовий захист нульової послідовності.
6. Максимальний струмовий захист однофазний.
7. Функціональний блок виявлення кидка струму намагнічування.
8. Захисти від підвищення напруги.
9. Захист від зниження напруги.
10. Захист від підвищення частоти.
11. Захист від зниження частоти.
12. Захист по потужності трифазний.
13. Контроль чергування фаз.
14. Захист від теплового перевантаження.
15. Контроль температури.
16. Дуговий захист.
17. Контроль температури.
18. Диференційний захист ЛЕП.
19. Дистанційний захист ЛЕП для мереж різної напруги.

20. Блокування при хитаннях потужності.
21. Захист від замикань на землю в мережах з заземленою через дугогасний реактор нейтралю.
22. Захист збірних від пошкодження у «мертвій» зоні.
23. Диференційний захист електродвигуна

2. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ЕЛЕКТРОНІ ПРИСТРОЇ КОРПОРАЦІЇ «ASEA DROWN BOVERI LTD»

2.1 Пристрій захисту та автоматики силового трансформатору RET670

2.1.1 Призначення та функції пристрою захисту та автоматики силового трансформатора серії RET670

Пристрій RET670 [8] забезпечує швидкодіючий селективний захист, а також моніторинг та керування двохобмотковими і триобмотковими трансформаторами, автотрансформаторами, блоками генератор – трансформатор, фазорегуляторами, спеціальними трансформаторами для залізничного транспорту та шунтуючими реакторами.

Пристрій RET670 (рис. 2.1) призначений для забезпечення правильного функціонування об'єктів, що захищаються, при зниженні частоти в енергосистемі під час аварійних та ненормальних режимів, а також в перехідних режимах при включенні або відключенні генераторів.

Швидкодіючий диференційний захист виконаний з можливістю автоматичної компенсації струму небалансу, що виникає при різних групах включення обмоток силових трансформаторів, а також за рахунок невідповідності співвідношення коефіцієнтів трансформації ТС та коефіцієнта трансформації трансформатору. Проміжних ТС із зрівняльними обмотками також не потрібно. При необхідності, гальмування захисту виконується по одному з входів від ТС (до шести 3-фазних груп). Диференційний захист має функції блокування по другій гармоніці та блокування для запобігання зайвих відключень трансформатора при їх включенні (кидок струму намагнічування). Крім того диференційний захист має функцію блокування по п'ятій гармоніці для запобігання відключень у режимі перезбудження трансформатору при підвищенні напруги.



Рисунок 1.2 Пристрій RET670

За рахунок вимірювання симетричних складових струму диференційний захист забезпечує високу чутливість при міжвиткових замиканнях невеликого числа витків обмотки трансформатора.

Диференційний захист нульової послідовності від коротких замикань на землю з гальмуванням є додатком до основного швидкодіючого та з високою чутливістю захисту від замикань на землю. Крім того, для підвищення селективності у захисті є орган напрямку потужності нульової послідовності. Диференційний захист нульової послідовності, може використовуватись як диференційний захист автотрансформаторів, реакторів, трансформатору з розщепленою обмоткою, диференційного захисту складної системи шин та інше.

Відключення при спрацьовуванні газового реле та датчиків температури виконується через дискретні входи пристрою серії RET670. Дискретні входи стійки до перешкод для запобігання при некоректних спрацьовуваннях, наприклад, при розрядах конденсаторів або при замиканнях на землю в мережах постійного струму.

Дистанційний захист від міжфазних коротких замикань та від замикань на землю може бути використаний як резервний захист при пошкодженнях в трансформаторі.

Вимірювальні органи релейного захисту та автоматики (РЗА) можуть бути налагоджені на фіксацію фазних струмів та напруги, струмів та напруги прямої, зворотної або нульової послідовності, можуть також бути виконані спрямованими або з контролем по напрузі та використовуватися для резервних захистів.

Крім того у пристрої RET670 є захист від теплового перевантаження з двома постійними часу, а також захист від зниження та підвищення напруги та частоти. Вбудований реєстратор ненормальних та аварійних режимів (цифровий осцилограф) та реєстратор подій забезпечує необхідною інформацією для післяаварійного аналізу.

Пристрій резервування при відмовах вимикача (ПРВВ) дозволяє виконати швидкодіюче автоматичне повторне включення вимикачів суміжних приєднань.

Пристрій серії RET 670 може бути забезпечений функцією керування апаратами для виконання оперативного блокування високовольтних апаратів, у тому числі функцію контролю синхронізму, та здійснення інтеграції основного керування (автоматизованої системи керування) та місцевого резервного керування (з панелі/шафи).

Функція захисту від асинхронного ходу діє при виникненні асинхронного режиму на окремих ділянках енергосистеми.

Можливість вільного конфігурування алгоритму роботи пристрою RET670 за допомогою програмного інструменту конфігурування PCM600 (Protection and Control Manager) дозволяє адаптувати пристрій захисту для застосування у різних спеціальних додатках. Наприклад, для автоматичного відключення роз'єднувачів в схемах с декількома вимикачами, на підключення кільцевих схем вимикачів, логіки переключення навантаження та інше. Графічний інструмент налагодження забезпечує просте наглядне та оперативне тестування та ввід пристрою серії RET670 у експлуатацію.

Зв'язок з пристроєм серії RET670 здійснюється через оптичні комунікації для забезпечення стійкості до різних перешкод.

2.1.2 Функції пристрою захисту та автоматики силового трансформатора серії RET670

Основні функції пристрою захисту та автоматики силового трансформатора серії RET670 [8]наведені у таблицях 2.1 – 2.2.

Таблиця 2.1 Функції пристрою захисту та автоматики силового трансформатору серії RET670 (основний захист)

МЭК 61850	ANSI	Опис функції	Захист RET670
		Диференційний захист	
T2WPDIF	87T	Диференційний захист двообмоткового трансформатору	1 - 2
T3WPDIF	87T	Диференційний захист триобмоткового трансформатору	1 - 2
HZPDIF	87	Диференційний високо імпедансний захист (пофазний)	0 – 6
REFPDIF	87N	Диференційний струмовий захист нульової послідовності з гальмуванням	0 - 3
		Дистанційний захист	
ZMQPDIS, ZMQAPDIS	21	Дистанційний захист з полігональною характеристикою	0 - 5
ZDRDIR	21D	Орган напрямку для дистанційного захисту	0 - 2
ZMCPDIS, ZMCAPDIS	21	Дистанційний захист для ліній з повздовжньою ємнісною компенсацією	0 - 5
ZDSRDIR	21D	Орган напрямку для дистанційного захисту з повздовжньою ємнісною компенсацією	0 - 2
FDPSPDIS	21	Фазовий селектор для дистанційного захисту з полігональною характеристикою та з фіксованим кутом нахилу характеристики	0 - 2
ZMHPDIS	21	Дистанційний захист з характеристикою у вигляді кола	0 - 5
ZMMPDIS, ZMMPDIS		Дистанційний захист від замикань на землю з полігональною характеристикою	0 - 5

Продовження таблиці 2.1

ZDMRDIR	21D	Орган напрямку для дистанційного захисту з характеристикою у вигляді кола	0 - 2
ZDARDIR		Додатковий дистанційний захист від замикань на землю	0 - 1
FMPSPDIS	21	Фазовий селектор для дистанційного захисту з характеристикою у вигляді кола	0 - 2
ZMRPDIS, ZMRAPDIS	21	Дистанційний захист з полігональною характеристикою з окремими уставками спрацьовування від міжфазних КЗ та від замикань на землю	0 - 5
FRPSPDIS	21	Фазовий селектор для дистанційного захисту з полігональною характеристикою з регульованим кутом нахилу характеристики	0 - 2
ZMRPSB	78	Функція виявлення хитань потужності	0 - 1
ZMRPSL		Логіка виявлення хитань потужності	0 - 1
PSPPPAM	78	Захист від асинхронного режиму	0 - 1
PPLPHIZ		Логіка уподобання фази	0 - 1

Таблиця 2.2 Функції пристрою захисту та автоматики силового трансформатору серії RET670 (резервний захист)

МЭК 61850	ANSI	Опис функції	Захист RET670
		Струмові захисти	
PHPIOC	50	Струмова відсічка	0 – 8
OC4PTOC	51 67	Чотириступінчастий максимальний струмовий захист (МСЗ)	0 – 8
EFPIOC	50N	Струмова відсічка нульової послідовності (НП)	0 – 8
EF4PTOC	51N 67N	Чотириступінчастий максимальний струмовий захист нульової послідовності (СЗНП)	0 – 8
NS4PTOC	46I2	Спрямований чотириступінчастий МСЗ зворотної послідовності	0 – 8
SDEPSDE	67N	Спрямований СЗНП високої чутливості	0 – 3
LPTTR	26	Захист від теплового перевантаження з однією постійною часу	0 – 2
TRPTTR	49	Захист від теплового перевантаження з двома постійними часу	0 – 6
CCRBRF	50BF	Пристрій резервування відмови вимикача	0 – 6
CCRPLD	52PD	Захист від неузгодженого вмикання полюсів вимикача	0 – 2
GUPPDUP	37	Спрямований захист від зниження потужності	0 – 2
GOPPDOP	32	Спрямований захист від підвищення потужності	0 – 2
BRCPTOC	46	Функція контролю обриву проводу	1

Продовження таблиці 2.2

СВРГАРС		Захист ботареї статичних конденсаторів	0 - 6
NS2PTOC	46I2	Захист електричних машин від перевантаження струмом зворотної послідовності	0 - 2
		Захисти по напрузі	
UV2PTUV	27	Двоступеневий захист від зниження напруги	0 - 3
OV2PTOV	59	Двоступеневий захист від підвищення напруги	0 - 3
ROV2PTOV	59N	Двоступеневий захист від підвищення напруги нульової послідовності	0 - 2
OEXPVPH	24	Захист від перезбудження	0 - 2
VDCPTOV	60	Диференційний захист по напрузі	0 - 2
LOVPTUV	27	Контроль втрати напруги	1
		Захисти по частоті	
SAPTUF	81	Захист від зниження частоти	0 - 6
SAPTOP	81	Захист від підвищення частоти	0 - 6
SAPFRC	81	Захист по швидкості зміни частоти	0 - 6
		Захисти широкого призначення	
СVГАРС		Захист по струму та напрузі широкого призначення	0 - 12

Функції керування та моніторинга пристрою серії RET670 наведені у таблиці 2.3

Таблиця 2.3 - Функції керування та моніторингу пристрою RET670

МЭК 61850	ANSI	Опис функції	Захист RET670
		Функції керування	
SESRYSN	25	Контроль синхронізму та умов включення під напругу	0 –5 , 0 –6
APC30	3	Керування апаратами (до 30 одиниць), до 6 приєднань, до 6 вимикачів	0 - 6
QCBAY		Керування комутаційними апаратами	1
Local Remote		Перемикач виду керування «місцеве/ дистанційне»	1
LocRem Control		Керування входами PSTO з місцевого інтерфейсу «людина – машина» (ІЛМ)	1
TR1ATCC	90	Автоматичне регулювання напруги трансформатору за допомогою РПН	0 - 4
TR8ATCC	90	Автоматичне регулювання напруги паралельно включених трансформаторів за допомогою РПН	0 - 4
TCMYLTC	84	Керування та контроль РПН, 6 дискретних входів	0 - 4
TCLYLTC	84	Керування та контроль РПН, 32 дискретних входів	0 - 4
SLGGIO		Логічний перемикач для вибору функції та подання у місьцеве ІЛМ	15
VSGGIO		Селекторний міні перемикач	20
DPGGIO		Блок передачі сигналів стану обладнання	16
Automation Bits		Функціональна команда Automationbits для протоколу зв'язку DNP3.0	3

Продовження таблиці 2.3

		Прийняття одиночних команд, 16 сигналів	4
VCTR Send		Горизонтальний зв'язок по системам GOOSE для VCTR	1
VCTR Receive		Горизонтальний зв'язок по системам GOOSE для VCTR	7
		Контроль цілісності вторинних кіл	
CCSRDIF	87	Контроль кіл змінного струму	0 - 4
SDDRFUF		Контроль цілісності кіл змінної напруги	0 - 4
		Логіка	
SMPPTRC	94	Логіка відключення	1 –6
TMAGGIO		Матриця сигналів відключення	12
		Логічні блоки, що конфігуруються	40
		Функціональні блоки фіксованих сигналів	1
B16I		Перетворення 16 логічних сигналів в ціле число	16
B16FCVI		Перетворення 16 логічних сигналів в ціле число	16
IB16		Перетворення цілого числа в 16 логічних сигналів	16
IB16FVCB		Перетворення цілого числа в 16 логічних сигналів	16
		Функції моніторингу	
CVMMXN		Функції вимірювань	6/10/6
CNTGGIO		Лічильник подій	5
Event		Події	20
DRPRDRE		Звіт про ненормальні режими	1

Продовження таблиці 2.3

SPGGIO		Функціональний блок передачі єдиного сигналу	64
SP16GGIO		Функціональний блок передачі 16 дискретних сигналів	16
MVGGIO		Функціональний блок передачі вимірних аналогових величин	24
BSSstart Report		Звіт про стан логічного сигналу	3
RANGE_XP		Блок контролю вимірних значень	66
		Функції вимірювань	
PCGGIO		Логіка рахунку імпульсів	16
ETPMMTR		Функція розрахунку електроенергії та навантаження	6

Функції зв'язку з АСУ та дистанційного зв'язку пристрою серії RET670 приведені у таблиці 2.4

Таблиця 2.4 - Функції зв'язку з АСУ та дистанційного зв'язку пристрою RET670

МЭК 61850	ANSI	Опис функції	Захист RET670
		Зв'язок с АСУ	
		Протокол зв'язку SPA	1
		Протокол зв'язку LON	1
		Протокол зв'язку МЭК 60870-5-103	20/1
		Вибір зв'язку по протоколу SPA або по протоколу МЭК60870-5-103 для модуля послідовного зв'язку SLM	1
		DNP3.0 для протоколу зв'язку TCP/IP і EIA-485	1

Продовження таблиці 2.4

		Записи пошкоджень DNP3.0 для протоколу зв'язку TCP/IP і EIA-485	1
		Резервний зв'язок по станційній шині МЭК61850-8-1, PRP	
		Функція завдання уставок по МЭК61850	1
IntlReceive		Горизонтальний зв'язок по системі GOOSE для блокування	59
		Приєм дискретних сигналів по GOOSE	10
		Приєм та передача команд	60/10
		Ethernet-конфігурація каналів зв'язку	1
DUODRV		Конфігурація Duo driver (Резервування каналу зв'язку)	0 - 1
		Дистанційний зв'язок	
		Приєм/передача дискретних сигналів	6/36
		Передача аналогових даних от LDCM	1
		Приєм дискретних сигналів стану від віддаленого модулю LDCM	6/3/3
		Логіка схем зв'язку	
ECPSCH	85	Логіка схем зв'язку для СЗНП	0 - 1
ECRWPSCH	85	Логіка реверса струму та відключення з боку слабого живлення для СЗНП	0 - 1

Базові функції пристрою серії RET670 приведені у таблиці 2.5

Таблиця 2.5 - Базові функції пристрою серії RET670

МЭК 61850	Опис функції	RET670
IntErrorSig	Функція самодіагностики	1
TIME	Похибка по часу та синхронізації	1
TimeSynch	Синхронізація часу	1
ActiveGroup	Активація групи уставок	1
Test	Функціональний блок режиму тестування	1
ChangeLock	Блокування зміни уставок	1
TerminalID	Ідентифікатори пристрою RET670	1
ProductInfo	Інформація про пристрій	1
RatedFreq	Номінальна частота у енергосистемі	1
SMBI	Матриця сигналів для дискретних входів	40
SMBO	Матриця сигналів для дискретних виходів	40
SMMI	Матриця сигналів для міліамперних входів	4
SMAI	Матриця сигналів для аналогових входів	36
Sum3Ph	Блок підсумовування трифазний	18
LocalHMI	Функція завдання уставок для НМІ в РСМ600	1
LocalHMI	Сигнали місцевого ІЛМ	1
AuthStatus	Статус авторизації доступний	1
AuthorityCheck	Контроль авторизації доступний	1
AccessFTP	Доступ по FTP з паролем	1
SPACommMap	Функція відображення комунікації по протоколу SPA	1
DOSFRNT	Відмова в обслуговуванні, керування частотою зміни кадрів переднього порту	1
DOSOEMAB	Відмова в обслуговуванні, керування частотою зміни кадрів порту АВ модуля RET670	1
DOSOEMCD	Відмова в обслуговуванні, керування частотою зміни кадрів порту CD модуля RET670	1

2.1.3 Диференційний захист

Диференційний захист трансформатора (T2WPDIF/T3WPDIF)

Функції диференційного захисту двообмоткових (T2WPDIF) та триобмоткових (T3WPDIF) трансформаторів забезпечує програмну компенсацію складової струму небалансу, що виникає за рахунок невідповідності співвідношення коефіцієнтів трансформації ТС захисту коефіцієнту трансформації трансформатору та різних груп з'єднання трансформатора, що дозволяє підключити пристрій RET670 до вторинних обмоток ТС з'єднаних по схемі «зірка» з нульовим проводом. Компенсація струму нульової послідовності також виконується програмним способом. Від інформації про положення РПН дозволяє забезпечити компенсацію складової струму небалансу, що виникає за рахунок зміни положення РПН.

Для роботи при великих наскрізних струмах к.з. передбачена функція адаптивного гальмування. Адаптивне гальмування включається також при кидках струму намагнічування, при включенні трансформаторів, а також в умовах його перезбудження.

Функція диференційного захисту на основі складових зворотної послідовності струму має високу чутливість, особливо при міжвиткових замиканнях в обмотках силових трансформаторів.

Однофазний високоімпедансний диференційний захист трансформатору (HZPDIF)

Однофазний високоімпедансний диференційний захист трансформатора (HZPDIF) може використовуватись коли ТС мають однаковий коефіцієнт трансформації.

Диференційний струмовий захист нульової послідовності з гальмуванням (REFPDIF)

Диференційний струмовий захист нульової послідовності з гальмуванням (REFPDIF) використовується для захисту від замикань на землю у мережах з глухо заземленою нейтралю або заземленою через невеликий опір. Функція REFPDIF забезпечує високу чутливість (до 5%) та швидкодію, не потребує налаштування при кидку струму намагнічування та не залежить від положення РПН.

Функція REFPDIF дозволяє використовувати ТС з різними коефіцієнтами трансформації та з різними характеристиками намагнічування, та ТС, що встановлені у нейтралі трансформатору. Вона може комбінувати з іншими функціями захисту RET670.

2.1.4 Дистанційний захист

Зони дистанційного захисту с полігональною характеристикою (ZMQPDIS, ZMQAPDIS)

Дистанційний захист лінії складається з п'яти зон захисту. Кожна зона має три контури пошкодження від міжфазних КЗ та три контури від замикань на землю з незалежними уставками для зони охопту по активному опору та зони охопту по реактивному опору.

Функція ZMQPDIS, разом з функцією селектора пошкоджених фаз FDPSPDIS відбудовується від режиму навантаження, що підвищує ймовірність знаходження пошкоджень.

Ступені дистанційного захисту можуть працювати незалежно одна від одної як в спрямованому режимі, так і неспрямованому.

Дистанційний захист з полігональною характеристикою ліній з послідовною ємнісною компенсацією (ZMCPDIS, ZMCAPDIS)

Дистанційний захист лінії складається з п'яти зон захисту. Кожна зона має три контури пошкодження від міжфазних КЗ и три контури від замикань на землю з незалежними уставками для зони охопту по активному опору та зони охопту по реактивному опору. Функція ZMCPDIS відбудовується від режиму навантаження.

Зони дистанційного захисту можуть працювати незалежно одна від одної як в спрямованому режимі, так і неспрямованому. Це дає можливість використовувати їх разом з схемами зв'язку для захисту повітряних та кабельних ліній електропередач в мережах складної конфігурації.

Селектор пошкоджених фаз для дистанційного захисту з полігональною характеристикою та фіксованим кутом нахилу (FDPSPDIS)

Функція селектора пошкоджених фаз FDPSPDIS (фазового селектора з відбудовою від режиму навантаження призначена для точного вибору контуру пошкодження в залежності від виду пошкодження.

Перерозподіл навантаження в мережах може ускладнювати охопту по активному опору в місці пошкодження. Функція FDPSPDIS має алгоритм відбудови від режиму навантаження, що дає можливість збільшити уставку по активному опору, як фазового селектора, так і зон виміру дистанційного захисту.

Набір додаткових вихідних сигналів від селектора пошкоджених фаз також дає важливу інформацію про пошкоджені фази, що необхідно для аналізу аварійних ситуацій. У селектора пошкоджених фаз на базі контролю струму вимірювальний орган струму безперервно вимірює фазні струми

та струм нульової послідовності, порівнюючи їх з уставками спрацьовування.

Дистанційний захист з круговою характеристикою спрацьовування (ZMHPDIS)

Дистанційний захист лінії з круговою характеристикою має п'ять зон резервного захисту для виявлення міжфазних КЗ та замикань на землю. П'ять зон захисту мають можливість незалежних вимірювань опору та завдання уставок, що підвищує ефективність роботи захисту для різних ліній.

Дистанційний захист ZMHPDIS може використовуватися в якості резервного захисту при зниженні повного опору трансформаторів та генераторів.

Дистанційний захист з полігональною характеристикою від замикань на землю (ZMMPDIS, ZMMPDIS)

Дистанційний захист лінії складається з п'яти зон захисту. Кожна зона має три контура пошкодження від замикань на землю з незалежними уставками для кожної зони охопту по активному опору та кожної зони охопту по реактивному опору, що дозволяє підвищити ефективність роботи захисту для різних ліній..

Функція дистанційного захисту від замикань на землю з полігональною характеристикою ZMMDPIS и ZMMPDIS відбудовується від режиму навантаження, що підвищує ймовірність знаходження пошкоджень.

Незалежне вимірювання повного опору кожного контуру пошкодження з чутливою та надійною функцією селектора пошкоджень фаз забезпечує можливість використання її для однофазного АПВ.

Зони дистанційного захисту можуть працювати незалежно одна від одної як в спрямованому режимі, так і неспрямовані. Це

дає можливість використовувати їх для захисту повітряних та кабельних ліній електропередач в мережах складної конфігурації.

Орган спрямованої дії дистанційного захисту з круговою характеристикою спрацьовування (ZDMRDIR)

Орган спрямованої дії дистанційного захисту по повному опору між фазою та землею додатково контролюється неселективною спрямованою функцією (без вибору фази, так як вона заснована на вимірюванні симетричних складових).

Фазовий селектор для дистанційного захисту з круговою характеристикою спрацьовування та відбудовою від режиму навантаження (FMPSPDIS)

Функція фазового селектора призначена для точного знаходження місця пошкодження для дистанційного захисту в залежності від виду пошкодження, виконання відключення однієї фази та успішного однофазного АПВ.

Перерозподіл навантаження в електричних мережах може ускладнювати охват по активному опору в місці пошкодження та неправильній дії захисту. Функція має алгоритм відбудови від режиму навантаження, що дає можливість збільшити уставку по активному опору, як фазового селектора, так і зон вимірювань дистанційного захисту.

Дистанційний захист з полігональною характеристикою, з роздільним завданням уставок від міжфазних замикань та замикань на землю (ZMRPDIS, ZMRAPDIS)

Дистанційний захист з полігональною характеристикою використовується як альтернатива захисту з круговою характеристикою.

Дистанційний захист лінії складається з п'яти зон захисту. Кожна зона має три контури пошкодження від замикань на землю з незалежними уставками для зони охопту по активному опору та зони охопту по реактивному опору. Захист використовується як резервний для трансформаторів, що підключені до повітряних та кабельних ЛЕП.

Функція ZMRPDIS з вибором пошкодженої фази має відбудовується від режиму навантаження, що підвищує ймовірність знаходження пошкоджень.

Зони дистанційного захисту можуть працювати незалежно один від одного як спрямовані (в прямому та зворотному напрямку) так і неспрямовані.

Селектор пошкоджених фаз для дистанційного захисту з регульованим кутом нахилу характеристики (FRSPDIS)

Функція фазового селектора призначена для точного вибору контуру пошкодження для дистанційного захисту в залежності від виду пошкодження.

Перерозподіл навантаження в електричних мережах може ускладнювати охопт по активному опору в місці пошкодження та неправильній дії захисту. Функція має алгоритм відбудови від режиму навантаження, що дає можливість збільшити уставку по активному опору, як фазового селектора, так і зон вимірювань дистанційного захисту.

Функція також визначає пошкоджену фазу. Постійно вимірюються струми трьох фаз та струм нульової послідовності та порівнюються їх зі значеннями уставок спрацьовування.

Великий набір вихідних сигналів фазового селектора дає важливу інформацію про пошкоджені фази та може бути використаний для аналізу аварійної ситуації.

Функція виявлення хитань в енергосистемі (ZMRPSB)

Функція виявлення хитань в енергосистемі (ZMRPSB) використовується для виявлення хитань та блокування вибраних зон дистанційного захисту. При КЗ на землю під час хитань функція виявлення хитань в енергосистемі блокується, а дистанційний захист деблокується і тим самим забезпечується відключення пошкодженої ділянки.

Логіка блокування при хитаннях в енергосистемі (ZMRPSL)

Додаткова логіка призначена для того, щоб гарантувати відключення при хитаннях в енергосистемі та запобігти відключення при цьому на суміжних ЛЕП.

Захист від асинхронного режиму (PSPPAM)

Основне призначення функції захисту від асинхронного режиму (PSPPAM) в тому, щоб виявити, оцінити асинхронний режим в енергосистемі, та здійснювати необхідні дії. Хитання в окремих частинах мережі по можна ліквідувати в місцях найближчих до центру хитання, що дозволить енергосистемі працювати як дві окремі стійкі системи.

Логіка віддання переваги фазі (PPLPHIZ)

Основне призначення логіки віддання переваги фазі – забезпечити селективне відключення при складних (подвійних) пошкодженнях в мережах з ізольованою або заземленою через дугогасний реактор нейтралю

2.1.5 Струмові захисти

Струмова відсічка (РНPIOC)

Струмова відсічка має невелику зону охопту, але і невеликий час спрацьовування. Вона, як правило, використовується як захист від найбільш тяжких КЗ з «грубою» уставкою спрацьовування.

Чотириступінчастий МСЗ (ОС4РТОС)

Чотириступінчастий максимальний струмовий захист ОС4РТОС виконується із залежною або незалежною характеристикою витримкою часу (задається для кожного ступеню). Кожен ступінь незалежно один від одного може бути спрямованої або неспрямованої дії, а також для кожного ступеню може вводитись блокування по другій гармоніці.

Струмова відсічка нульової послідовності (ЕФPIOC)

Струмова відсічка нульової послідовності (ЕФPIOC) спрацьовує при однофазних замиканнях на землю, має невелику зону охопту, але і невеликий час спрацьовування. Функцію можна задавати на роботу по розрахованому струму по програмі як суми трьох фазних струмів, або по струму окремого аналогового каналу. Функція може бути заблокована сигналом на вході «BLOCK».

Чотириступінчастий максимальний струмовий захист нульової послідовності (ЕФ4РТОС)

Чотириступінчастий максимальний струмовий захист нульової послідовності СЗНП (ЕФ4РТОС) має залежну або незалежну характеристику витримки часу для кожного ступеню окремо. Кожен ступінь може бути спрямованої дії

незалежно один від одного, а також для кожного ступеню може вводитись блокування по другій гармоніці.

Функцію можна задавати на роботу по розрахованому струму по програмі як суми трьох фазних струмів або по струму окремого струмового каналу 3I₀.

Чотириступінчастий спрямований максимальний струмовий захист зворотної послідовності (NS4PTOC)

Чотириступінчастий спрямований максимальний струмовий захист зворотної послідовності (NS4PTOC) має залежну або незалежну характеристику витримку часу для кожного ступеню окремо.

Функція NS4PTOC може завдатися спрямованою (в прямому та зворотному напрямку) або неспрямованою, незалежно для кожного ступеню.

Чутливий спрямований захист по струму та потужності нульової послідовності

Захист може використовуватися в мережах з ізольованою або заземленою через дугогасний реактор нейтралю

В якості величини, на яку реагує захист, може використовуватися сума струмів трьох фаз (потроєний струм нульової послідовності 3I₀) або активна потужність нульової послідовності 3U₀·3I₀·cosφ. Доступним також є неспрямований ступінь 3I₀ та один ступінь відключення від підвищення напруги нульової послідовності 3U₀.

Захист від теплового перевантаження з однією постійною часу (LPTTR)

Захист від теплового перевантаження (LPTTR) використовує вимірювання струму у трьох фазах с характеристикою I²t, що регулюється постійною часу та пам'яттю.

Спрацьовування аварійної сигналізації дозволяє попередити оператора про необхідність прийняття заходів та не допустити відключення ЛЕП.

Захист від теплового перевантаження з двома постійними часу (TRPTTR)

Захист від теплового перевантаження безперервно контролює внутрішню температуру трансформатора або генератора. Цей контроль здійснюється непрямим методом - шляхом використання теплової моделі трансформатора або генератора з двома постійними часу на базі вимірювання струмів.

Захист від теплового перевантаження виконується з двома уставками сигналізації. При спрацьовуванні першого ступеню треба організувати оперативні засоби щоб не була досягнута небезпечно висока температура. Якщо температура і далі буде підвищуватись до спрацьовування другого ступеню, захист дасть команду на відключення трансформатору.

Пристрій резервування відмови вимикача – ПРВВ (CCRBRF)

Функція ПРВВ (CCRBRF) може функціонувати по контролю значення струму, по контролю положення блок-контактів вимикача або по поєднанню обох факторів.

Орган контролю струму з малим часом повернення використовується для виключення непередбаченого спрацьовування та для високої надійності неспрацьовування.

ПРВВ може виконуватись однофазним або трифазним. Критерії спрацьовування по струму для трифазного ПРВВ можуть задаватися по різному, наприклад, по двом фазним струмам або одним фазним струмом та потроєним струмом нульової послідовності.

Захист від неодночасного включення полюсів вимикача (CCRPLD)

Робота вимикача при комутаціях може бути порушена по одній з трьох фаз. При цьому з'являться струми зворотної та нульової послідовності, а це може привести до хибного спрацьовування захистів, що реагують на ці струми.

Принцип дії захисту від неодночасного включення полюсів вимикача – CCRPLD, заснований на інформації про положення блок-контактів вимикача для трьох фаз з використанням (при необхідності) додаткового критерію по несиметрії фазних струмів.

Спрямований захист від підвищення/зниження потужності (GOPPDOP/GUPPDUP)

Спрямований захист від підвищення/зниження потужності GOPPDOP/GUPPDUP може використовуватися там, де необхідний захист або сигналізація по підвищенню/зниженню активної, реактивної або повної потужності, а також для контролю напрямку активної або реактивної потужності в енергосистемі.

Кожна функція має два ступені з незалежною характеристикою витримки часу.

Захист від обриву фази (BRCPTOC)

Основне призначення функції - контроль обриву фази (BRCPTOC) і тим самим виявлення обривів проводів повітряних або кабельних ЛЕП. Дана функція може використовуватися для сигналізації або для відключення вимикачів лінії.

Захист батареї статичних конденсаторів (CBPGAPC)

Функція захисту батареї статичних конденсаторів (CBPGAPC) призначена спеціально для забезпечення функцій захисту та

та контролю батарей статичних конденсаторів.

Захист електричних машин від перевантаження струмами зворотної послідовності (NS2PTOC)

Захист електричних машин від перевантаження струмами зворотної послідовності (NS2PTOC) призначений для захисту генераторів від перегріву ротора, що викликаний складовою зворотної послідовності в струмі статора.

Функція NS2PTOC може використовуватися як резервний захист, тобто для захисту генератора в тому випадку, коли захист лінії або вимикачі не в змозі відключити несиметричне пошкодження в енергосистемі.

У функції NS2PTOC вимірюється струм зворотної послідовності. Характеристика витримки часу функції відповідає характеристиці нагріву генератора:

$$I_2^2 t = K,$$

де: I_2 - струм зворотної послідовності у відносних одиницях,
 t - час спрацьовування (в секундах),

K - константа, яка залежить від конструкції генератора.

Функція NS2PTOC має великий діапазон уставок K та достатню чутливість

Для сигналізації є окремий вихід, що дозволяє попередити оператора про потенціально небезпечну ситуацію.

2.1.6 Захисти по напрузі

Двоступінчастий захист від зниження напруги (UV2PTUV)

Двоступінчастий захист від зниження напруги UV2PTUV може використовуватись для відключення вимикачів, для підготовки до відновлення системи або як резервний захист з великою витримкою часу.

Функція має два ступені по напрузі. Кожний ступінь може мати незалежну або зворотно залежну характеристику витримку часу.

Двоступінчастий захист від підвищення напруги (OV2PTOV)

Двоступінчастий захист від підвищення напруги OV2PTOV може використовуватися як датчик інформації про відключення ЛЕП з одного боку. В цьому випадку захист використовується сумісно з функцією захисту від підвищення реактивної потужності або для контролю напруги системи. При цьому, як правило, подається попереджувальний сигнал, включаються реактори, або відключаються конденсаторні батареї.

Функція має дві ступені по напрузі. Кожний ступінь може мати незалежну або зворотно залежну характеристику витримку часу

Захист від підвищення напруги OV2PTOV має високий коефіцієнт повернення та уставку, близьку до величини робочої напруги системи.

Двоступінчастий захист від підвищення напруги нульової послідовності (ROV2PTOV)

Двоступінчастий захист від підвищення напруги нульової послідовності ROV2PTOV визначає остаточну напругу (напругу нульової послідовності) по трьом фазним напругам або за допомогою виміру напруги на виводах обмоток ТН, що з'єднані по схемі «розімкнутий трикутник».

Функція має два ступені по напрузі. Кожний ступінь може мати незалежну або зворотно залежну характеристику витримки часу

Захист від перезбудження (OEXRVRH)

При насиченні магнітопроводу силового трансформатора або генератора, збільшується густина магнітного потоку, який замикається по іншим елементам конструкції. Магнітний потік розсіяння наводить вихрові струми, що нагрівають ізоляцію та інші елементи конструкції. Функція OEXBPH має зворотно залежну характеристику, яка задається користувачем, а також незалежний ступінь для сигналізації.

Диференційний захист по напрузі (VDCPTOV)

Диференційний захист по напрузі (VDCPTOV) порівнює напругу двох трифазних ТН, або трифазних груп ТН, має чутливий ступінь сигналізації та ступінь що діє на відключення.

Захист від втрати напруги (LOVPTUV)

Захист від втрати напруги LOVPTUV використовується в мережах з автоматичним поновленням напруги системи. Функція LOVPTUV дає сигнал на відключення вимикача якщо напруга у трьох фазах менше уставки на протязі часу, що перевищує значення уставки, а вимикач залишається увімкнутим.

2.1.7 Захисти по частоті

Захист від зниження частоти (SAPTUF)

Функція захисту від зниження частоти SAPTUF використовується для забезпечення стійкості енергосистеми шляхом відключення споживачів. У функції є блокування при зниженні напруги.

Визначення частоти може виконуватись по напрузі однієї фази, міжфазної напруги, напруги прямої послідовності.

Захист від підвищення частоти (SAPTOF)

Функція захисту від підвищення частоти SAPTOF використовується для обмеження потужності, що генерується. Захист також використовується як ступінь реле підвищення частоти при поновленні живлення споживачів.

Функція має блокування при знижені напруги. Визначення частоти може виконуватись по напрузі однієї фази, міжфазної напруги, напруги прямої послідовності.

Захист по швидкості зміни частоти (SAPFRC)

Функція контролю швидкості зміни частоти SAPFRC дозволяє виявити системні аварії на початковій стадії. Функція може використовуватися для обмеження потужності, що генерується, відключення навантаження та інше. Функція здібна виявити як збільшення, так і зменшення частоти.

Функція має блокування при знижені напруги. Визначення частоти може виконуватись по напрузі однієї фази, міжфазної напруги, напруги прямої послідовності.

2.1.8 Захист широкого призначення

Захист широкого призначення по струму та напрузі (CVGAPC)

Функція пропонується для виконання як резервного захисту різних пристроїв, має гнучку настройку вимірів електричних величин та завдання уставок спрацьовання.

Кожний модуль максимального струмового захисту має два ступеню. Обидва ступені можуть використовуватись з незалежною або зворотно залежною часово-струмовою характеристикою. Ступені максимального струмового захисту можуть виконуватися спрямованими. Крім того, вони можуть виконуватися з керуванням або з гальмуванням по напрузі та

(або) по струму. Є також можливість блокування захисту по другій гармоніці. При дуже малій напрузі функція максимального струмового захисту може блокуватися, та втрачати спрямованість дії.

Додатково кожна функція має два ступені максимальної напруги та два ступеню мінімальної напруги, з незалежною або зворотно залежною часово-струмовою характеристикою.

Захист широкого призначення використовується також при вимірюванні струму з контролем по зниженню повного опору та по напрузі. Захист може також використовуватися для захисту блоків генератор-трансформатор, для визначення симетричних складових струму та напруги прямої, зворотної та нульової послідовності.

2.1.9 Контроль вторинних кіл

Контроль кіл струму (CCSRDIF)

Функція контролю кіл струму (CCSRDIF) заснована на диференційному принципі - порівнює суму трьох фазних струмів ТС з струмом ТС, що включений у заземлюючу нейтраль електричної установки.

Виявлення різниці струмів вказує що має місце пошкодження кіл струму. При цьому йде команда на сигналізацію та блокування функцій захистів, які можуть при цьому хибно спрацювати.

Контроль кіл змінної напруги (SDDRFUF)

Призначення функції контролю кіл змінної напруги (SDDRFUF) - блокування функцій захистів, що використовують кола вторинної напруги ТН, в разі їх несправності для попередження хибного спрацювання.

Функція контролю кіл змінної напруги має два різних алгоритми: з використанням величин зворотної та нульової послідовності, а також алгоритм з контролем по швидкості зміни струмів та напруг.

Алгоритм з використанням величин зворотної послідовності рекомендується використовувати для мереж з ізольованою або заземленою через дугогасний реактор нейтралю.

Алгоритм виявлення нульової послідовності рекомендується використовувати для мереж з глухо або ефективно заземленою нейтралю.

Алгоритм на основі контролю по швидкості зміни струмів та напруг може доповнюватись до функції контролю справності кіл ТН для виявлення трифазного пошкодження кіл напруги, що має бути при оперативних переключеннях на розподільних пристроях

2.1.10 Функції керування

Контроль синхронізму та умов включення під напругу,
виявлення синхронізму (SESRSYN)

Функція виявлення синхронізму дозволяє об'єднати дві енергосистеми в єдину за короткий час без порушень стабільності роботи мережі. Системи також можуть бути повторно підключені одна до одної в результаті роботи пристрою АПВ або при оперативних переключеннях.

Функція має вбудовану схему вибору напруги для двох систем шин та схеми з'єднання шин 3/2, а також для кільцевих конфігурацій розподільних пристроїв.

Керування комутаційними апаратами (APC)

Функція керування комутаційними апаратами (АРС) призначена для керування високовольтними вимикачами, роз'єднувачами заземлюючими пристроями. При цьому для запобігання помилок оперативного персоналу проведені оперативних переключень, здійснюється контроль синхронізму та інші заходи.

Функції керування комутаційними апаратами призначена: для забезпечення високої надійності використовується двох етапна команда «Вибрати», а потім «Виконати»;

функція вибору для запобігання одночасного спрацьовування; вибір та контроль об'єкту керування; блокування/деблокування дії функцій; блокування/деблокування оновлення індикації положення; заміна індикації положення; відмова функцій від блокування; відмова контролю синхронізму; лічильник операцій; контроль проміжного положення.

Можуть використовуватись два типу команд:

команда з урахуванням необхідних блокіровок;

команда типу «SBO» («Вибрати», а потім «Виконати»).

Стандартний рівень безпеки означає, що оцінюється тільки команда, а розширений рівень безпеки означає, що оцінка команди виконується з додатковим контролем значення стану об'єкту керування. Операція керування може виконуватись з місцевого ІЛМ.

Функції регулювання напруги (TR1ATCC, TR8ATCC, TCMYLTС та TCLYLTC)

Функції регулювання наступні: автоматичне регулювання напруги трансформатору за допомогою РПН (TR1ATCC), автоматичне регулювання напруги паралельно працюючих трансформаторів за допомогою РПН (TR8ATCC) та контроль і керування РПН трансформатора.

Функція має 6 дискретних входів (TCMYLTC), контроль та керування РПН трансформатору, 32 дискретних входи (TCLYLTC), що призначені для забезпечення автоматичного регулювання напруги на вторинній обмотці силового трансформатора або в точці підключення навантаження.

Функція забезпечує керування РПН до восьми паралельно працюючих трансформаторів. Для цього використовуються три методи: метод «ведучий-відомий», метод мінімізації циркулюючого струму (МЦС), а також метод зворотного реактивного опору.

Функція регулювання напруги має додаткові можливості:
гаряче резервування трансформатору в групі, що забезпечується підключенням до відповідного приєднання;
компенсація впливу конденсаторної батареї з боку НН;
розширений контроль ресурсу привода РПН, у тому числі контроль зносу контактів;
моніторинг потоків потужності в трансформаторі.

Логічний перемикач, що обертається, для вибору функції та подання у місцевому ІЛМ (SLGGIO)

Функціональний блок «Логічний перемикач», що обертається, для вибору функції та подання у місцевому ІЛМ (SLGGIO) призначений для забезпечення функціональних можливостей, що забезпечуються апаратним селектором.

Селекторний міні-перемикач (VSGGIO)

Функціональний блок селекторного перемикача (VSGGIO) – функція широкого призначення, що може використовуватися в інструменті конфігурування програмного забезпечення РСМ600 для різних цілей, частіше всього в якості перемикача.

Керування функцією VSGGIO здійснюється за допомогою меню ЛМ або за допомогою обзначення в однолінійній схемі (SLD) місцевого ЛМ.

Одно бітове керування (8 сигналів) (SPC8GGIO)

Функціональний блок одно бітового керування SPC8GGIO призначений для передачі 8 одно бітових команд від віддаленої системи АСУ (SCADA) у ті частини конфігурації логіки, що не вимагають складних функціональних блоків. У цьому випадку можна подавати ці команди на виходи ІЕУ без підтвердження. Підтвердження результату подачі команди виконується іншими засобами, такими як дискретні входи та функціональні блоки SPGGIO.

Прийом одиночних команд, 16 сигналів

Пристрої можуть приймати команди від АСУ підстанції або від місцевого ЛМ. Функціональний блок прийому команд має виходи, які можуть використовуватися для керування високовольтними апаратами або для інших цілей, що визначає користувач.

2.1.11 Логіка схем зв'язку

Логіка схем зв'язку для струмового захисту нульової послідовності (ECPSCN)

Для швидкого відключення замикань на землю, що знаходиться поза зоною дії струмової відсічки без витримки часу, спрямований максимальний струмовий захист нульової послідовності має логіку схем зв'язку для СЗНП (ECPSCN), що використовує обмін сигналами по каналам зв'язку.

Інформація стосовно напрямку струму КЗ повина передаватися захисту, що встановлений з іншого боку ЛЕП. При порівнянні струмів по напрямку можна добитися швидкого

спрацьовування захисту. Це дозволить використовувати функцію швидкодіючого АПВ після ліквідації пошкодження.

Логіка реверсу струму та відключення лінії з боку слабого живлення для СЗНП (ECRWPSCH)

Логіка реверсу струму та відключення лінії з боку слабого живлення для СЗНП ECRWPSCH доповнює логіку схем зв'язку ECPSCN для СЗНП.

Для того, щоб добитися швидкого відключення замикань на землю, що знаходиться поза зоною дії струмової відсічки миттєвої дії, функції захисту від замикань на землю доповнюються логікою, що використовує канали зв'язку.

Якщо ЛЕП з'єднані паралельно, схеми зв'язку з розширеною зоною та дозволяючим сигналом, можуть хибно спрацьовувати при реверсі струму при відключенні пошкодження на паралельній ЛЕП. Цей недолік може привести до відключення обох ЛЕП. Для запобігання такої роботи використовується логіка блокування в перехідному режимі.

Схеми зв'язку з дозволяючим сигналом для СЗНП можуть спрацьовувати тоді, коли захист на далекому боці ЛЕП може виявити пошкодження. Якщо значення струму нульової послідовності дуже мале то повина використовуватися луна-логіка для відключення ЛЕП з боку зі слабим живленням (WEI).

2.1.12 Логіка

Логіка відключення (SMPPTRC)

Для кожного вимикача є функціональний блок логіки відключення. Він забезпечує достатній для відключення імпульс та забезпечує коректну роботу логіки відключення в цілому, з урахуванням алгоритму дії АПВ. Функціональний блок логіки

відключення діє у режимах нестійких пошкоджень та заблокованого стану вимикача.

Логіка матриці відключення (TMAGGIO)

Логіка матриці відключення використовує для об'єднання сигналів відключення та інших вихідних сигналів та їх подачу до контактів вихідних реле ІЭУ.

Наявність вихідних сигналів блоку TMAGGIO дозволяє користувачу прив'язати сигнали до фізичних виходів відключення вимикачів.

Функціональний блок фіксованих сигналів (FXDSIGN)

Функція фіксованих сигналів (FXDSIGN) генерує певну кількість заданих (фіксованих) сигналів, що можуть використані у конфігурації ІЭУ для побудови конкретного алгоритму дії.

2.1.13 Функції моніторингу

Вимірювання (CVMMXN, CMMXU, VNMXU, VMMXU, CMSQI, VMSQI)

Функція вимірювання поточних значень використовується для отримання оперативної інформації від ІЕП. Вона дозволяє відобразити на місцевому ІЛМ наступну оперативну інформацію:

- параметри мережі: напругу, струм, частоту, активну, реактивну, повну потужність та коефіцієнт потужності;
- первинні та вторинні вектори струмів та напруги, що підключені до пристрою;
- диференційний та гальмівний струми;
- симетричні складові струмів та напруги;
- вхідні сигнали, мА;
- стан лічильника імпульсів.

Моніторинг міліамперних вхідних сигналів

Основна мета функції – вимірювання та обробка сигналів від різних первинних вимірювальних перетворювачів. При цьому вимірюються такі параметри як частота, температура та напруга батареї і представляються у вигляді постійних струмів в діапазоні 4 – 20 мА, пропорційних величинам, що вимірюються.

Порогові елементи можуть задаватися та використовуватися в якості тригерів, наприклад, для генерації сигналів на відключення та аварійної сигналізації.

Лічильник подій (CNTGGIO)

Функція CNTGGIO складається з шести лічильників, які використовуються для фіксації позаштатних ситуацій.

Звіт про ненормальні режими роботи (DRPRDRE)

Функція забезпечує подачу повної та надійної інформації про ненормальні режими у первинній системі або у колах вторинної комутації з безперервною реєстрацією дискретних подій.

Функція звіту про ненормальні режими роботи (DRPRDRE) є базовою - завжди включається в інтелектуальний пристрій, накопичує дані по всім підключеним та вибраним аналоговим вхідним та дискретним сигналам (максимально 40 аналогових та 96 дискретних сигналів).

Звіт про ненормальні та аварійні режими роботи об'єднує наступні функції:

формує список подій;

індикації;

реєстратор подій;

реєстратор значень струмів та напруг при відключенні;

реєстратор ненормальних та аварійних режимів – цифровий осцилограф.

Функція характеризується хорошою гнучкістю по конфігурації, умовам запуску, часу реєстрації та великим об'ємом енергонезалежного запам'ятовуючого пристрою.

Звіт про ненормальні режими роботи містить інформацію про всі підключення до функціональних блоків AxRADR та VxRBDR аналогових та двійкових сигналів.

Ненормальні та аварійні режими зберігаються у кільцевому буфері енергонезалежної пам'яті в стандартному форматі COMTRADE. Крім того події безперервно зберігаються у кільцевому буфері. Місцевий ІЛМ використовується для отримання інформації про записи ненормальних та аварійних режимів.

Список подій (DRPRDRE)

Постійна реєстрація подій (двійкових сигналів) є доповненням до функції реєстратора ненормальних та аварійних режимів.

У склад списку сигналів, що реєструються, включаються всі вибрані дискретні входні сигнали, що пов'язані з функцією звіту про ненормальні та аварійні режими (до 1000 подій, що зберігаються у кільцевому буфері пам'яті).

Індикації (DRPRDRE)

Для отримання оперативної інформації про ненормальні режими у первинній або вторинній системі важливо знати чи не змінився їх стан, наприклад, двійкових сигналів під час ненормального та аварійного режиму. Ця інформація може бути отримана за допомогою місцевого ІЛМ.

Інформація про стан інтелектуального пристрою та звіту про ненормальні режими роботи відтворюється на місцевому ІЛМ за

допомогою трьох статусних світлодіодів (зеленого, жовтого та червоного).

Функція списку індикацій відтворює всі дискретні вхідні сигнали, що пов'язані з функцією звіту про ненормальні та аварійні режими, які змінили стан під час запису.

Реєстратор подій (DRPRDRE)

Інформація з реєстратора подій використовується як у короткостроковій перспективі, наприклад, для необхідного корегування, так у довгостроковій перспективі, наприклад, для функціонального аналізу.

Реєстратор подій реєструє всі вибранні двійкові вхідні сигнали, які пов'язані з функцією звіту про ненормальні та аварійні режими. Кожний запис може включати в себе до 150 маркованих по часу подій. В пристрої зберігаються десять останніх записів реєстратора подій. Запис подій є невід'ємною частиною запису ненормального та аварійного режиму (у файлі форматує COMTRADE).

Реєстратор значень струмів та напруг (DRPRDRE)

Інформація про значення струмів та напруг у передаварійному та аварійному режимах важлива для аналізу аварійного режиму.

Реєстратор відключення визначає значення всіх вибраних аналогових вхідних сигналів, що пов'язані з функцією звіту про ненормальні режими. В результаті отримується ефективне значення та фазовий кут основної гармоніки кожного аналогового вхідного сигналу до пошкодження та під час аварійного режиму.

В пристрої зберігаються десять останніх записів реєстратора подій. Запис подій є невід'ємною частиною запису ненормального режиму (у файлі формату COMTRADE).

Осцилограф аварійних режимів (DRPRDRE)

Осцилограф забезпечує найбільш повну та надійну інформацію про ненормальні та аварійні режими в енергосистемі. Інформація, що записана осцилографом, використовується як у короткостроковій перспективі, наприклад, для необхідного корегування, так у довгостроковій перспективі наприклад, для функціонального аналізу.

Осцилограф накопичує записи по всім вибраним вхідним аналоговим та двійковим сигналам, які пов'язані з функцією звіту про ненормальні режими (максимум 40 аналогових та 96 двійкових сигналів).

Осцилограф може реєструвати ненормальні та аварійні режими, на які не реагують функції захисту. Осцилограф містить інформацію про сто останніх ненормальних та аварійних режимах. Для перегляду списку осцилограм використовується місцевий ІЛМ.

Функція формування подій (Event)

При використуванні АСУ зі зв'язком по шинам LON та SPA події з міткою часу можуть посилатися інтелектуальним пристроєм на верхній рівень при їх зміні (спорадично) або періодично (циклічно). Ці події генеруються по сигналу, що поступає з функціонального блоку подій (EVENT).

Функціональний блок подій використовується для зв'язку по шинам LON та SPA. Аналогові сигнали та сигнали з двійковою індикацією також передаються через блок подій.

Блок для посилання однобітових сигналів (SPGGIO)

Блок для посилання однобітових сигналів (SPGGIO) використовується для посилання одиничних логічних сигналів в інші системи або на інше обладнання підстанції.

Функціональний блок для передачі вимірної аналогової величини (MVGGIO)

Функціональний блок для передачі вимірних аналогових величини (MVGGIO) використовується для передачі миттєвих значень аналогових вихідних сигналів в інші системи або на інше обладнання підстанції. Функція може також використовуватися в інтелектуальному електронному пристрої.

Блок контролю вимірних значень (RANGE_XP)

Функції вимірювання величин струму та напруги (CVMMXN, CMMXU, VMMXU и VNMMXU), послідовність вимірювання струму та напруги (CMSQI и VMSQI) та передачі вимірних аналогових величин (MVGGIO) мають можливість контролю вимірів. Всі виміряні величини можуть контролюватися по чотирьом рівням: самий низький (low-low), низький (low), високий (high) и самий високий (high-high). Блок контролю вимірних значень (RANGE_XP) призначений для перетворення цілочисленного вихідного сигналу функції вимірювання п'ять двійкових сигналів:

- 1) нижче рівня «самий низький» (low-low);
- 2) нижче рівня «низький» (low);
- 3) нормальний;
- 4) вище рівня «високий» (high);
- 5) вище рівня «самий високий» (high-high).

Вихідні сигнали можуть використовуватися як логічні умови, що конфігурується.

2.1.14 Функції обліку електроенергії

Логіка лічильника імпульсів (PCGGIO)

Лічильник імпульсів (PCGGIO) підраховує кількість зовнішніх дискретних імпульсів, що поступають від зовнішнього лічильника електроенергії. Імпульси фіксуються модулем дискретних входів, а потім читаються функцією лічильника імпульсів. Робоче значення в масштабі поступає по станційній шині.

Функція розрахунку електроенергії та навантаження (ETPMMTR)

Вихідні сигнали функції вимірювання (CVMMXN) використовуються для визначення потужності. Активна та реактивна потужності визначаються для режимів споживання та генерації. Величин можуть читатися або генеруватися в вигляді імпульсів. Функція також визначає максимальне значення потужності, що споживається.

2.1.15 Синхронізація часу

При використанні ІЕП, як частини системи керування та захисту, використовується селектор джерела синхронізації для вибору спільного джерела абсолютного часу. Це дозволяє зрівнювати події та осцилограми аварій від різних ІЕП системи автоматизації підстанції.

2.1.16 Інтерфейс «людина-машина»

Рідінокристалічний дисплей (РДК) малого розміру дозволяє відновлювати текстову інформацію об'ємом 7 строк по 40 символів в кожній строчці, дисплей великого розміру може відображати однолінійну схему, що включає в себе до 15 графічних елементів (до 12 сторінок однолінійних схем).

У місцевому ІЛМ лицьова панель розділена на зони, а кожна зона складається з елементів, що виконують визначену функцію:

- світлодіоди індикації стану пристрою;
- світлодіоди аварійної сигналізації (15 світлодіодів - 6 червоних та 9 жовтих). Всі світлодіоди конфігуруються за допомогою програми конфігурування РСМ600;
- рідінокристалічний дисплей;
- клавіатура з кнопками для керування та навігації,
- перемикач вибору місця керування (місцева/дистанційне) та кнопки скиду;
- гальванічно розв'язаний порт зв'язку типу RJ-45.

2.1.17 Зв'язок з автоматизованою системою управління (АСУ)

Кожен пристрій має інтерфейс зв'язку, який дозволяє йому сполучатися з системами на рівні підстанції або з іншим обладнанням або по шині автоматизованої системи управління (SA), або по шині моніторингу (SM).

Підтримуються наступні протоколи зв'язку:

- MEK 61850-8-1;
- LON;
- SPA або MEK 60870-5-103;
- DNP 3.0.

Зв'язок по протоколу MEK61850-8-1

Пристрій може мати один або два оптичних порти Ethernet на для зв'язку з станціонною шиною по протоколу

Пристрій може мати один або два оптичних порти Ethernet для зв'язку із станціонною шиною по протоколу MEK 61850-8-1. Використання протоколу MEK 61850-8-1 дозволяє різним інтелектуальним електронним пристроям обмінюватися інформацією, а також спрощує системний інжиніринг. Частиною стандарту є зв'язок типу «точка – точка» по

технології GOOSE, що забезпечує зчитування файлів осцилограм аварій.

Послідовний зв'язок по протоколу LON

Системи АСУ з інформаційною шиною LON можуть доповнюватися оптичним інтерфейсом LON. При цьому забезпечуються всі функціональні можливості включаючи обмін повідомлення між терміналами РЗА та іншими пристроями REx670.

Протокол зв'язку SPA

Для зв'язку по протоколу SPA може використовуватися один порт для підключення за допомогою кабелю із скловолокна або пластмасового волокна. Основним призначенням протокола SPA є підключення до системи моніторингу.

Протокол зв'язку MEK 60870-5-103

Для зв'язку по MEK 60870-5-103 може використовуватися один порт для підключення за допомогою кабелю із скловолокна або пластмасового волокна. Це дозволяє проектувати АСУ, з різним обладнанням. Передбачено зчитування осцилограм.

Команди та передачі

При експлуатації пристроїв серії RET670 з використанням протоколів LON, SPA або MEK60870-5-103 функціональні блоки подій та блоки з багатьма командами використовуються в якості інтерфейсу зв'язку для з'єднання з АСУ станції та шлюзом віддаленого управління, а також в якості інтерфейсу для горизонтального зв'язку (тільки по LON) між пристроями.

Конфігурування драйвера контролю зв'язку по шині процесу MEK61850-8-1 DUODRV

Резервний зв'язок по станційній шині використовується коли один з каналів зв'язку становиться недоступним. Резервний зв'язок по станційній шині MEK61850-8-1 використовує два порти АВ и CD на модулі OEM та протокол MEK 62439-PRP.

2.1.18 Віддалений зв'язок

Передача аналогових та дискретних сигналів на віддалений кінець лінії

Два пристрої можуть обмінюватися трьома аналоговими та дискретними сигналами. Такий зв'язок використовується в основному для диференційного захисту. Цей зв'язок може використовуватися також для інших видів захисту. Кількість пристроїв, з якими може обмінюватись інформацією пристрій серії RET670, не більше чотирьох.

Передача дискретних сигналів на віддалений кінець лінії

Якщо канал зв'язку використовується для передачі тільки дискретних сигналів, між двома пристроями можуть передаватися до 192 дискретних сигналів різного призначення (сигнали стану первинного комутаційного обладнання, телевідключення та інші). Пристрій серії RET670 може обмінюватись інформацією з чотирма іншими пристроями.

Модуль передачі даних у діапазоні коротких та середніх хвиль (LDCM)

Модуль передачі даних (LDCM) використовується для передачі сигналів між пристроями на відстані до 60 км, або для

передачі даних від пристрою до оптоелектронного перетворювача з інтерфейсом G.703 (G.703E1), що встановлений на відстані до 3 км. Для цього використовується протокол зв'язку IEEE/ANSI C37.94.

Гальванічний інтерфейс G. 703

Зовнішній перетворювач G.703/G.703E1 забезпечує оптико-гальванічне перетворення сигналів для підключення до мультиплексору. Ці модулі розраховані на роботу зі швидкістю 64 кбіт/секунду (2 Мбіт/с).

2.1.19 Апаратне забезпечення

Модуль живлення (PSM)

Модуль живлення застосовується як джерело живлення електронних схем та для гальванічної розв'язки з колами постійного струму.

Модуль дискретних входів (BIM)

Модуль дискретних входів має 16 оптичних ізольованих входів та виготовляється у двох варіантах: стандартний та з розширеними можливостями для підрахунку імпульсів на входах. Дискретні входи конфігуруються вільно та можуть використовуватися для підключення логічних сигналів до різних функцій, а також для функцій реєстрації ненормальних та аварійних режимів і подій.

Модуль дискретних виходів (BOM)

Модуль дискретних виходів (BOM) має 24 незалежних вихідних реле та застосовується для відключення вимикача та для сигналізації.

Модуль дискретних швидкодіючих виходів(SOM)

Модуль дискретних швидкодіючих виходів має 6 електромеханічних реле та 6 електронних реле для використання у тих випадках, коли необхідна велика швидкодія.

Модуль дискретних входів/виходів (IOM)

Модуль дискретних входів/виходів (IOM) застосовується коли у модулі одночасно потрібно декілька вхідних та вихідних каналів. Десять стандартних вихідних каналів застосовуються для кіл відключення або сигналізації. Два високошвидкісних вихідних канали використовуються коли необхідне швидке спрацьовування. Крім того, у модулі є оптичні ізольовані входи.

Модуль міліамперних входів (MIM)

Модуль міліамперних входів застосовується для підключення струмів у діапазоні від -20 до 20 мА, наприклад, від привода положення РПН трансформатора, датчиків температури, датчиків тиску та інші. Модуль має шість незалежних, гальванічно ізольованих каналів.

Оптичний модуль Ethernet (OEM)

Модуль оптичного швидкодіючого зв'язку Ethernet застосовується для підключення до шин передачі інформації, що працюють по протоколу МЕК 61850-8-1. Модуль має один або два оптичних порти (порти А і В) с роз'ємом типу ST.

Модуль зв'язку SPA/МЭК 60870-5-103/LON (SLM)

Модуль послідовного оптичного зв'язку та зв'язку по протоколу LON (SLM) застосовується для підключення пристрою RET670 до шини передачі інформації по протоколам SPA, МЭК 60870-5-103 або LON. Порти та волоконно-оптичні кабелі можуть бути: пластмасовий/пластмасовий, пластмасовий/скляний або скляний/скляний. Модуль має два

оптичних порти, один для послідовного зв'язку SPA або МЭК 60870-5-103, другий – для зв'язку по LON.

Модуль передачі даних на віддалений кінець лінії (LDCM)

Модуль має один оптичний порт з роз'ємом типа ST для передачі даних на віддалений кінець лінії. Модулі LDCM бувають для зв'язку в діапазоні середніх (1310 нм, одномодові) та коротких (850 нм, багатомодові) хвиль

Модуль GPS-синхронізації годинника (GTM)

Даний модуль включає в себе приймач GPS синхронізації часу. Приймач GPS має один контакт SMA для підключення до антени GPS. Є також оптичний порт PPS з роз'ємом ST.

Модуль синхронізації часу (IRIG-B)

Модуль дозволяє зробити точну синхронізацію роботи пристрою RET670. При цьому підтримуються електричне (роз'єм BNC) та оптичне (роз'єм ST) з'єднання модуля IRIG-B.

Модуль вхідних трансформаторів (TRM)

Модуль вхідних трансформаторів застосовується для гальванічної розв'язки та перетворення вторинних струмів та напруги ТС та ТН. Модуль має дванадцять входів, шість з них завжди струмові, а інші можуть бути входами по струму або по напрузі.

Блок резисторів з великим опором

Блок резисторів з великим опором призначений для високоімпедансного диференційного захисту для завдання уставок спрацьовування. Блок виконується в однофазному та трифазному виконанні.

2.1.20 Питання для самоперевірки

1. Які інтелектуальні пристрої фірми АВВ застосовуються для захисту та автоматики елементів електричних мереж?
2. Призначення та функціональні можливості пристрою релейного захисту релейного захисту та автоматики RET 670.
3. Диференційний захист силових трансформаторів.
4. Дистанційний (резервний) захист силових трансформаторів
5. Струмові захисти силових трансформаторів від міжфазних КЗ.
6. Струмові захисти силових трансформаторів нульової послідовності
7. Захисти силових трансформаторів по напрузі.
8. Захисти по частоті
9. Захисти широкого призначення
10. Функції керування пристрою RET670
11. Функції логіки пристрою RET670
12. Функції моніторингу пристрою RET670
13. Функції вимірювань пристрою RET670
- 14 Зв'язок з АСУ
- 15 Дистанційний зв'язок та логіка схем зв'язку.
16. Базові функції пристрою RET670

2.2 Пристрій захисту та автоматики системи шин REB 670

2.2.1 Призначення та функції пристрою захисту та автоматики системи шин серії REB 670

Інтелектуальний пристрій серії REB 670 [9] призначений для диференційного захисту систем шин та ошиновок. Пристрій серії REB 670 використовується для захисту одиночної системи шин, двох систем шин з обхідною та без неї, в схемах з двома вимикачами на приєднання та схема «3/2». Пристрій серії REB 670 використовується для електроустановок високої та надвискої напруги при частоті струму 50 та 60 Гц, в мережах з глухо та ефективно заземленою нейтралю, з ізолюваною нейтралю або включеною через дугогасний реактор. Для диференційного захисту систем шин та ошиновок можуть використовуватися ТС з різними коефіцієнтами трансформації, а вирівнювання сигналів здійснюється мікропроцесорним пристроєм. Функція цифрового низькоімпедансного диференційного захисту призначена захисту від всіх пошкоджень в зоні, що захищається. Для забезпечення високої чутливості задається мінімальна уставка спрацьовування по диференційному струму – від 50 до 150% первинного номінального струму ТС з найбільшим коефіцієнтом трансформації.

В пристрої REB 670 передбачений алгоритм, який перешкоджає хибній дії захисту при обриві у вторинних колах ТС.

У пристрої REB 670 є можливість об'єднання роботи двох захистів в одну неселективну дію, тобто незалежно від положення роз'єднувачів. Це можна використовувати в розподільних пристроях з двома системами шин при порушеннях фіксації приєднань, або несправності блок-контактів роз'єднувачів або вимикачів.

Алгоритм динамічного вибору зони дії дозволяє адаптувати пристрій до захисту системи шин різної конфігурації та забезпечує:

- включення ТС у відповідну зону диференційного захисту;
- об'єднання, при необхідності, двох зон диференційного захисту в одну спільну;

селективну дію диференційного захисту шин;
 формування команди резервного відключення всіх суміжних вимикачів, що діють від ПРВВ;
 підключення секційного або шиноз'єднувального вимикача у схемі захисту;
 контроль стану роз'єднувачів та вимикачів.

Інтелектуальний пристрій серії REB 670 має чотири варіанта виконання: RU1x, RU2x, RU3x, RU4x, функції яких приведені в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 - Функції інтелектуального пристрою серії REB 670

Найменування	REB 670 RU1x трифазне	REB 670 RU2x трифазне	REB 670 RU3x однофазне	REB 670 RU4x однофазне
Максимальне число приєднань	4	8	12	24
Програмний склад				
Зони диференційного захисту (PDIF,87B)	2	2	2	2
Чотириступінчастий максимальний струмовий захист (PTOC.51 67)	4	8	-	-
Чотириступінчастий однофазний максимальний струмовий захист (PTOC.51)	-	-	12	24
Диференційний захист шин (PDSF,87B)	+	+	-	-
Диференційний захист шин однофазного виконання (PDSF,87B)	-	-	+	+

Продовження таблиці 2.6

ПРВВ, трифазне виконання (RBRF, SDBF)	4	8	-	-
ПРВВ, однофазне виконання (RBRF, SOBF)	-	-	12	24
АПВ (RREC,79)	2	2	2	2
Меню ЛІМ	+	+	+	+
Апаратний склад				
Корпус з панеллю фронтального ЛІМ	$\frac{3}{4}$ 19	19	19	19
Модуль об'єднаної плати (СВМ)	+	+	+	+
Універсальний об'єднувальний модуль на задній панелі (UBM)	+	+	+	+
Модуль живлення (PSM)	+	+	+	+
Модуль центрального процесора (NUM)	+	+	+	+
ЛІМ (LHMI)	середній	середній	середній	середній
Модуль вхідних каналів трансформаторів (TRM):	1	2	1	2
6 по струму, 6 по напрузі	+	+	+	+
9 по струму, 3 по напрузі				
12 по струму				
6 по струмі				
Модуль АЦП (ADM)	1	2	1	2

Продовження таблиці 2.6

Модуль двійкових входів (ВІМ)	1	1	2	2
Модуль двійкових виходів (ВОМ)	1	1	1	1
Модулі послідовного зв'язку SPA/LON/IEC 60870-5-103 (SLM)	alt	alt	alt	alt
Оптичний модуль Ethernet (ОЕМ)	alt	alt	alt	alt
Монтажний набір у 19 касету для пристрою $\frac{3}{4}$ 19 або RHGS6 або RHGS12	+	-	-	-
Монтажний набір для пристрою 1/1 19	+	-	-	-
Прокладка, що герметизує, для ступеню захисту IP54	alt	alt	alt	alt

Примітка: alt – встановлюється за вибором користувача

2.2.2 Диференційний захист

Функція «Диференційний захист» складається з алгоритмів диференційного захисту, чутливого диференційного вимірювального органу, контролю зон захисту, виявлення обриву у вторичних колах ТС, та моніторингу положення роз'єднувачів та вимикачів.

Диференційний захист (PDIF,87B)

Диференційний захист (PDIF,87B) призначений для швидкого та селективного відключення КЗ у зоні, що захищається. Для кожного струмового входу за допомогою ІЛМ,

або пристрою завдання уставок РСМ600 задається коефіцієнт трансформації ТС. Уставка спрацьовування захисту задається за допомогою ІЛМ, або пристрою завдання уставок програми РСМ600 у межах 50 – 150% максимального робочого струму приєднання. Всі струмові входи використовують для формування струму гальмування. Забезпечення правильної роботи захисту при зовнішніх КЗ гарантується якщо ТС не насичуються на протязі одного періоду промислової частоти (20 мс).

Команда на відключення від диференційного захисту, чутливого диференційного захисту, від ПРВВ можуть задаватися з режимом автоматичного повернення.

Чутливий орган диференційного захисту (PDIF,87B)

Чутливий орган диференційного захисту призначений для виявлення замикань на землю на шинах у мережах, заземлення яких виконано через реактор, що обмежує струм КЗ на землю від 300 до 2000 А. Як правило, захист виконується з комбінованим пуском по струму та напрузі нульової послідовності.

Характеристика спрацьовування чутливого органу диференційного захисту може вибиратися незалежно від основного диференційного захисту. Якщо диференційний струм буде перевищувати уставку спрацьовування основного диференційного захисту, то чутливий орган диференційного захисту блокується.

Зона диференційного захисту (PDIF,87B)

У пристрої РЕВ 670 передбачений динамічний вибір зони захисту – об'єднання зон диференціального захисту, тобто перехід на невиборну дію захисту. В цьому режимі робота захисту не залежить від переключень вимикачів та роз'єднувачів, а також їх невірної індикації. Дія чутливого органу диференційного захисту, команди на оперативні перемикання та робота ПРВВ не залежать від режиму роботи основного диференційного захисту.

Виявлення порушення вторинних кіл ТС

Алгоритм вимірювання струмів гарантує виявлення порушення вторинних кіл ТС. При виявленні порушення вторинних кіл ТС диференційний захист миттєво блокується з одночасною подачею сигналізації. Після усунення порушень вторинних кіл ТС подається команда на зняття блокування. Зняття блокування проводиться або вручну за допомогою ІЛМ, або дистанційно - через двійковий код по каналу зв'язку з автоматичною системою керування.

Контроль диференційного струму

В пристрої REB 670 передбачений моніторинг стану диференційного захисту. Перший орган спрацьовує коли диференційний струм перевищує рівень заданої уставки на протязі витримки часу, що задається. При цьому можуть бути виявлені порушення вторинних кіл ТС. Другий орган спрацьовує коли наскрізний струм КЗ перевищує рівень, що задається користувачем. Обидва органи контролюють кожен фазу та видають дискретні сигнали, що використовуються для запуску реєстратора ненормальних режимів та сигналізації.

Вибір зони захисту

Алгоритм динамічного вибору зони захисту дозволяє контролювати приєднання пристроїв захисту до ТС згідно зі схемою системи шин. Крім того дана функція захисту включає в себе алгоритм моніторингу стану роз'єднувачів та вимикачів, алгоритм моніторингу з'єднань ТС та алгоритм об'єднання в одну зону.

Моніторинг стану роз'єднувачів та вимикачів

Функціональні блоки моніторингу стану роз'єднувачів та вимикачів використовуються для оцінки достовірності та передачі інформації про положення первинного комутаційного обладнання у логіку для вибору зони захисту. Для цього

використовуються блок-контакти від кожного роз'єднувача та кожного вимикача по одній з логічних схем:

якщо положення «не відключено» блок-контакти замкнуті (як в схемах реле RADSS);

якщо положення «відключено» або «включено» визначається станом двох блок-контактів (як в схемах реле INX).

Незалежно від обраної схеми моніторингу для контролю стану роз'єднувачів та автоматичних вимикачів є аварійний сигнал, що діє з витримкою часу. Після аварійного сигналу користувач може самостійно конфігурувати інтегровані зони диференційного захисту. Дану функцію можна використовувати при перевірці та вводу в експлуатацію диференційного захисту шин.

Приєднання диференційного захисту шин

Кожен вхід від ТС у пристрій REB 670 призначений для одного функціонального блоку. Даний функціональний блок використовується для забезпечення повного інтерфейсу для всіх сигналів від всіх приєднань, а також для контролю струму всіх приєднань. За допомогою уставки «Підключення ТС» виконується зв'язок з алгоритмічним блоком приєднання, а після цього відповідний струмовий вхід може бути відключений до зони дії диференційного захисту. Для кожного приєднання можна вибрати один з п'яти варіантів уставки «Приєднання ТС»:

фіксоване включення вимірюного струму приєднання в зону А (уставка ZA);

фіксоване включення вимірюного струму приєднання в зону В (уставка ZB);

фіксоване включення вимірюного струму приєднання в зону А та інверсне включення вимірюного струму приєднання в зону В (уставка ZA & ZB);

включення вимірюного струму приєднання в зону А (ZA) або В (ZB) в залежності від стану двох логічних двійкових сигналів від кожного приєднання. Два даних логічних сигналів будуть включати вимірюний струму у відповідну зону, коли їх логічне значення дорівнює 1-0 або 0-1. Дана опція

використовується також для забезпечення логіки вибору зон захисту;

включення виміряного струму приєднання в зону А (ZA) або В (ZB) в залежності від стану двох логічних двійкових сигналів від кожного приєднання. Два даних логічних сигнали будуть включати виміряний струм у відповідну зону, коли їх логічне значення дорівнює 0. Дана опція використовується тільки тоді, коли у розпорядженні логіки вибору зон захисту є тільки нормально замкнуті блок-контакти від шинного роз'єднувача.

Крім того, є можливість відключення при пошкоджені у «мертвій» зоні, наприклад коли є ТС тільки на одному боці секційного або шиноз'єднувального вимикача.

За допомогою відповідної логіки конфігурації можна вести облік виміряного струму від будь-якого приєднання, але при цьому струм, що вимірюється, відключається від функцій диференційного захисту.

За допомогою двох спеціальних сигналів можна забезпечити: відключення вимикача тільки одного приєднання (при цьому використовується МСЗ приєднання);

відключення всієї зони диференційного захисту до якої підключено приєднання (використовується ПРВВ приєднання).

Режим порушення фіксації (Load Transfer)

Функція використовується коли обидва шинних роз'єднувача вмикаються одночасно. При цьому обидві зони диференційного захисту об'єднуються в одну спільну. Такий режим вводить автоматично або по спеціальному сигналу та подається аварійний сигнал.

2.2.3 Струмові захисти

Чотириступінчастий максимальний струмовий захист (РОСМ, 51)

Чотириступінчастий максимальний струмовий захист (МСЗ) може мати незалежну або зворотно залежну характеристику спрацьовування. Для трансформаторів, ректорів, шунтуючих реакторів МСЗ використовується як резервний захист. Крім того

МСЗ застосовується для захисту від КЗ у «мертвій» зоні – між вимикачем та ТС. Один зі ступенів МСЗ може задаватися для цього захисту.

2.2.4 Пристрій резервування відмови вимикача

Пристрій ПРВВ (RBRF, 50BF) функціонує з контролем струму або положенням блок-контактів. ПРВВ може діяти в однофазному або трифазному виконанні. У трифазному виконанні ПРВВ спрацьовує якщо струм у двох (трьох) фазах перевищує уставку спрацьовування, або в одній фазі та по струму нульової послідовності.

2.2.5 Пристрій автоматичного повторного включення

Пристрій автоматичного повторного включення (АПВ) - RREK 7, забезпечує миттєве або з витримкою часу трифазне АПВ. Пристрій АПВ передбачений для кожної зони захисту.

2.2.6 Керування

Логічний поворотний перемикач для вибору функції та подачі її у місцеве ЛІМ (SLGGIO)

Функціональний блок SLGGIO використовується для забезпечення виконання різних функцій, що працюють з заданими значеннями (подібно апаратним селекторам).

Селекторний міні-перемикач (VSGGIO)

Функціональний блок VSGGIO (багатофункціональний блок перемикача) – багатоцільова функція, що використовується в інструменті конфігурування САР для різних цілей, частіше як перемикач, який управляється через меню ЛІМ або однолінійне зображення на дисплеї ЛІМ.

Однобітове керування (8 сигналів) (SPC8GGIO)

Функціональний блок SPC8GGIO призначений для передачі 8 однобітових команд від віддаленого (SKADA) та місцевого ІЛМ оператора у блоці конфігурації, а також подає команди на дискретні входи інтелектуального пристрою.

2.2.7 Логіка

У розпорядженні користувача для адаптації конфігурації до специфічних вимог є блоки логічних елементів та таймерів.

Функціональний блок фіксованих сигналів

Функціональний блок фіксованих сигналів генерує ряд заданих сигналів, що використовується у конфігурації для завдання стану входів функціональних блоків.

2.2.8 Моніторинг

Вимірювання (MMXU)

Функція використовується для відображення через ІЛМ або АСУ наступних параметрів:

- виміряних значень напруги, струму, активної, реактивної та повної потужності, частоти, коефіцієнта потужності;
- первинних та вторинних векторів струму та напруги;
- диференційних та гальмівних струмів;
- прямих, зворотних та нульових послідовностей струму та напруги;
- міліамперних струмових входів;
- імпульсних лічильників;
- логічних значень вхідних та вихідних сигналів;
- загальної інформації по пристрою.

Лічильник подій (GGIO)

Функція фіксує показання шести лічильників, зберігає числа запусків кожного лічильника, блокує лічильники при використанні їх для тестування.

Звіт про ненормальні та аварійні режими (RDRE)

Функція звіту про ненормальні та аварійні режими реєструє аналогові вхідні та розрахункові величини первинних та вторинних параметрів і подій, що відбуваються. Функція отримує тіж дані, що поступають у функціональні блоки.

Звіт про ненормальні та аварійні режими включає наступне:

- список подій (EL);

- індикацію (IND);

- дані реєстратору подій (TR);

- дані реєстратору значень струмів та напруги при вимиканні (TVR);

- дані реєстратору ненормальних та аварійних режимів роботи (DR).

Вибір сигналів, що реєструється, проводиться шляхом приєднання до входів функціональних блоків DRAX або DRBY у інструменті конфігурування CAP531 програми PCM600. Кожен запис звіту про ненормальні та аварійні режими, а також всієї інформації, що реєструється та постійно відновлюється у кільцевому буфері пам'яті, зберігається в інтелектуальному пристрої. Місцевий ІЛМ отримує інформацію про ненормальні та аварійні режими, та проводить аналіз за допомогою спеціальної програми PCM600.

Список подій (RDRE)

У списку подій безперервно реєструються всі двійкові вхідні сигнали, що підключені до функції «Звіт про ненормальні та аварійні режими». Список може включати 1000 подій з вказівкою часу, що зберігаються у кільцевому буфері.

Індикація (RDRE)

На місцевому ЛІМ три світлодіоди (зелений, жовтий та червоний) відображають інформацію про стан пристрою REB670 та функції звіту про ненормальні та аварійні режими, а також всі вибрані двійкові сигнали, що змінилися при ненормальному та аварійному режимі.

Реєстратор подій (RDRE)

Для аналізу роботи обладнання дуже важлива оперативна надійна інформація про події, що зареєстровані при ненормальних та аварійних режимах. Реєстратор подій реєструє всі вибрані двійкові сигнали, що підключені до функції звіту про ненормальні режими (до 150 подій). Інформація реєстратора доступна через місцевий ЛІМ.

Реєстратор відключень (RDRE)

Реєстратор відключень обробляє значення всіх вибраних вхідних сигналів, що пов'язані з функцією «Звіт про ненормальні режими». В результаті отримується значення та фазовий кут кожного аналогового сигналу до та під час аварійного режиму.

Реєстратор ненормальних та аварійних режимів (RDRE)

Функція «Реєстратор ненормальних та аварійних режимів» забезпечує повною інформацією про ненормальні режими в енергосистемі та роботу первинного та вторинного обладнання під час та після ненормального режиму.

Реєстратор ненормальних режимів збирає вибіркові дані всіх аналогових та двійкових вхідних сигналів, що пов'язані з функцією «Звіт про ненормальні режими» (до 40 аналогових та 96 двійкових сигналів). Функція не залежить від функцій захисту та може реєструвати ненормальні та аварійні режими, на які захист не прореагував. Інформація останніх 100 ненормальних режимів зберігається в пристрої REB670, а місцевий ЛІМ використовується для перегляду збережених записів.

Функція подій (EV)

При використанні пристрою REB670 в системі АСУ для зв'язку по протоколам LON або SPA події можуть передаватися при любых змінах (спорадично) або циклічно від інтелектуального пристрою на більш вищий рівень (наприклад на сервер зв'язку).

2.2.9 Базові функції пристрою REB670

Синхронізація по часу

Для забезпечення можливості порівняння подій та даних ненормальних режимів всіх інтелектуальних пристроїв в АСУ використовується єдине джерело синхронізації по часу.

Інтерфейс «людина – машина»

Місцевий ІЛМ має рідінокристалічний дисплей (РКД), який наряду з іншими функціями, відображає наступну інформацію:

про включення кожного приєднання в ту або іншу або в обидві зони диференційного захисту;

про стан кожного приєднання (тобто відключено, включено, «00» - позначення проміжного значення та «11» – помилковий стан).

Лицьова панель ІЛМ розділена на зони з функціональними призначеннями, що описані для пристрою RET670 (розділ 2.16).

2.2.10 Зв'язок

Зв'язок з автоматизованою системою управління, віддалений зв'язок пристрою REB670 виконані аналогічно пристрою RET670 (розділи 2.1,7, 2.18)

2.2.11 Апаратне забезпечення

Апаратне забезпечення пристрою REB670 виконані аналогічно пристрою RET670 (розділи 2.1,19)

2.2.10 Питання для самоперевірки

1. Які інтелектуальні пристрої фірми АВВ застосовуються для захисту та автоматики елементів електричних мереж?
2. Призначення та функціональні можливості пристрою релейного захисту релейного захисту та автоматики REB670.
3. Які є варіанти виконання пристрою REB670 та які їх особливості?
4. Диференційний захист шин.
5. Струмові захисти захисти шин.
6. Пристрій резервування відмови вимикача у пристрої REB670.
7. Пристрій автоматичного повторного включення у пристрої REB670
8. Меню інтерфейсу «людина-машина»
9. Логіка та моніторинг у пристрої REB670.
10. Апататний склад у пристрої REB670.

2.3 Інтелектуальний пристрій диференційного захисту ліній електропередач RED 670

2.3.1 Призначення та функції диференційного захисту ліній електропередач RED 670

Інтелектуальний пристрій RED 670 [10] застосовується для захисту повітряних та кабельних ліній з глухо та ефективно заземленою нейтралю, а також для керування та моніторингу. Захист передбачає одно-, двох- та трифазне відключення ЛЕП, що мають до п'яти відгалужень. Даний пристрій застосовується також для ЛЕП, що підключені до блоку «генератор – трансформатор». Компенсація зарядного струму забезпечує високу чутливість на ЛЕП великої довжини. Дистанційний захист з логікою зв'язку застосовується як резервний захист. Вісім каналів телекерування та дискретних сигналів забезпечують зв'язок між інтелектуальними пристроями.

Одно-, двох- та трифазне АПВ має логіку пріоритетів, що дозволяє працювати по принципу «головний - ведений» в схемах з декількома вимикачами на приєднання. Пристрій АПВ взаємодіє з функцією контролю синхронізму для швидкодіючих АПВ та АПВ з витримкою часу.

Крім того в інтелектуальному пристрої RED670 є струмова відсічка від міжфазних замикань та замикань на землю, чотириступінчастий МСЗ або направлений МСЗ від міжфазних замикань та замикань на землю, захист теплового перевантаження, двоступінчаті захисти максимальної та мінімальної напруги.

В інтелектуальному пристрої RED670 мають місце функції керування та блокування, що передбачає взаємодію з функцією контролю синхронізму для узгодження функцій основного та резервного керування. Послідовна передача даних здійснюється через оптичні порти зв'язку.

Інтелектуальний пристрій RED670 виконується у чотирьох варіантах, функції яких приведені у таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Функції інтелектуального пристрою RED6 70

Найменування	RED 670 RU1x	RED 670 RU2x	RED 670 RU3x	RED 670 RU4x
Програмний склад				
Поздовжній диференційний захист ЛЕП з двома або трьома відгалуженнями (PDIF,87B)	+	-	-	-
Поздовжній диференційний захист ЛЕП до п'яти відгалужень (PDIF,87B)	-	+	+	+
Зони дистанційного захисту (PDIS.21)	-	-	+	-
Селектор пошкодження фаз з відбудовою від режиму навантаження (PDIS.21)	-	-	+	-
Орган напрямку потужності (ZD)	-	-	+	-
Виявлення хитань в енергосистемі (RPSB.78)	-	-	+	-
Логіка автоматики при включенні на пошкодження (SFCV)	-	-	+	-
Струмова відсічка (PIOC.50)	+	+	+	+
Струмова відсічка нульової послідовності (PIOC.50N)	+	+	+	+
Чотириступінчастий струмовий захист нульової послідовності (PTOC.51 67)	-	-	+	-

Продовження таблиці 2.7

Захист від теплового перевантаження, одна постійна часу (PTTR.26)	+	+	+	+
ПРБВ трифазний (RBRF/50BF)	+	-	+	+
Захист ошиновки (PTOC.50STB)	-	+	+	-
Контроль кіл струму (RDIF)	+	+	+	+
Контроль кіл напруги (RFUF)	-	+	-	-
Синхронізація, контроль синхронізму та умов підключення під напругу, один вимикач (RSYN.25)	-	-	+	-
Функція АПВ (RREC.79)	-	-	+	-
Логіка схем зв'язку дистанційного захисту (PSCH.85)	-	-	+	-
Логіка, що враховує реверс струму та логіка з боку ЛЕП зі слабим джерелом живлення для дистанційного захисту (PSCH.85)	-	-	+	-
Логіка місцевого прискорення (PLAL)	-	-	+	-
Логіка схем зв'язку для струмового захисту нульової послідовності (PSCH.85)	-	-	+	-

Продовження таблиці 2.7

Логіка, що враховує реверс струму та логіка боку ЛЕП зі слабим джерелом живлення для СЗНП (PSCN.85)	-	-	+	-
Логіка відключення (PTRC.94)	+	+	+	+
Логіка відключення (PTRC.94)	-	+	-	-
Визначення місця пошкодження (RFLO)	-	-	+	-
Меню ЛІМ (LHMI)	+	+	+	+
Апаратний склад				
Корпус 1/2*19" (макс. 3 модулі входів/виходів)	1/2*19" rack	1/2*19" rack	-	1/2*19" rack
Корпус 3/4*19" (макс. 8 модулів входів/виходів)	-	-	3/4*19" rack	-
Модуль об'єднаної плати (CBM)	CBM	CBM	CBM	CBM
Універсальний об'єднувальний модуль на задній панелі (UBM)	UBM	UBM	UBM	UBM
Модуль живлення (PSM)	PSM 90 250V DC	PSM 90 250V DC	PSM 90 250V DC	PSM 90 250V DC
Модуль центрального процесора (NUM)	NUM	NUM	NUM	NUM
Місцевий ЛІМ	SHMI 3/4*19"	SHMI 3/4*19"	SHMI 3/4*19"	SHMI 3/4*19"
Модуль АЦП з синхронізацією часу	ADM	ADM	ADM	ADM
Модуль входів від вимірювальних трансформаторів	TRM	TRM	TRM	TRM
Модуль входів від вимірювальних трансформаторів	TRM6I 1A	TRMI2I 1A	TRM6I+ 6U,1A	TRM6I, 1A

Продовження таблиці 2.7

Модуль входів від вимірювальних трансформаторів	TRM6I 5A	TRM2I 5A	TRM6I+ 6U, 5A	TRM6I, 5A
Модуль дискретних входів (16 входів)	BIM	BIM	BIM	BIM
Модуль дискретних входів 110 – 125В постійного струму	BIM 16 Inputs RI.110-125	BIM 16 Inputs RI.110-125	BIM 16 Inputs RI.110-125	BIM 16 Inputs RI.110-125
Модуль дискретних входів 220 -250В постійного струму	BIM 16 Inputs RI.220-250	BIM 16 Inputs RI.220-250	BIM 16 Inputs RI.220-250	BIM 16 Inputs RI.220-250
Модуль дискретних виходів (24 вихідних реле)	BOM 24 output relays	BOM 24 output relays	BOM 24 output relays	BOM 24 output relays
Інтерфейс зв'язку з АСУ, один з наступних:				
Інтерфейси SPA/МЕК 60870-5-103/LON, скловолокно	SLM	SLM	SLM	SLM
Оптичний модуль Ethernet -2 скловолоконних каналів	OEM	OEM	OEM	OEM
Модуль передачі цифрових даних opt	LDCM	LDCM	LDCM	LDCM
Засоби для монтажу:				
Монтажний набір у касету 19” для корпусу 19”	19” rack mtg	19” rack mtg	19” rack mtg	19” rack mtg
Набір для настінного монтажу	Wall mgt	Wall mgt	Wall mgt	Wall mgt
Набір для щільного монтажу alt	Flush mgt	Flush mgt	Flush mgt	Flush mgt
Герметична прокладка для захисту IP54	IP54	IP54	IP54	IP54

Продовження таблиці 2.7

Документація, програми пакети зв'язку з терміналом, шаблон таблиць світлодіодної індикації для ЛІМ на CD-ROM	DOC- CD	DOC- CD	DOC- CD	DOC- CD
Випробувальний блок RTXP 24 (корпус)	+	+	+	+
Модуль RTXP 24 для пристрою RED/REL670	+	+	+	+
Вимикач, Вкл/Відкл	+	+	+	+
Набір для монтажу у касету 19", для касети RHGS 6	+	+	+	+

2.3.2 Диференційний захист (PDIF,87B)

Диференційний захист призначений для швидкого та селективного відключення КЗ у зоні, що захищається та складається з алгоритмів диференційного захисту, чутливого диференційного вимірювального органу, контролю зон захисту, виявлення обриву у вторинних колах ТС.

Диференційний захист ЛЕП без відгалужень та з відгалуженнями (PDIF,87B)

Диференційний захист порівнює вхідні та вихідні струми ЛЕП, що захищається та може бути у однофазному і трифазному виконанні. Алгоритм диференційного захисту забезпечує високу чутливість при пошкодженнях в зоні захисту та не реагує на зовнішні пошкодження. Пристрої RED670, що встановлені з усіх боків ЛЕП, отримують сигнали про струми всіх ТС (режим «ведений - ведений») або сигнали посилаються на один пристрій RED670 (режим «головний - ведений»).

Гальмівна характеристика диференційного захисту з гальмуванням має дві нахилені ділянки. В якості гальмівного

струму використовується максимальний фазний струм ТС з усіх боків ліній, що забезпечує надійну роботу захисту при наскрізних струмах зовнішніх КЗ при насиченнях ТС.

Особливістю пристрою RED670 є можливість його застосування для трансформаторів невеликої потужності (номінальний струм яких менше 50% від уставки диференційного захисту), що встановлені у відгалужені лінії без вимірювання струму у точці підключення. В цьому випадку при невеликих струмах КЗ захист відключає вимикач з витримкою часу для узгодження з МСЗ, що встановлена з боку нижчої напруги трансформатора.

Компенсація струму заряду лінії забезпечує підвищену чутливість захисту.

Диференційний захист ЛЕП та трансформаторів, що включені в зону захисту (PDIF,87LT)

В зону захисту ЛЕП можуть бути включені один триобмотковий або два двообмоткових трансформатори. Функція має блокування по другій та п'ятій гармонікам та поструму нульової послідовності.

Передача аналогових сигналів для диференціального захисту ЛЕП (MDIF)

Передача даних між комплектами диференційного захисту може бути організована по режиму «головний - ведений», або по режиму «головний - головний». У першому випадку значення струму передаються до усіх терміналів, а обробка даних проводиться у кожному з них. Таким чином повинні бути канали зв'язку між пристроями. У другому випадку значення струму з усіх ведених терміналів передається до головного терміналу, де проводиться обробка даних та, при необхідності, передаються сигнали на відключення в інші кінці ЛЕП. Таким чином повинні бути канали зв'язку між головним пристроєм та веденими.

Заміри струму з інтелектуальних пристроїв повинні бути синхронізовані. Як правило, використовується луна-метод синхронізації по часу. Канал зв'язку безперервно контролюється

та автоматично переключається на резервний через визначений проміжок часу.

2.3.3 Дистанційний захист

Зони дистанційного захисту, полігональна характеристика (PDIS, 21)

Дистанційний захист представляє собою захист з п'ятьма незалежними зонами (з п'ятьма ступенями). Кожен з ступенів для захисту від міжфазних КЗ та однофазних КЗ має три контури виміру (AB, BC, CA та A0, B0, C0). Незалежні уставки для зони по активному та реактивному опору забезпечують її надійне використання для повітряних та кабельних ліній різної довжини.

Функція має алгоритм відбудови режиму навантаження, що підвищує чутливість захисту при КЗ через великий перехідний опір.

Селектор пошкоджених фаз з відбудовою від режиму навантаження (PDIS, 21)

Функція селектора пошкоджених фаз PSH (фазового селектора) з відбудовою від режиму навантаження призначена для точного вибору місця пошкодження для дистанційного захисту в залежності від виду КЗ.

Опір, що контролюється для ЛЕП з великим навантаженням може бути в зоні спрацьовування захисту та викликати хибне спрацьовування. Таким чином дистанційний захист повинен мати алгоритм відбудови від режиму навантаження. Набір додаткових вихідних сигналів селектора пошкоджених фаз також дає важливу інформацію про пошкодження, що може бути використана для аналізу аварії.

Визначення хитань в енергосистемі (PRSB, 78)

Функція визначення хитань в енергосистемі використовується для блокування ступенів дистанційного захисту при хитаннях потужності в енергосистемі.

Логіка при режимі хитань в енергосистемі (RPSL, 78)

Функції доступна додаткова логіка для режиму хитань, що забезпечує відключення КЗ при хитаннях в енергосистемі та дає команду на відключення при хитаннях, які можуть спричинити пошкодження.

Захист від асинхронного режиму (PPAM, 78)

В тих випадках, коли коливання (хитання) в енергосистемі досягає великої амплітуди, може виникнути асинхронний режим. Захист від асинхронного режиму повинен зафіксувати асинхронний режим, визначити місце знаходження центру хитань та ліквідувати хитання в енергосистемі. Для забезпечення стійкості енергосистеми працює автоматика, що поділяє енергосистему.

Логіка відключення при включенні на пошкодження (PSOF)

Функція забезпечує миттєве відключення при включенні вимикача на пошкодження. Для активізації функції при відключенні лінії передбачена функція перевірки знеструмлення ЛЕП.

2.3.4 Струмовий захист

Фазна струмова відсічка без витримки часу (PIOC, 50)

Фазна струмова відсічка без витримки часу має невелике розширення зони дії в перехідних режимах (до 80% від довжини ЛЕП) та малий час спрацьовування.

Чотириступінчастий максимальний струмовий захист (

Чотириступінчастий МСЗ (РОСМ, 51/67) може мати залежну або незалежну від струму характеристику витримки часу. Кожен ступінь може бути спрямованим або неспрямованим.

Швидкодійний максимальний струмовий захист нульової послідовності (PIOС, 50N)

Швидкодійний МСЗ нульової послідовності з одним входом має малий час спрацьовування, але при вибраній уставці спрацьовування зона захисту до 80% довжини ЛЕП, що захищається. Функція може бути сконфігурована на вимірювані струму по трьом фазним каналам або по одному окремому каналу.

Чотириступінчастий максимальний струмовий захист нульової послідовності (PTOC, 51N/67N)

Чотириступінчастий МСЗ може мати залежну або незалежну від струму характеристику витримки часу. Кожен ступінь може бути спрямованим або неспрямованим.

Блокування по другій гармоніці може бути введено по кожному ступеню. Функція може використовуватися як основний від замикань на землю та як резервний для диференційно-фазного захисту.

Спрямована дія може використовуватися з відповідними блоками схем з дозволяючими або блокуючими сигналами. Функція може бути сконфігурована на вимірювані струму по трьом фазним каналам або по одному окремому каналу.

Чутливий спрямований струмовий захист нульової послідовності (PSDE, 67N)

Захист використовується в мережах з ізолюваною або включеною через дугогасний реактор нейтралю. В якості величини спрацьовування використовується струм нульової послідовності або активна потужність нульової послідовності $3U_0 I_0 \cos\varphi$. Доступною також є неспрямований ступінь $3I_0$ та ступінь, що реагує підвищення напруги $3U_0$.

Захист від теплового перевантаження з однією постійною часу (PTTR, 26)

Функція заснована на вимірюванні величини I^2t у трьох фазах з регульованою постійною часу та тепловою характеристики (з урахуванням адіабатичного процесу охолодження). Попереджувальна сигналізація дозволяє оперативному персоналу здійснити заходи, що дозволять не відключати ЛЕП.

Пристрій резервування відмови вимикача (RBRF, 50BF)

Пристрій ПРВВ забезпечує відключення суміжних вимикачів при неспрацьовуванні основного вимикача. Принцип дії заснований на контролі струму КЗ через заданий час після команди на відключення вимикача або положені допоміжних блок-контактів вимикача.

Орган контролю струму з малим часом повернення використовується як додатковий критерій для попередження.

Пристрій ПРВВ може діяти в однофазному або трифазному виконанні. У трифазному виконанні ПРВВ спрацьовує якщо струм у двох (трьох) фазах перевищує уставку спрацьовування, або в одній фазі та по струму нульової послідовності.

Захист системи шин (PTOC, 50STB)

Якщо система шин виведена у ремонт, а трансформатори напруги будуть на відімкнутій частині, то дистанційний захист не зможе працювати та повинен бути заблокованим.

Захист системи шин охоплює зону між ТС та відключеним роз'єднувачем. Струмова відсічка вводиться у роботу при відімкнутому лінійному роз'єднувачі. Контроль здійснюється за допомогою блок-контакту роз'єднувача.

Захист від неузгодженості полюсів вимикача (RPLD, 52PD)

Полюса вимикачів з пофазним керуванням при механічній або електричній несправності можуть мати різні положення

(включено – відключено). При цьому має місце несиметричний режим навантаження лінії, з'являються складові зворотної та нульової послідовності. Принцип дії функції заснований на отриманні інформації про положення блок-контактів вимикачів трьох фаз. Якщо вимикачі не відключаються то за допомогою сигналу телемеханічного зв'язку відключається вимикач з протилежного боку.

Спрямований захист від підвищення (PDOP,32) та від зниження (PDUP/37) потужності

Функції використовуються для захисту, що реагує на підвищення (зниження) активної, реактивної та повної потужності або для аварійної сигналізації. Крім того дані функції необхідні для виявлення зміни напрямку активної потужності та виявлення високого рівня реактивної потужності.

Контроль обриву фази (PTOC,46)

Призначення функції контролю обриву фази – виявлення несправності кіл струму на кабельних та повітряних ЛЕП, що захищаються. Дана функція використовується для сигналізації про несправність кіл струму.

2.3.5 Захист по напрузі

Двоступеневий захист від зниження напруги (PTUV,27)

Функція застосовується для відключення вимикачів з метою відновлення енергосистеми при порушенні балансу потужності. Дана функція також застосовується для контролю напруги енергосистеми. При цьому подається аварійна сигналізація та можуть вимикатися реактори та вмикається батареї статичних конденсаторів.

Функція має два ступені по напрузі спрацьовування з незалежною або залежною характеристикою витримки часу.

Двоступінчатий захист від підвищення напруги (PTOV,59)

Підвищення напруги в енергосистемі трапляються при відключенні навантаження, при відключенні ліній великої довжини з однієї сторони. Функція застосовується для виявлення відключених ЛЕП з одного боку. При цьому вона діє сумісно з функцією вимірювання ємнісного струму. Функція формує аварійний сигнал та може діяти на включення реакторів і відключення конденсаторних батарей.

Функція має два ступені спрацьовування по напрузі з незалежною або зворотно залежною характеристикою витримки часу.

Двоступінчатий захист від підвищення напруги нульової послідовності (PTOV,59N)

Функція налаштована на вимірюванні напруги нульової послідовності по трьом фазним напругам, або по напрузі, що вимірюється на виводах «розімкнутого трикутника» ТН.

Функція має два ступені спрацьовування по напрузі з незалежною або зворотно залежною характеристикою витримки часу.

Захист від перезбудження (PVRN, 24)

Захист від перезбудження застосовується для трансформаторів, коли в енергосистемі знижується частота або підвищується напруга, функція має зворотно залежну характеристику.

Захист підключається до обмоток трансформатора без РПН та діє на попереджувальну сигналізацію. Для роботи функції вимірюється міжфазна напруга, або напруга прямої послідовності. Функція може також отримувати ЕРС, яка визначається по розрахунку – до напруги на виході обмотки додається падіння напруги на обмотці при протіканні струму навантаження. Цей параметр необхідний для контролювання магнітного потоку в магнітопроводі трансформатора. Крім того

для оцінки магнітного потоку у трансформаторах та генераторах у функції може вимірюватись параметр U/f (відношення напруги на виводах обмотки до частоти), що дозволяє непрямим методом контролювати магнітний потік у трансформаторах та генераторах.

Диференційний захист по напрузі (PTOV, 27)

Диференційний захист по напрузі порівнює напругу двох фаз трифазного трансформатора та має два ступені по напрузі: перший ступінь – сигналізація, а другий – на відключення.

Контроль втрати напруги (PTUV, 27)

Контроль втрати напруги використовується в мережах де передбачена функція відновлення системи. Функція формує сигнал на відключення вимикача якщо напруга трьох фаз менше уставки спрацьовування на протязі встановленої витримки часу, а вимикач залишається увімкнутим.

2.3.6 Захист по частоті

Захист від зниження частоти (PTUF, 81)

Функція використовується для відключення систем запуску газотурбінних установок, що можуть корегуватися. Функція має блокування при знижені напруги.

Захист від підвищення частоти (PTOF, 81)

Функція використовується для зменшення потужності електроенергії, що генерується, в схемах дії, що корегується, а також в схемах відновлення живлення споживачів. Функція має блокування при знижені напруги.

Захист по швидкості зміни частоти (PFRC,81)

Функція контролю швидкості зміни частоти дозволяє виявити системні аварії на початковій стадії.

Функція може застосовуватися для обмеження потужності, що генерується, відключення навантаження, схем дії, що корегується. Кожен ступінь може виявляти підвищення або зниження частоти.

2.3.7 Захист широкого призначення (GAPC)

Захист широкого призначення може використовуватися як струмовий захист зворотної послідовності для захисту від несиметричних режимів (захист від несиметричних КЗ, обрив однієї фази). Крім того дана функція може використовуватися для виявлення пошкодження при замиканні на землю через великий активний опір та при цьому може не охоплюватись зоною дії дистанційного захисту. У цьому випадку застосовуються органи, що вимірюють струм в нейтралі та фазні напруги. Цим забезпечується незалежність роботи від режиму навантаження та сумісно з функцією спрямованого захисту від замикань на землю дозволяє реалізувати селектор пошкоджених фаз при замиканні на землю.

2.3.8 Контроль вторинних кіл

Контроль кіл струму TC (RDIF)

Функція контролю кіл струму порівнює суму трьох фаз вторинних струмів TC (потрійний струм нульової послідовності) з струмом TC, що включений у нейтралі. Виявлення різниці при цьому говорить, про пошкодження у колах струму, подається аварійна сигналізація, та блокуються захисти, при яких можлива хибна робота.

Контроль кіл змінної напруги (RFUF)

Функція контролю кіл змінної напруги попереджує (RFUF)

можливість хибної роботи дистанційного захисту, захисту від зниження напруги, захисту від підвищення напруги нульової послідовності та інших.

Передбачено три способи визначення несправності у колах змінної напруги:

спосіб, що заснований на виявленні напруги нульової послідовності при відсутності струму нульової послідовності (для мереж з глухо або ефективно заземленою нейтралю);

спосіб, що заснований на виявленні напруги зворотної послідовності при відсутності струму зворотної послідовності (для мереж з ізольованою або заземленою через дугогасний реактор нейтралю);

спосіб, що заснований на контролі різниці швидкості зміни напруги – du/dt та струму - di/dt . Зміна тільки швидкості зміни напруги означає пошкодження у колах ТН. Даний спосіб дозволяє визначити несправність кіл напруги в одній, двох або у трьох фазах одночасно.

2.3.9 Керування

Синхронізація, контроль синхронізму та умов підключення під напругу (RSYN, 25)

Функція виявлення синхронізму дозволяє об'єднати дві енергосистеми в єдину за короткий час без порушень стабільності роботи мережі. Системи також можуть бути повторно підключені одна до одної в результаті роботи пристрою АПВ або при оперативних переключеннях.

Функція перевіряє синхронність напруги з обох боків вимикача для виконання безпечного його включення.

Функція має вбудовану схему вибору напруги для двох систем шин и схеми з'єднання шин 3/2, а також для кільцевих конфігурацій розподільних пристроїв. Крім того, є канал виявлення синхронізму, що забезпечує включення вимикача в потрібний момент часу, частини мережі працюють асинхронно.

Автоматичне повторне включення (RREC, 79)

Функція АПВ забезпечує швидкодіюче АПВ, або АПВ з витримкою часу в схемах з одним або з декількома вимикачами на приєднання. Можливо запрограмувати до п'яти спрацьовувань АПВ, причому перше спрацьовування одно-, дво- або трифазним в залежності від виду КЗ.

Для схем з декількома вимикачами на приєднання логіка дозволяє включити спочатку один вимикач, а при успішному включенні включиться другий вимикач.

Кожна функція АПВ може бути конфігурована на взаємодію з функцією контролю синхронізму.

Керування апаратами (АРС)

Функція керування комутаційними апаратами (АРС) призначена для керування високовольтними вимикачами, роз'єднувачами заземлюючими ножами. При цьому для запобігання помилок оперативного персоналу введені оперативні блокування, контроль синхронізму та інші заходи.

Блокування

Функція перешкоджає можливості пошкодження апаратів, наприклад відключення роз'єднувача, що знаходиться під навантаженням. Кожна функція апаратного керування має модулі

Для організації блокування в межах електростанції встановлюється зв'язок інтелектуальних пристроїв через стаціонарні шини або передачею сигналів через дискретні входи/виходи. Умови блокування можуть бути змінені для виконання вимог замовника за допомогою програмного інструменту конфігурування та створення додаткових логічних схем.

Логічний поворотний перемикач для вибору функцій та подання у місцеву ЛІМ (SLGGSO)

Функціональний блок «Логічний поворотний перемикач для вибору функцій та подання у місцевому ЛІМ» (SLGGIO) призначений для використання функціональних можливостей, що забезпечуються апаратним селектором.

Селекторний міні-перемикач (VSGGIO)

Функціональний блок селекторного перемикача (VSGGIO) – функція широкого призначення, що може використовуватися в інструменті конфігурування програмного забезпечення РСМ600 для різних цілей, частіше всього в якості перемикача.

Керування функцією здійснюється за допомогою меню ЛІМ або за допомогою обзначення на однолінійній схемі (SLD) місцевого ЛІМ.

Однобітове керування (8 сигналів) (SPC8GGIO)

Функціональний блок однобітового керування SPC8GGIO призначений для передачі 8 однобітових команд від віддаленої системи АСУ (SCADA) у ті частини конфігурації логіки, що не вимагають складних функціональних блоків. В цьому випадку можна подавати ці команди на виходи інтелектуадбний електроний пристрій. Підтвердження результату подачі команди виконується іншими засобами, такими як дискретні входи та функціональні блоки SPGGIO.

2.3.10 Логіка схем зв'язку

Логіка схем зв'язку для дистанційного захисту та струмового спрямованого захисту нульової послідовності (PSCH, 85)

Для забезпечення відключення всіх пошкоджених ЛЕП без витримки часу передбачається логіка схем зв'язку (охват всієї схеми з сигналом, що дозволяє блокування, телевідключення та інше). При цьому використовується модуль передачі даних (LDCM).

Логіка реверса струму та відключення ЛЕП з боку слабого живлення для дистанційного захисту та струмового захисту нульової послідовності (PSCH, 85)

Логіка реверса струму використовується для запобігання зайвих спрацьовувань захистів, що може відбутися при зміні напрямку струму.

Логіка відключення ЛЕП з боку слабого живлення використовується тоді, коли потужність джерела живлення за місцем установки захисту недостатня для спрацьовування дистанційного захисту. Сигнал телеприскорення сумісно з захистом мінімальної напруги забезпечує відключення вимикачів без витримки часу.

Логіка місцевого прискорення (PLAL)

При відсутності каналу зв'язку для швидкого усунення пошкоджень ЛЕП використовується логіка місцевого прискорення для дистанційного захисту - ZCLC. Логіка управляється від функції АПВ або від функції зникнення струму навантаження.

Логіка схем зв'язку для струмового захисту нульової послідовності (PSCH, 85)

Для швидкого усунення пошкоджень ЛЕП – замикання на землю, що знаходиться поза зоною струмової відсічки нульової послідовності, спрямований захист нульової послідовності має логіку схем зв'язку, що використовує сигнали по каналах зв'язку.

Інформація по спрямуванню струму пошкодження передається захисту, що встановлений з іншого боку ЛЕП. При цьому час спрацьовування захисту в межах 50 – 60 мс та виникає можливість застосування швидкодіючого АПВ. На протязі циклу роботи АПВ логіка спрямованого порівняння при замикання на землю блокується.

Логіка, що враховує реверс струму та відключення ЛЕП з боку слабого живлення для струмового захисту нульової послідовності- СЗНП (PSCN, 85)

Логіка реверса струму та відключення ЛЕП з боку слабого живлення доповнює логіку схеми зв'язку EFC для струмового захисту нульової послідовності. Для швидкого відключення пошкоджених ЛЕП функція СЗНП доповнюється логікою, що використовує канали зв'язку.

При підключенні двох ліній на паралельну роботу при пошкодженні однієї ЛЕП можуть бути відключені обидві. При використанні логіки реверсу струму при відключенні пошкоджень цей недолік можна уникнути та оставити в роботі непошкоджену ЛЕП.

Якщо струм нульової послідовності при замиканнях на землю при відключенні одного вимикача дуже малий, або опір відносно місця установки захисту дуже великий то використовується луна-логіка для відключення ЛЕП з боку слабого живлення (WEL).

2.3.11 Логіка

Логіка відключення (PTRC, 94)

Функціональний блок відключення від захисту передбачається для кожного вимикача. Він забезпечує імпульс необхідної тривалості, а також взаємодію з функціями АПВ.

Матриця логіки відключення (GGIO, 94X)

У інтелектуальному пристрої передбачено дванадцять логічних матриць відключення, що використовуються для його конфігурації для застосування сигналів відключення чи інших сигналів на вихідні реле. Матриця та фізичні виходи можуть конфігуруватися та програмуватися (PCM600).

Логічні блоки, що конфігуруються

Передбачені логічні блоки таймери для адаптації конфігурації інтелектуальних пристроїв до конкретних вимог.

Функціональний блок фіксованих сигналів

Функціональний блок фіксованих сигналів генерує ряд заданих сигналів, що застосовуються в конфігурації інтелектуального пристрою для використання різних фізичних входів та інших функціональних блоків.

2.3.12 Моніторинг

Вимірювання (MMXU)

Функція використовується для відображення через ІЛМ або АСУ наступних параметрів:

вимірних значень напруги, струму, активної, реактивної та повної потужності, частоти, коефіцієнта потужності;
вектори первинних та вторинних струмів та напруги;

диференційних та гальмівних струмів;
прямих, зворотних та нульових складових струму і
напруги;
міліамперних струмових входів;
імпульсних лічильників;
логічних значень вхідних та вихідних сигналів;
загальної інформації по пристрою.

Контроль міліамперних вхідних сигналів (MVGGSO)

Основна мета функції – вимірювання та обробка сигналів від різних первинних вимірювальних перетворювачів. При цьому вимірюються такі параметри як частота, температура та напруга батареї і представляються у вигляді постійних струмів в діапазоні 4 – 20 мА, пропорційних величинам, що вимірюються.

Порогові значення елементів можуть задаватися та використовуватися в якості тригерів, наприклад, для генерації сигналів відключення та аварійної сигналізації.

Регістратор ненормальних та аварійних режимів (RDRE)

Функція забезпечує подачу повної та надійної інформації про ненормальні режими в первинній системі або в колах вторинної комутації з безперервною реєстрацією дискретних подій.

Функція звіту про ненормальні та аварійні режими роботи є базовою - завжди включається в інтелектуальний пристрій, накопичує дані по всім підключеним та вибраним аналоговим вхідним і дискретним сигналам (максимально 40 аналогових та 96 дискретних сигналів).

Звіт про ненормальні режими роботи об'єднує наступні функції:

- список подій;
- індикації;

реєстратор подій;
реєстратор значень струмів та напруг при відключенні;
реєстратор ненормальних режимів – цифровий осцилограф.
Функція характеризується хорошою гнучкістю по конфігурації, умовам запуску, часу реєстрації та великим об'ємом пам'яті у енергонезалежного запам'ятовуючого пристрою.

Звіт про ненормальні режими роботи містить інформацію про всі підключення до функціональних блоків AxRADR та VxRBDR аналогових та двійкових сигналів.

Ненормальні режими зберігаються у кільцевому буфері енергонезалежної пам'яті у стандартному форматі COMTRADE. Теж відноситься до подій, що безперервно поступають та зберігаються у кільцевому буфері. Місцевий ІЛМ використовується для отримання інформації про записи ненормальних режимів.

Список подій (RDRE)

Постійна реєстрація подій (двійкових сигналів) є доповненням до функції реєстратора ненормальних режимів.

У склад списку сигналів, що реєструються, включаються всі вибрані дискретні вхідні сигнали, які пов'язані з функцією звіту про ненормальні режими (до 1000 подій, що зберігаються у кільцевому буфері пам'яті).

Індикація (RDRE)

Для отримання оперативної інформації про ненормальні режими в первинній або вторинній системі важливо знати чи не змінився стан, наприклад, двійкових сигналів під час ненормального режиму. Ця інформація може бути отримана за допомогою місцевого ІЛМ.

Інформація про стан інтелектуального пристрою та звіту про ненормальні режими роботи відтворюється на місцевому ІЧМ за допомогою трьох статусних світлодіодів (зеленого, жовтого та червоного).

Функція списку індикацій відтворює всі дискретні вхідні сигнали, що пов'язані з функцією звіту про ненормальні режими, які змінили стан під час запису ненормального режиму.

Реєстратор подій (RDRE)

Інформація про струми та напругу доаварійного та післяаварійного режимів необхідна для аналізу аварійного режиму. Результатом роботи реєстратора є значення амплітуд та фазові кути струму та напруги до пошкодження та при аварійному режимі. Розраховані значення доступні у останніх десяти записів у локальному ІЛМ.

Регістратор ненормальних режимів – осцилограф (RDRE)

Осцилограф забезпечує найбільш повну та надійну інформацію про ненормальні режими в енергосистемі. Інформація, що записана, використовується як короткостроковій перспективі, наприклад, для необхідного корегування, так у довгостроковій перспективі наприклад, для функціонального аналізу.

Осцилограф накопичує записи по всім вибраним вхідним аналоговим та двійковим сигналам, які пов'язані з функцією звіту про ненормальні режими (максимум 40 аналогових та 96 двійкових сигналів).

Осцилограф може реєструвати ненормальні режими, на які не реагують функції захисту. Осцилограф містить інформацію про сто останніх ненормальних та аварійних режимах. Для перегляду списку осцилограм використовується місцевий ІЛМ.

Функція фіксації подій (EV)

При використуванні АСУ зі зв'язком по шинам LON та SPA події з міткою часу можуть посилатися інтелектуальним пристроєм на верхній рівень при їх зміні (спорадично) або періодично (циклічно). Ці події генеруються по сигналу, що підключений до функціонального блоку подій (EVENT). Функціональний блок подій використовується для зв'язку по шинам LON та SPA. Аналогові сигнали та сигнали з подвійною індикацією також передаються через блок подій

Функція, що визначає місце пошкодження (RFLO)

Вбудована функція, що визначає місце пошкодження (ВМП) засновується на розрахунку повного опору ЛЕП та визначає відстань до місця пошкодження у кілометрах або в процентах. Висока точність розрахунку досягається за рахунок компенсації струму навантаження та взаємного впливу струму нульової послідовності на двохланцюговій ЛЕП. Компенсація забезпечується шляхом вводу параметрів джерел живлення, а також з урахуванням розподілу струму пошкодження з кожного боку.

Блок розширення вимірюваних величин (XP)

Функції вимірювання величин струму та напруги MMXU (SVR, CP, CN та VP), MSQI (CSQ та VSQ) та MVGGIO (MV), послідовність вимірювання струму та напруги та передачі вимірюваних аналогових величин мають можливість контролю вимірів. Всі виміряні величини можуть контролюватися по чотирьом рівням: самий низький (low-low), низький (low), високий (high) и самий високий (high-high). Блок контролю вимірюваних значень призначених для перетворення цілочисленного вихідного сигналу функції вимірювань п'яти

двійкових сигналів: 1) нижче рівня «самий низький» (low-low); 2) нище рівня «низький» (low); 3) нормальний; 4) вище рівня «високий» (high); 5) вище рівня «самий високий» (high-high). Вихідні сигнали можуть використовуватися як логічні умови в логіці, що конфігурується.

2.3.13 Вимірювання

Логіка лічильника імпульсів (PGGIO)

Лічильник імпульсів (PCGGIO) підраховує кількість зовнішніх дискретних імпульсів, що генеруються. Імпульси фіксуються модулем дискретних входів, а потім зчитуються функцією лічильника імпульсів. Робоче значення в масштабі поступає по станційній шині.

Облік електроенергії та розрахунок потужності (MMTR)

Вихідні сигнали функції вимірювання (MMXU) використовуються для визначення потужності. Активна та реактивна потужності визначаються для режимів споживання та генерації. Величин можуть зчитуватися або генеруватися у вигляді імпульсів. Функція також визначає максимальне значення потужності, що споживається.

2.3.14 Базові функції інтелектуального пристрою RED 670

Базові функції інтелектуальних пристроїв RED 670, RET 670, REB 670, REL 670, REG 670 аналогічні (розділи 2.1.14, 2.1.15, 2.1.16):

- Синхронізація часу годинників;
- Інтерфейс «людина – машин».

2.3.15 Зв'язок з автоматизованою системою управління

Зв'язок з АСУ у інтелектуальних пристроїв RED670, RET670, REB670, REL670, REG670 виконаний аналогічно (розділ 2.1.17):

Зв'язок по протоколу MEK61850-8-1;

Послідовний зв'язок по протоколу LON;

Протокол зв'язку SPA;

Протокол зв'язку MEK 60870-5-103;

Команди та передачі;

Конфігурування драйвера контролю зв'язку по шині процесу MEK61850-8-1.

2.3.16 Віддалений зв'язок

Віддалений зв'язок у інтелектуальних пристроїв RED 670, RET 670, REB 670, REL 670, REG 670 виконаний аналогічно (розділ 2.1.18):

Передача аналогових та дискретних сигналів на віддалений кінець лінії;

Передача двійкових сигналів на віддалений кінець лінії;

Модуль передачі даних у діапазоні коротких та середніх хвиль (LDCM);

Гальванічний інтерфейс G. 703.

2.3.17 Апаратне забезпечення

Апаратне забезпечення у інтелектуальних пристроїв RED 670, RET 670, REB 670, REL 670, REG 670 виконано аналогічно (розділ 2.1.19):

модуль живлення (PSM);

модуль дискретних входів (BIM);

модуль дискретних виходів (BOM);

модуль дискретних швидкодіючих виходів(SOM);

модуль дискретних входів/виходів (IOM);

модуль міліамперних входів (MIM);

оптичний модуль Ethernet (OEM);

модуль зв'язку SPA/МЭК 60870-5-103/LON (SLM);

модуль передачі даних на віддалений кінець лінії (LDCM);

модуль GPS-синхронізації годинника (GTM);
модуль синхронізації часу (IRIG-B);
модуль вхідних трансформаторів (TRM);
блок резисторів з великим опором.

2.3.18 Питання для самоперевірки

1. Які інтелектуальні пристрої фірми АВВ застосовуються для захисту та автоматики елементів електричних мереж?
2. Призначення та функціональні можливості пристрою релейного захисту релейного захисту та автоматики RED 670.
3. Диференційний захист ліній електропередач.
4. Дистанційний захист ліній електропередач
5. Струмові захисти ліній електропередач від міжфазних КЗ
6. Струмові захисти ліній електропередач нульової послідовності.
7. Селектор пошкодження фаз з відбудовою від режиму навантаження.
8. Функція виявлення хитань в енергосистемі.
9. Логіка автоматики при включенні на пошкодження.
10. Захист від теплового перевантаження у пристрої RED 670.
11. Функція резервування відмови вимикача у пристрої RED 670.
12. Захист шин у пристрої RED 670.
13. Контроль кіл струму та напруги
14. Функція «Синхронізація, контроль синхронізму та умов підключення під напругу».
15. Функція автоматичного повторного включення у пристрої RED 670.
16. Логіка схем зв'язку дистанційного захисту.
17. Логіка місцевого прискорення.
18. Логіка схем зв'язку для струмового захисту нульової послідовності.
19. Функція «визначення місця пошкодження».
20. Меню інтерфейсу «людина- машина».

2.4 Інтелектуальний пристрій дистанційного захисту ліній REL670

2.4.1 Призначення та функції дистанційного захисту ліній електропередач REL670

Інтелектуальний пристрій REL670 [11] застосовується для захисту повітряних та кабельних ліній з глухо та ефективно заземленою нейтралю, а також для керування та моніторингу. Захист передбачає одно-, двох- та трифазне відключення ЛЕП, що мають до п'яти відгалужень. Дистанційний захист з логікою зв'язку застосовується як резервний захист для силових трансформаторів, реакторів, для ЛЕП з двостороннім живленням. Канали телекерування та дискретних сигналів забезпечують зв'язок між інтелектуальними пристроями.

Одно-, двох- та трифазне АПВ має логіку пріоритетів, що дозволяє працювати по принципу «головний - ведений» в схемах з декількома вимикачами на приєднання. Пристрій АПВ взаємодіє з функцією контролю синхронізму для швидкодіючих АПВ або АПВ з витримкою часу.

Крім того в інтелектуальному пристрої REL670 є струмова відсічка від міжфазних замикань та замикань на землю, чотириступінчастий МСЗ або направлений МСЗ від міжфазних замикань та замикань на землю, захист від теплового перевантаження, двоступінчастий захист максимальної та мінімальної напруги.

В інтелектуальному пристрої REL670 мають місце функції керування та блокування, що передбачає взаємодію з функцією контролю синхронізму для узгодження функцій основного та резервного керування. Послідовна передача даних здійснюється через опитні порти зв'язку.

Інтелектуальний пристрій REL670 виконується у п'яти варіантах (RU!x, RU2x, RU3x та два виконання для протиаварійної автоматики RU EA2x, та RU EA6x), функції яких приведені у таблицях 2.8, 2.9

Таблиця 2.8– Функції інтелектуального пристрою REL67

Найменування	REL 670 RU1x	REL 670 RU2x	REL 670 RU3x
Програмний склад			
Зони дистанційного захисту (PDIS.21)	+	+	+
Селектор пошкодження фаз з відбудовою від режиму навантаження (PDIS.21)	+	+	+
Орган напрямку потужності (ZD)	+	+	+
Виявлення хитань в енергосистемі (RPSB.78)	+	+	+
Логіка автоматики при включенні на пошкодження (SFCV)	+	+	+
Струмова відсічка (PIOC.50)	+	+	+
Струмова відсічка нульової послідовності (PIOC.50N)	+	+	+
Чотиріступінчастий струмовий захист нульової послідовності (PTOC.51 67)	+	+	+
Захист від теплового перевантаження з однею постійною часу (PTTR.26)	+	+	+
ПРБВ трифазний (RBRF/50BF)	+	+	+
Захист ошиновки (PTOC.50STB)	-	+	-
Захист від неузгодженої дії полюсів вимикача (PRLD, 52DP)	-	+	-
Контроль кіл струму (RDIF)	+	+	+
Контроль кіл струму (RDIF)	-	+	-
Контроль кіл напруги (RFUF)	+	+	+

Продовження таблиці 2.8

Синхронізація, контроль синхронізму та умов підключення під напругу (RSYN.25)	+	+	+
Функція АПВ (RREC.79)	+	+	+
Логіка схем зв'язку дистанційного захисту (PSCH.85)	+	+	+
Логіка, що враховує реверс струму, та логіка боку ЛЕП зі слабим джерелом живлення для дистанційного захисту (PSCH.85)	+	+	+
Логіка місцевого прискорення (PLAL)	+	+	+
Логіка схем зв'язку для струмового захисту нульової послідовності (PSCH.85)	+	+	+
Логіка, що враховує реверс струму та логіка боку ЛЕП з слабим джерелом живлення для СЗНП (PSCH.85)	+	+	+
Логіка відключення (PTRC.94)	+	+	+
Визначення місця пошкодження (RFLO)	+	+	+
Меню ЛІМ (LHMI)	+	+	+
Апаратний склад			
Корпус 1/2*19" (максимум 3 модулі входів/виходів)	1/2*19" rack	-	-
Корпус 3/4*19" (максимум 8 модулі входів/виходів)	-	3/4*19" rack	3/4*19" rack
Модуль об'єднаної плати (СВМ)	СВМ	СВМ	СВМ

Продовження таблиці 2.8

Універсальний об'єднувальний модуль на задній панелі (UBM)	UBM	UBM	UBM
Модуль живлення (PSM)	PSM 90 250V DC	PSM 90 250V DC	PSM 90 250V DC
Модуль центрального процесору (NUM)	NUM	NUM	NUM
Місцевий інтерфейс «людина-машина»	SHMI 3/4*19"	SHMI 3/4*19"	SHMI 3/4*19"
Модуль АЦП з синхронізацією часу	ADM	ADM	ADM
Модуль входів від вимірювальних трансформаторів	TRM	TRM	TRM
Модуль входів від вимірювальних трансформаторів	TRM6I 1A	TRMI2I 1A	TRM6I+ 6U,1A
Модуль входів від вимірювальних трансформаторів	TRM6I 5A	TRMI2I 5A	TRM6I+ 6U, 5A
Модуль дискретних входів (16 входів)	BIM	BIM	BIM
Модуль дискретних входів 110 – 125В постійного струму	BIM 16 Inputs RI.110- 125	BIM 16 Inputs RI.110- 125	BIM 16 Inputs RI.110- 125
Модуль дискретних входів 220 -250В постійного струму	BIM 16 Inputs RI.220- 250	BIM 16 Inputs RI.220- 250	BIM 16 Inputs RI.220- 250
Модуль дискретних виходів (24 вихідних реле)	BOM 24 output relays	BOM 24 output relays	BOM 24 output relays
Інтерфейс зв'язку з АСУ, один з наступних:			

Продовження таблиці 2.8

Інтерфейси SPA/МЕК 60870-5-103/LON, скло-волокно	SLM	SLM	SLM
Оптичний модуль Ethernet -2 скло-волоконних каналів	OEM	OEM	OEM
Модуль передачі цифрових даних opt	LDCM	LDCM	LDCM
Засоби для монтажу:			
Монтажний набір у касету 19" для корпусу 19"	19" rack mtg	19" rack mtg	19" rack mtg
Набір для настінного монтажу	Wall mgt	Wall mgt	Wall mgt
Набір для щільного монтажу alt	Flush mgt	Flush mgt	Flush mgt
Герметична прокладка для захисту IP54	IP54	IP54	IP54
Документація, програмні пакети зв'язку з терміналом, шаблон таблиць світлодіодної індикації для ІЛМ на CD-ROM	DOC-CD	DOC-CD	DOC-CD
Випробувальний блок RTXР 24 (корпус)	+	+	+
Модуль RTXР 24 для пристрою RED/REL670	+	+	+
Вимикач, Вкл/Відкл	+	+	+
Набір для монтажу у касету 19", для касети RHGS 6	+	+	+

Таблиця 2.9– Специфікація пристроїв протиаварійної автоматики пристрою REL670

Найменування	REL 670 RU EA2x	REL 670 RU EA6x
Програмний склад		
Розширений набір органів для вимірювання електричних величин (MMXU)	+	+
Виявлення хитань в енергосистемі (RPSB,78)	+	+
Логіка обробки режиму хитань в енергосистемі (RPSL)	+	+
Захист від асинхронного режиму (PPAM, 78)	+	+
ППВВ трифазний (RBRF/50BF)	+	+
Захист широкого призначення (GAPC)	+	+
Контроль кіл струму (RDIF)	+	+
Контроль кіл змінної напруги (RFUF)	+	+
Логіка відключення (PTRC)	+	+
Меню ІЛМ (LHMI)	+	+
Апаратний склад		
Корпус 3/4*19” (макс. 8 модулів входів/виходів)	3/4*19”	3/4*19”
Модуль об’єднаної плати (CBM)	CBM	CBM
Універсальний об’єднувальний модуль на задній панелі (UBM)	UBM	UBM
Модуль живлення (PSM)	PSM 90 250V DC	PSM 90 250V DC
Модуль центрального процесора (NUM)	NUM	NUM
Місцевий ІЛМ	SHMI 3/4*19”	SHMI 3/4*19”
Модуль АЦП з синхронізацією часу	ADM	ADM
Модуль входів від вимірювальних трансформаторів	TRM	TRM
Модуль входів від вимірювальних трансформаторів	TRM6I 1A	TRMI2I 1A

Продовження таблиці 2.9

Модуль входів від вимірювальних трансформаторів	TRM6I 5A	TRMI2I 5A
Модуль дискретних входів (16 входів)	BIM	BIM
Модуль дискретних входів 110 – 125В постійного струму	BIM 16 Inputs RI.110-125	BIM 16 Inputs RI.110-125
Модуль дискретних входів 220 -250В постійного струму	BIM 16 Inputs RI.220-250	BIM 16 Inputs RI.220-250
Модуль дискретних виходів (24 вихідних реле)	BOM 24 output relays	BOM 24 output relays
Інтерфейс зв'язку з АСУ, один з наступних:		
Інтерфейси SPA/МЕК 60870-5-103/LON, скло-волокно	SLM	SLM
Оптичний модуль Ethernet -2 скло-волоконних каналів	OEM	OEM
Модуль передачі цифрових даних opt	LDCM	LDCM
Засоби для монтажу:		
Монтажний набір у касету 19” для корпусу 19”	19” rack mtg	19” rack mtg
Набір для настінного монтажу	Wall mgt	Wall mgt
Набір для щільного монтажу alt	Flush mgt	Flush mgt
Герметична прокладка для захисту IP54	IP54	IP54
Документація, програмні пакети зв'язку з терміналом, шаблон таблиць світлодіодної індикації для ІЛМ на CD-ROM	DOC-CD	DOC-CD
Випробувальний блок RТХР 24 (корпус)	+	+
Модуль RТХР 24 для пристрою RED/REL670	+	+
Вимикач, Вкл/Відкл	+	+
Набір для монтажу у касету 19”, для касети RHGS 6	+	+

2.4.2 Диференційний захист (PDIF,87B)

Диференційний захист призначений для швидкого та селективного КЗ у зоні, що захищається. В REL670 використовується зовнішнє підсумовування струмів фаз. Стабілізуючий резистор та захисний варистор устанавлюються з зовнішнього боку інтелектуального пристрою.

У пристроях REL670 та RED670 використовується одна й та ж функція диференційного захисту ЛЕП, що описана у розділі 2.3.2.

2.4.3 Дистанційний захист

Зони дистанційного захисту з полігональною характеристикою спрацьовування (PDIS)

Дистанційний захист представляє собою захист з п'ятьма незалежними зонами захисту (з п'ятьма ступенями). Кожен з ступенів для захисту від міжфазних КЗ та однофазних замикань має три контури виміру (AB, BC, CA та A0, B0, C0). Незалежні уставки для ступенів по активному та реактивному опору забезпечують її надійну роботу для повітряних та кабельних ліній різної довжини.

Функція має алгоритм відбудови від режиму навантаження, що підвищує чутливість захисту при КЗ через великий перехідний опір.

Зони дистанційного захисту з круговою характеристикою спрацьовування (PDIS, 21)

Дистанційний захист з круговою характеристикою представляє собою захист з п'ятьма незалежними зонами захисту для резервування при визначені міжфазних КЗ та однофазних замикань на землю. Застосування техніки повносхемних вимірювань дозволяє підвищити чутливість релейного захисту та знизити вимоги по зв'язку з віддаленим кінцем ЛЕП. Час спрацьовування захисту значно знижується та не перевищує

15мс. Захист може застосовуватися на сильно завантажених ЛЕП з багатьма відгалуженнями.

У повносхемному дистанційному захисту характеристика спрацьовування отримана шляхом об'єднання полігональної характеристики та кругової

Дистанційний захист з круговою характеристикою спрацьовування представляє собою захист з п'ятьма незалежними зонами захисту (з п'ятьма ступенями). Кожен з ступенів для захисту від міжфазних КЗ та однофазних замикань на землю має три контури виміру. Чотири зони мають можливість незалежного вимірювання опору та задання уставок спрацьовування. Функція має алгоритм відбудови режиму навантаження, що підвищує чутливість захисту при КЗ через великий перехідний опір.

Незалежне вимірювання повного опору контуру пошкодження з функцією селектора пошкодження фаз забезпечує можливість застосування однофазного АПВ. Крім того це дає можливість застосування захисту в мережах складної конфігурації.

Спрямований дистанційний захист з круговою характеристикою (RDIR)

Повний опір петлі «фаза-земля» не завжди дає можливість забезпечити селективну дію, тому дистанційний захист доповнюється функцією напряду потужності.

Селектор пошкоджених фаз з відбудовою від режиму навантаження (PDIS, 21)

Функція селектора пошкоджених фаз PSH (фазового селектора) з відбудовою від режиму навантаження призначена для точного вибору місця пошкодження для дистанційного захисту в залежності від виду пошкодження.

Опір, що контролюється для ЛЕП з великим навантаженням, може бути в зоні спрацьовування захисту та викликати хибне спрацьовування. Таким чином дистанційний захист повинен мати алгоритм відбудови від режиму навантаження. Набір додаткових вихідних сигналів селектора пошкоджених фаз також дає

важливу інформацію про пошкоджені фази, що може бути використана аналізу аварії.

Визначення хитань в енергосистемі (PRSB, 78)

Функція визначення хитань в енергосистемі використовується для блокування ступенів дистанційного захисту при хитаннях потужності в енергосистемі.

Функції доступна додаткова логіка для режиму хитань в енергосистемі, що забезпечує правильну дію захисту та відключення КЗ при хитаннях в енергосистемі.

Захист від асинхронного режиму (PPAM, 78)

У тих випадках, коли коливання (хитання) в енергосистемі досягає великої амплітуди струму, може виникнути асинхронний режим. Захист від асинхронного режиму повин його зафіксувати, визначити місце знаходження центру хитань та ліквідувати хитання в енергосистемі. Для забезпечення стійкості енергосистеми працює автоматика, що поділяє енергосистему.

Логіка автоматики при включені на пошкодження (PSOF)

Функція забезпечує миттєве відключення при включені вимикача на пошкодження. Для активізації функції при відключені лінії передбачена функція перевірки знеструмлення ЛЕП.

2.4.4 Струмові захисти

Струмові захисти інтелектуального пристрою REL670 повністю аналогічні інтелектуальному пристрою RED670 (розділ 2.3.4):

- фазна струмова відсічка без витримки часу (PIOС, 50);
- чотириступінчастий максимальний струмовий захист (РОСМ, 51/67);
- швидкодійний максимальний струмовий захист нульової послідовності (PIOС, 50N);

чотириступінчастий максимальний струмовий захист нульової послідовності (PTOC, 51N/67N);
чутливий спрямований струмовий захист нульової послідовності (PSDE, 67N);
захист від теплового перевантаження з однією постійною часу (PTTR, 26);
пристрій резервування відмови вимикача (RBRF, 50BF);
захист шин (PTOC, 50STB);
захист від неузгодженості полюсів вимикача (RPLD, 52PD);
спрямований захист від підвищення (PDOP,32) та від зниження (PDUP/37) потужності;
контроль обриву фази (PTOC,46).

2.4.5 Захист по напрузі

Захисти по напрузі інтелектуального пристрою REL670 повністю аналогічні інтелектуальному пристрою RED670 (розділ 2.3.5):

двоступеневий захист від зниження напруги (PTUV,27);
двоступеневий захист від підвищення напруги (PTOV,59);
двоступеневий захист від підвищення напруги нульової послідовності (PTOV,59N);
захист від перезбудження (PVPH, 24);
диференційний захист по напрузі (PTOV, 27);
контроль втрати напруги (PTUV, 27).

2.4.6 Захист по частоті

Захисти по частоті інтелектуального пристрою REL670 повністю аналогічні інтелектуальному пристрою RED670 (розділ 2.3.6):

захист від зниження частоти (PTUF, 81);
захист від підвищення частоти (PTOF, 81);
захист по швидкості зміни частоти (PFRC,81).

2.4.7 Захист широкого призначення (GAPC)

Захист широкого призначення інтелектуального пристрою REL670 повністю аналогічні інтелектуальному пристрою RED670 (розділ 2.3.7).

2.4.8 Контроль вторинних кіл

Функція контролю вторинних кіл інтелектуального пристрою REL670 повністю аналогічні інтелектуальному пристрою RED670 (розділ 2.3.8):

- контроль кіл струму (RDIF);
- контроль кіл змінної напруги (RFUF).

2.4.9 Керування

Функції керування інтелектуального пристрою REL670 повністю аналогічні інтелектуальному пристрою RED670 (розділ 2.3.9):

- синхронізація, контроль синхронізму та умов підключення під напругу (RSYN, 25);
- автоматичне повторне включення (RREC, 79);
- керування апаратами (APC);
- блокування;
- логічний поворотний перемикач для вибору функцій та подання у місцевий ІЛМ (SLGGSO);
- селекторний міні-перемикач (VSGGIO);
- однобітове керування (SPC8GGIO).

2.4.10 Логіка схем зв'язку

Функції логіки схем зв'язку інтелектуального пристрою REL670 повністю аналогічні інтелектуальному пристрою RED670 (розділ 2.3.10):

- логіка схем зв'язку для дистанційного захисту та струмового спрямованого захисту нульової послідовності (PSCH, 85);

логіка реверсу струму та відключення ЛЕП з боку слабого живлення для дистанційного захисту та струмового захисту нульової послідовності (PSCH, 85);

логіка місцевого прискорення (PLAL);

логіка схем зв'язку для струмового захисту нульової послідовності (PSCH, 85);

логіка, що враховує реверс струму та відключення ЛЕП з боку слабого живлення для струмового захисту нульової послідовності (PSCH, 85).

2.4.11 Логіка

Функції логіки інтелектуального пристрою REL670 повністю аналогічні інтелектуальному пристрою RED670 (розділ 2.3.11):

логіка відключення (PTRC, 94);

матриця логіки відключення (GGIO, 94X);

логічні блоки, що конфігуруються;

функціональний блок фіксованих сигналів.

2.4.12 Моніторинг

Функції моніторингу інтелектуального пристрою REL670 повністю аналогічні інтелектуальному пристрою RED670 (розділ 2.3.12):

вимірювання (MMXU);

контроль міліамперних вхідних сигналів (MVGGSO);

реєстратор ненормальних режимів (RDRE);

список подій (RDRE);

індикація (RDRE);

реєстратор подій (RDRE);

реєстратор ненормальних та аварійних режимів – осцилограф (RDRE);

функція фіксації подій (EV);

функція, що визначає місце пошкодження (RFLO);
блок розширення виміряних величин (XP).

2.4.13 Вимірювання

Функції вимірювання інтелектуального пристрою REL670 повністю аналогічні інтелектуальному пристрою RED670 (розділ 2.3.13):

логіка лічильника імпульсів (GGIO);
облік електроенергії та розрахунок потужності (MMTR).

2.4.14 Базові функції інтелектуального пристрою REL 670

Базові функції інтелектуальних пристроїв RED 670, RET 670, REB 670, REL 670, REG 670 аналогічні (розділи 2.1.14, 2.1.15, 2.1.16):

Синхронізація часу годинників;
Інтерфейс «людина – машина».

2.4.15 Зв'язок з автоматизованою системою управління (АСУ)

Зв'язок з АСУ у інтелектуальних пристроїв RED 670, RET 670, REB 670, REL 670, REG 670 виконан аналогічно (розділ 2.1.17):

зв'язок по протоколу MEK61850-8-1;
послідовний зв'язок по протоколу LON;
протокол зв'язку SPA;
протокол зв'язку MEK 60870-5-103;
команди та передачі;
конфігурування драйвера контролю зв'язку по шині процесу MEK61850-8-1.

2.4.16 Віддалений зв'язок

Віддалений зв'язок у інтелектуальних пристроїв RED670, RET670, REB670, REL670, REG670 виконаний аналогічно (розділ 2.1.18):

- передача аналогових та дискретних сигналів на віддалений кінець лінії;
- передача двійкових сигналів на віддалений кінець лінії;
- модуль передачі даних у діапазоні коротких та середніх хвиль (LDCM);
- гальванічний інтерфейс G. 703.

2.4.17 Апаратне забезпечення

Апаратне забезпечення у інтелектуальних пристроїв RED 670, RET 670, REB 670, REL 670, REG 670 виконано аналогічно (розділ 2.1.19):

- модуль живлення (PSM);
- модуль дискретних входів (BIM);
- модуль дискретних виходів (BOM);
- модуль дискретних швидкодіючих виходів (SOM);
- модуль дискретних входів/виходів (IOM);
- модуль міліамперних входів (MIM);
- оптичний модуль Ethernet (OEM);
- модуль зв'язку SPA/МЭК 60870-5-103/LON (SLM);
- модуль передачі даних на віддалений кінець лінії (LDCM);
- модуль GPS-синхронізації годинника (GTM);
- модуль синхронізації часу (IRIG-B);
- модуль вхідних трансформаторів (TRM);
- блок резисторів з великим опором.

2.4.18 Питання для самоперевірки

1. Які інтелектуальні пристрої фірми АВВ застосовуються для захисту та автоматики елементів електричних мереж?
2. Призначення та функціональні можливості пристрою релейного захисту релейного захисту та автоматики REL 670.

3. Диференційний захист ліній електропередач.
4. Дистанційний захист ліній електропередач
5. Струмові захисти ліній електропередач від міжфазних КЗ
6. Струмові захисти ліній електропередач нульової послідовності.
7. Селектор пошкодження фаз з відбудовою від режиму навантаження.
8. Функція виявлення хитань в енергосистемі.
- 9 Логіка автоматики при включені на пошкодження.
10. Захист від теплового перевантаження у пристрої REL 670.
11. Функція резервування відмови вимикача у пристрої REL 670.
12. Захист шин у пристрої REL 670.
13. Контроль кіл струму та напруги/
- 14 Функція «Синхронізація, контроль синхронізму та умов включення під напругу».
- 15 Функція автоматичного повторного включення у пристрої REL 670.
16. Логіка схем зв'язку дистанційного захисту.
17. Логіка місцевого прискорення.
18. Логіка схем зв'язку для струмового захисту нульової послідовності.
19. Функція «визначення місця пошкодження».
20. Меню інтерфейсу «людина- машина».

3 ТЕРМІНАЛ РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ ТА АВТОМАТИКИ СЕРІЇ L-60 ФІРМИ «GENERAL ELECTRIC»

3.1 Призначення та основні функції терміналу серії L-60

Термінал серії L-60 – це цифровий пристрій з центральним процесором, який керує різними видами вхідних та вихідних сигналів [12]. Термінал серії L-60 застосовується як основний та резервний захист від всіх видів КЗ, з пристроями автоматики ПРВВ, АПВ та інші. Термінал L-60 по локальній обчислювальній мережі обмінюється інформацією з пультом оператора, з пристроєм програмування або з іншим терміналом [1,2,3].

У модулі центрального процесора є апаратно-програмне забезпечення, за допомогою якого реалізуються функції захисту у формі логічних алгоритмів, а також логічні елементи, що програмуються, таймери та фіксатори для функцій керування та інше.

Вхідні елементи приймають різні аналогові або дискретні сигнали. Ці сигнали перетворюються в логічні.

Вихідні елементи виділяються, перетворюються, приймають логічні сигнали в аналоговій або дискретній формі, які можна використовувати для передачі іншим пристроям для керування.

Від датчиків інформації для релейного захисту – трансформаторів струму та напруги, поступають аналогові сигнали, які використовуються для контролю параметрів електричної енергії об'єкту, що захищається.

Зв'язок з терміналом здійснюється через клавіатуру та дисплей на панелі терміналу або за допомогою програми EnerVista UR Stup на персональному комп'ютері (ПК). Дистанційний зв'язок з терміналом здійснюється через порти. Зовнішній вид терміналу L-60 показаний на рисунку 3.1

Функції, що виконуються терміналом L-60 [4]:

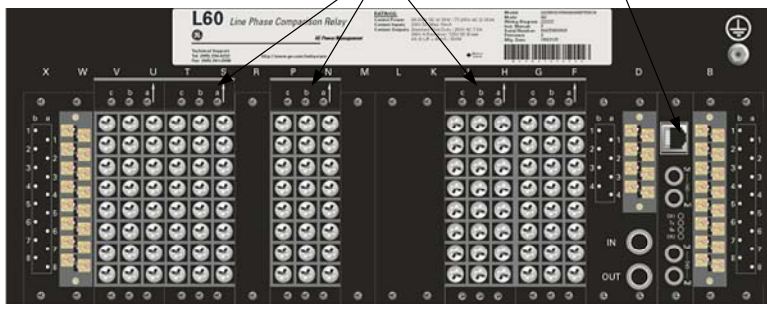
87_PC — диференційно-фазний струмовий захист ЛЕП;

21_P — дистанційний захист від міжфазних КЗ, три ступені;

21_G — дистанційний захист від замикань на землю, три ступені;



Передний порт связи RS 232



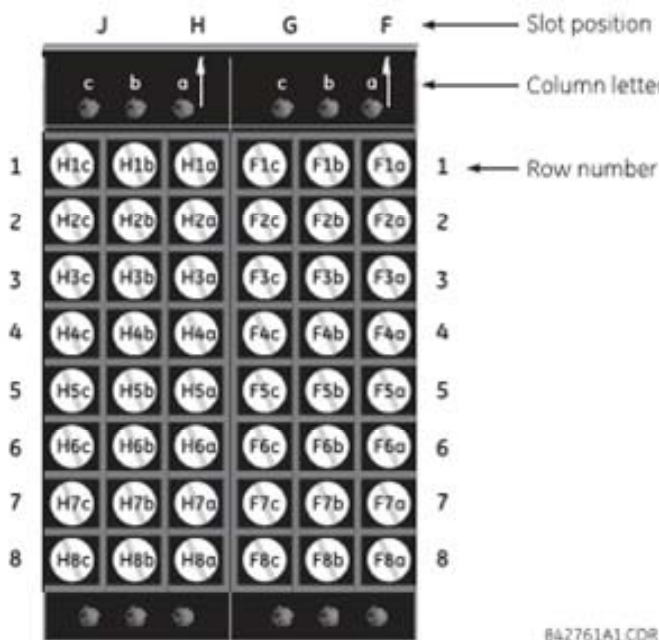


Рисунок 3.1 Зовнішній вид терміналу L-60

50_G — швидкодіючий струмовий захист нульової послідовності від замикань на землю, чотири ступені (для мереж з ізолюваною нейтраллю);

50_N — швидкодіючий струмовий захист нульової послідовності від замикань на землю, чотири ступені (для мереж з глухо або ефективно заземленою нейтраллю);

50_P — струмовий захист від міжфазних замикань, чотири ступені;

50_2 — швидкодіючий струмовий захист зворотної послідовності, два ступені;

51_G — високочутливий максимальний струмовий захист нульової послідовності від замикань на землю з витримкою часу, чотири ступені (для мереж з ізолюваною нейтраллю);

51_N — струмовий захист нульової послідовності від замикань на землю з витримкою часу, чотири ступені (для мереж з глухо або ефективно заземленою нейтраллю);

51_2 — струмовий захист зворотної послідовності з витримкою часу, два ступені;

51_P — струмовий захист від міжфазних замикань з витримкою часу, чотири ступені;

67_N — орган напряму потужності нульової послідовності (для СЗНП 50_N);

67_2 — орган напряму потужності зворотної послідовності;

3.2 Логіка внутрішньої конфігурації терміналу.

FlexLogic™ - логіка внутрішньої конфігурації терміналу, що визначає взаємодію елементів, схем, входів та виходів, через використання логічних рівнянь, які послідовно обробляються.

Логіка FlexLogic™ дозволяє налаштувати по бажанню замовника функції релейного захисту за допомогою серії рівнянь. Оператори – це логічні елементи, таймери та засувки (з входами установки та скиду). Система послідовних операцій дозволяє для створення виходів призначити будь-яку комбінацію вказаних операндів в якості входів вказаних операторів. На виході рівнянь числовий регістр, який називається віртуальним виходом. Віртуальні виходи можуть використовуватися як вхідні операнди в будь-якому рівнянні, у тому числі рівняння, що генерує вихід, в якості зворотного зв'язку.

Рівняння логіки FlexLogic™ складається з параметрів, що є або операндами, або операторами. Операнди мають логічні стани «1» або «0». Оператори виконують певну функцію, таку як логічне «І» так логічне «АБО». Кожне рівняння визначає комбінацію параметрів, що використовуються для установки логічної одиниці на віртуальному виході «VIRTUAL OUTPUT». Розв'язок рівняння може бути або 1 (= ON (ВКЛ)) або 0 (=OFF (ВІДКЛ)). Кожне рівняння вирішується не менше 4-ох разів за кожний період частоти системи. Характеристики різних типів операндів приведені у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Типи операндів логіки FLEXLOGIC™.

Тип операнда	Стан	Приклад формату	Характеристики на вході ('1' = ON (ВКЛ))
Вхідний контакт	On	Cont Ip On	На вхід напруга подана (контакт зовнішнього входу замкнений).
	Off	Cont Ip Off	На вхід напруга не подана (контакт зовнішнього входу розімкнений).
Вихідний контакт (тільки контакт типу Form-A)	Voltage On	Cont Op 1 VOn	На контакт напруга подана.
	Voltage Off	Cont Op 1 VOff	На контакті напруги немає
	Current On	Cont Op 1 IOn	Через контакт протікає струм.
	Current Off	Cont Op 1 IOff	Через контакт не протікає струм.
	Voltage On	Cont Op 1 VOn	На контакті є напруга.
Прямий вхід	On	DIRECT INPUT1 On	Прямий вхід в положенні ON (ВКЛ).
Елемент аналоговий	Pickup	PHASE TOC1 PKP	Пуск захисту (в даному випадку МС3 1)
	Dropout	PHASE TOC1 DPO	Повернення захисту (в даному випадку МС3 1)
	Operate	PHASE TOC1 OP	Спрацьовування захисту (в даному випадку МС3 1)
	Block	PH DIR1 BLK	Блокування блоку (в даному випадку реле потужності для МС3)

Продовження таблиці 3.1

Елемент цифровий	Pickup	DigElement 1 PKP	Пуск цифрового елемента
	Dropout	DigElement 1 DPO	Повернення цифрового елемента
	Operate	DigElement 1 OP	Спрацьовування цифрового елемента
Елемент (цифровий лічильник)	Higher than	Counter 1 HI	Кількість врахованих імпульсів вище встановленого значення.
	Equal to	Counter 1 EQL	Кількість врахованих імпульсів рівних встановленому значенню
	Lower than	Counter 1 LO	Кількість врахованих імпульсів менше встановленого значення.
Фіксований	On	On	Логічна «1»
	Off	Off	Логічний «0»
Дистанційний вхід	On	REMOTE INPUT 1 On	Дистанційний вхід у положенні ON (ВКЛ).
Віртуальний вхід	On	Virt Ip 1 On	Віртуальний вхід у положенні ON (ВКЛ).
Віртуальний вихід	On	Virt Op 1 On	Віртуальний вихід у положенні, що встановлено (тобто рішення рівняння, яке переводить віртуальний вихід у положення "1").

3.3 Особливості використання терміналу серії L-60

Термінал серії L-60 застосовується як основний та резервний захист від всіх видів КЗ, з функціями автоматики ПРВВ, АПВ та з дією на два вимикача повітряної ЛЕП 220–330кВ.

3.3.1 Особливості використання терміналу тику L-60 для повітряної ЛЕП 220–330кВ без однофазного АПВ, з рознесеними високочастотними (ВЧ) каналами основного захисту та телеприскорення.

Основну функцію диференційно фазного високочастотного захисту (ДФЗ) пропонується застосовувати з постом високочастотного захисту (ПВЗ) по однонапівперіодній схемі порівняння 2TL–TR–SPC–2FC з додатковим пуском на вимикання FDN від другого ступеню дистанційного захисту. Вибір типу схеми ДФЗ (що відключає або блокує), захить від прив'язки ПВЗ: позитивним чи негативним полуперіодом струму орган маніпуляції формує ВЧ пакет, а також логічний «0» або «1», що відповідає наявності ВЧ сигналу у приймачі. Для підвищення надійності роботи ДФЗ при зовнішніх КЗ треба забезпечити продовження пуску ВЧ каналу передавача на 500мс за рахунок використання окремого таймера Flexlogic™. При недостатньої чутливості при КЗ поза зоною захисту для запобігання неселективної дії, коли чутливість по струму може бути недостатньою тільки на одному боці ПЛ, рекомендується також здійснити додатково пуск по каналу FDL від дистанційних органів третього ступеню (**Z3**). В даному випадку третій ступінь дистанційних органів виконується неспрямованим або зворотного напрямку. Останнє також потрібно для реверсного блокування при використанні телеприскорення по команді, що дозволяє дію. При зовнішніх КЗ, особливо при КЗ за автотрансформатором на шинах середньої напруги, а також при КЗ на початку ЛЕП, треба проводити перевірку чутливості каналу FDL по параметру **Z3** з урахуванням його зони спрацювання.

В якості резервного захисту рекомендується використовувати триступеневий дистанційний захист (ДЗ) від всіх видів КЗ та чотириступінчастий струмовий захист нульової

послідовності (Neutral IOC), з органом напрямку потужності (Neutral Directional OC). Дистанційний захист повинен бути відбудований від режиму навантаження за рахунок «вирізу» характеристики, а струмовий захист нульової. Селективність дії захисту забезпечується за допомогою схеми LOAD ENCROACHMENT з використанням логіки Flexlogic™. При необхідності можна додатково використовувати функції IOC. Від близьких міфазних КЗ на початку ЛЕП при забезпечені достатньої чутливості використовується фазна струмова відсічка.

У дистанційному захисті використовується блокування при несправності кіл напруги та блокування при хитаннях.

Автоматичне прискорення другого ступеню дистанційного захисту (PH та GND) та третього ступеню СЗНП здійснюється від внутрішньої функції визначення відключеної ЛЕП LINE PICKUP з використанням елементів Flexlogic™. При цьому використовується вихідний операнд даного блоку LINE PICKUP LEO РКР

Оперативне прискорення ступенів ДЗ і СЗНП виконується при виборі уставок спрацьовування та вводиться в дію одночасно з відповідним операндом Flexlogic™, що активізує цей набір уставок. При відсутності на ЛЕП телеприскорення ступенів резервних захистів та ДФЗ ввід цих уставок здійснюється оперативно.

Для телевимикання та телеприскорення пропонується використовувати три команди. Для прискорення використовується другий ступінь дистанційного захисту та третій ступінь СЗНП, які охоплюють всю ЛЕП.

Телевимикання по команді N 1 здійснюється без контролю на групу вихідних реле, що вимикають три фази з заборною АПВ.

Телеприскорення по команді N 2 здійснюється з контролем реле струму третього спрямованого ступеню СЗНП, а також вимірювальними органами другого ступеню дистанційного захисту та діє на вимикання трьох фаз.

Телеуприкорення по команді N 1 реалізується традиційним способом з використанням перехідного блокування при реверсі потужності при вимиканні зовнішніх КЗ на паралельних лініях з контролем напрямку потужності (FWD) в сторону лінії та

третього ступеню СЗНП, а також спрацьовування дистанційних органів Z2 (PH и GND).

Передбачені наступні групи вихідних реле:

- група вихідних реле швидкодіючих захистів, на яку діє ДФЗ, міжфазна струмова відсічка (PHASE IOC 1), перший ступінь СЗНП (IOC1 NEUTRAL), перший ступінь дистанційного захисту (PH і GND), ступені ДЗ та СЗНП, що прискорюються по командам N 2 та N 1, а також зовнішні швидкодіючі захисти. Від даної групи реле виконується вимикання вимикачів, пуск ПРВВ, пристрою трифазного АПВ (що стосується внутрішніх та зовнішніх пристроїв), а також пуск по команді N 2 телеприскорення та пуск ПА (якщо знадобиться);
- група вихідних реле повільно діючих захистів, на яку діє другий та третій ступені ДЗ, другий, третій та четвертий ступені СЗНП, а також зовнішні повільно діючі захисти. Від даної групи реле виконується вимикання трьох фаз з заборонаю пристрою трифазного АПВ та пуском трифазного АПВ, пуск ПРВВ (що стосується внутрішніх та зовнішніх пристроїв) та пуск ПА (якщо знадобиться);
- група вихідних реле, що дають команду на вимикання трьох фаз із заборонаю АПВ: від ПРВВ, ЗНР, Телевимикання по команді N 1 (у тому числі від зовнішніх пристроїв ПРВВ і ЗНР), АЛАР, АПН (якщо вони є). На цю групу пропонується також виконувати дію ступенів резервних захистів, що автоматично прискорюються при оперативному включенні та АПВ. Від даної групи реле забезпечується пуск команди N 1, заборона АПВ (внутрішніх та зовнішніх пристроїв), пуск ПРВВ та пуск ПА (якщо знадобиться);
- рекомендується використовувати внутрішні функції ПРВВ L-60 для резервування ПРВВ, що використовуються окремо. Для контролю відмови вимикача використовуються органи струму в колі контролю дії або здійснюється контроль блок-контактами вимикачів. Крім того, використовується ПРВВ у терміналі L-60 з пуском від внутрішніх та зовнішніх захистів, (у

тому числі диференційного захисту шин, захистів автотрансформаторів, блоків) з дією на відключення вимикачів, а також з дією на диференційний захисту шин, або захист автотрансформатора та з виходом на вихідні реле з заборонаю АПВ пристрою L-60 і інших терміналів, що забезпечують також пуск команди N1 телевідключення;

- при необхідності реалізації ЗНР остання може бути виконана по традиційної схемі не перемикання фаз з використанням струмових органів функції ТОС NEUTRAL, або неспрямованного четвертого ступеню ІОС NEUTRAL;
- трифазний АПВ використовуються з дією на обидва вимикача, якщо АПВ виконується без контролю напруги, але при цьому потрібно дозволити роботу АПВ другого вимикача після успішного включення першого. При використанні АПВ з контролем синхронізму можливо використання ТАПВ тільки на одному вимикачі, на якому здійснюється контроль синхронізму;
- при дії на відключення вимикачів від терміналу L-60 повинні бути додаткові реле-повторювачі;
- повинні бути окремі перемикальні пристрої в колах оперативного струму для можливості виводу поста ПВЗ для технічного обслуговування при роботі терміналу L-60 з функціями резервних захистів, ПРВВ, АПВ;
- передбачені окремі перемикальні пристрої для вводу /виводу дистанційних захистів, ДФЗ, струмових захистів; переключення наборів уставок, а також блокування струмових захистів.

3.3.2. Для ЛЕП на напругу 220, 330кВ без однофазного АПВ з сумісними ВЧ каналами основного захисту та телеприскоренням резервних захистів реалізується все, що вказано в розділі 3.3.1.

3.3.3. Для ЛЕП на напругу 220, 330кВ з однофазним АПВ реалізуються все що, викладено в п. 3.3.1 з додатками, що пов'язані з тим що на ЛЕП є однофазне АПВ, а саме: група

вихідних кіл швидкодіючих захистів розділяються на захисти, що діють на пофазне та трифазне вимикання з пуском однофазних АПВ, БАПВ, трифазних АПВ, з пофазним пуском ПРВВ.

Для телеприскорення є додатково команда N 3, що запускається по факту дії захисту на пофазне відключення а з боку, що приймає, контролюється струмовими органами третього ступеню СЗНП (ІОСЗ NEUTRAL) з органом напряму потужності (FWD), який блокується у циклі однофазного АПВ, а також вимірювальними органами другого ступеню дистанційного захисту від КЗ на землю. Контроль телеприскорення по команді N 2 доповнюється фіксацією циклу однофазного АПВ. Телеприскорення третього ступеню СЗНП (ІОСЗ NEUTRAL) по команді N 14 заблоковано у циклі однофазного АПВ. При цьому є окремий набір уставок для виводу однофазного АПВ. Для визначення пошкодженої фази використовуються фазоселективні вибіркові органи. При реалізації логіки однофазного вимикання є кола вводу трифазного вимикання у всіх випадках формування логікою АПВ операнду Flexlogic™ AR FORCE 3P TRIP, а також при відмові виборів.

3.4 Диференційно-фазний захист ДФЗ(87PC) L-60 (Н, К1, К, В).

3.4.1 Підготовка до вводу в роботу захисту.

В роботу повинні бути введені наступні захисти:

СТ fail - несправність кіл струму;

87 PC – диференційно-фазний захист.

На світлодіоди виводяться операнди спрацьовування захисту:

Virt Op __ On (VO__) – загальний віртуальний вихід, що заведений на вхід Block 87 PC;

Pusk_PVZ On (VO__) - віртуальний вихід, що визначає пуск ПВЗ через вихідні контакти пристрою L-60;

87 PC FDL OP - робота чутливого органу ДФЗ L-60;

87 PC FDN OP - робота відмикаючого органу ДФЗ L-60.

Індикація світлодіодів, що виставляється, приведена у таблиці 4.2.

Таблиця 3.2 – Індикація світлодіодів.

Номер світодіода	Назва	Операнд роботи
25	ДФЗ виведена	Virt Op __ On (VO __) – загальний віртуальний вихід, заведений на вхід
26	Пуск ДФЗ	Pusk_PVZ On (VO16) – віртуальний Вихід, що визначає пуск ПВЗ через вихідні контакти L-60
27	Робота 87 PC FDL	Робота чутливого органу ДФЗ L-60 87 PC FDL OP
28	Робота 87 PC FDH	Робота відмикаючого органу ДФЗ L-60 87 PC FDH OP
29	Робота ДФЗ	87 PC PKP

На внутрішній осцилограф виводяться наступні параметри (**Product Setup\Display Propereties.\Oscillography**):

Пуск (Trigger Source) 87 PC OP;
Digital Channel 1 PHASE Z2 PKP;
Digital Channel 2 PHASE Z3 PKP;
Digital Channel 3 GROUND Z2 PKP;
Digital Channel 4 GROUND Z3 PKP;
Digital Channel 5 87 PC OP;
Digital Channel 6 87 PC FDL OP;
Digital Channel 7 87 PC FDH OP;
Digital Channel 8 87 PC PKP.

3.4.2 Уставки спрацьовування ДФЗ

Уставки спрацьовування ДФЗ приведені у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Уставки спрацьовування ДФЗ

Назва функції	Для ПС з двома вимикачами на ЛЕП	Для ПС з одним вимикачем на ЛЕП	Опис функції
Function	Enabled	Enabled	Функція введена
Scheme Select	2TL-TR-SPC-2FC	2TL-TR-SPC-2FC	Схема роботи ДФЗ, що відключає (однонапівперіодна)
Block	Virt Op 65 On (VO65)	Virt Op 65 On (VO65)	VO блокування ДФЗ
Signal Source	Two Sources Current	One Source Current	Кількість вимикачів на приєднанні
Signal	MIXED I_2 - K*I_1	MIXED I_2 - K*I_1	Комбінований сигнал
Mixed Signal K	0.1	0.1	Коефіцієнт K
FDL Pickup	0.07 pu	0.07 pu	Уставка по струму для пуску сигналу, що маніпулює
87PC FDL AUX	DOP FDL On (VO50)	DOP FDL On (VO50)	Уставка додаткового пуску ПВЗ
FDH Pickup	0.14 pu	0.14 pu	Уставка по струму для роботи ДФЗ на відключення
FDH AUX	DOP FDH On (VO48)	DOP FDH On (VO48)	Уставка додаткового пуску по струму для роботи ДФЗ на відключення
Asymmetry Ch1	1.3 ms	1.3 ms	Асиметрія каналу 1
Asymmetry Ch2	1.3 ms	1.3 ms	Асиметрія каналу 2

Продовження таблиці 3.3

Phase Delay Ch1	0.8 ms	0.8 ms	Затримка каналу 1
Phase Delay Ch2	0.8 ms	0.8 ms	Затримка каналу 2
Rx Volt Ch1	9.0 V	9.0 V	Рівень напруги, що визначає логічну одиницю у першому каналі
Rx Volt Ch2	9.0 V	9.0 V	Рівень напруги, що визначає логічну одиницю у другому каналі
Stability Angle	65 deg	65 deg	Кут блокування
Reset Delay	0 ms	0 ms	
Transient Pickup	0.030 s	0.030 s	
Transient Reset	0.040 s	0.040 s	
Channel Loss Trip Window	0 msec	0 msec	Не використовується
Hi-Speed Contact1	OFF	OFF	Не використовується
Hi-Speed Contact2	OFF	OFF	Не використовується
Target	Self-reset	Self-reset	Відображення на дисплеї з самоповерненням
Events	Enabled	Enabled	Введені повідомлення про роботу блоку

3.4.3 Перевірка блокування ДФЗ

Оцінка правильності роботи оператора «блокування ДФЗ» виконується по факту загорання світлодіоду, що заранжирований

функцією блокування ДФЗ (VO___ світлодіод №___ ДФЗ виведена).

Уставки «Block» виставляються операндом «Off». Таким чином скасовується блокування ДФЗ.

3.4.4 Перевірка коефіцієнта чутливості чутливого (FDL) та грубого (FDH) пускових органів.

Виставляються задані уставки по чутливому (FDL) та грубому (FDH) пусковим органам.

Перевірка уставок по струму чутливого (FDL) і грубого (FDH) пускових органів проводиться на випробувальному стенді шляхом подачі струму на пристрій L-60 та плавного його підйому. Спрацьовування захисту визначається для чутливого органу загоранням світлодіода заранжированного операндом «FDL OP». Спрацьовування грубого органу визначається по загоранню світлодіода заранжированного операндом «FDH OP». Результати перевірки занесуться у протокол.

3.4.5 Перевірка додаткового пуску чутливого (FDL) і грубого (FDH) пускових органів.

Для того, щоб перевірити додаткові пуски від дистанційного захисту (ДЗ) необхідно струм, що подається, був достатній для його спрацювання, тобто більший уставки спрацювання відповідного ступеню ДЗ та недостатній для спрацювання ДФЗ. При цьому уставки по струму спрацювання чутливого (FDL) та грубого (FDH) пускових органів потрібно закрутити до максимального значення. При подачі струму з випробувального стенда визначаються параметри спрацювання, які заносимо у протокол наладки. Струм спрацювання чутливого органу FDL визначається по загоранню світлодіода заранжированного операндом «FDL OP». Струм спрацювання грубого органу FDL визначається по загоранню світлодіода заранжированного операндом «FDH OP».

3.4.6 Перевірка часових параметрів пуску ПВЗ

Оцінка правильності виставлених часових параметрів пуску ПВЗ виконується по факту спрацювання вихідного операнду пуску ПВЗ. Оцінка правильності роботи виконується при підключенні дискретних входів випробувального пристрою до контактів пуску ПВЗ - S7b, S7a. Таким чином встановлюється режим дискретного входу в програму «Gran»: фіксація часу.

Блок кола пуску ПВЗ повинен бути скасований.

Приймач-передавач повинен бути включеним – це пов'язано з тим, щоб блок «несправність ПВЗ» був у відключеному стані. Виставити мінімальну Уставки чутливого (FDL) і грубого (FDH) пускових органів виставляються мінімальними. При перевірці спрацювання на пуск та повернення використовується складний режим по програмі «РЗА-ТЕСТЕРА Gran». Перший шаг програми це аварійний режим на протязі 0.1с тобто спрацює «87 РС FDL ОР» - робота чутливого органу ДФЗ, в процесі якого визначається його час спрацювання (закладка РЕЗУЛЬТАТИ програми «РЗА-ТЕСТЕРА Gran»). Другий шаг програми – на протязі 1с струми та напруга з випробувального пристрою не подаються, в результаті чого отримуються параметри повернення (закладка РЕЗУЛЬТАТИ програми «РЗА-ТЕСТЕРА Gran»).

3.4.7 Перевірка пуску передавача 87РС.

Час спрацювання вихідного операнду визначається без зарахування часу спрацювання вихідного реле.

3.4.8 Перевірка зупинки ПВЗ.

Оцінка правильності роботи зупинки ПВЗ виконується по факту спрацювання вихідного операнда «Останов ПВЗ (VO ___)» заранжированного на вихідні реле S8b : S8c L-60 в колі ПВЗ X 2/1 : X 2/2 та по факту загорання світлодіода.

Для визначення факту роботи та продовження зупинки ПВЗ завести кінці дискретного входу «РЗА-ТЕСТЕРА» під номером __ (зупинка ПВЗ) на вихідне реле L-60 зупинки ПВЗ **S8b : S8c**.

При перевірці спрацьовування операнду «Останов ПВЗ (VO __)» необхідно смоделювати режими від кожного операнду, окремо, що входить у склад віртуального виходу «Останов ПВЗ (VO __)».

3.4.9. Перевірка зупинки передавача від функції захисту.

При перевірці часу спрацьовування та повернення передавача використовується: перше випробування – моделювання аварійного режиму, тобто спрацьовування длоку «PHASE IOC1» на протязі 0.5 с (час роботи ПРВВ), визначається час спрацьовування (закладка РЕЗУЛЬТАТИ програми «РЗА-ТЕСТЕРА Gran»); друге випробування – струм та напруга не подається на протязі 1с. Таким чином визначається час продовження зупинки (закладка РЕЗУЛЬТАТИ програми «РЗА-ТЕСТЕРА Gran»).

3.4.10 Перевірка кута блокування

Перевірка кута блокування виконується аналогічно ДФЗ на електромеханічній базі.

Пристрій L-60 підключається до випробувального стенду. Уставка чутливого пускового органу (FDL) виставляється мінімальною, а уставка грубого пускового органу (FDH) виставляється максимальною.

На випробувальному стенді імітується КЗ між фазами А і В. Подається напруга для пуску чутливого пускового органу FDL, але менше пуску грубого пускового органу FDH тобто потрібно забезпечити надійне обертання фази. Запускається приймач-передавач на протилежному кінці ЛЕП. За допомогою фазометра, обертасмо фазу до повного співпадіння сигналів. Результат фіксується на екрані осцилографа на вихідних клеммах приймача-передавача. Осцилограма з пристрою L-60 скачується шляхом наступних дій: «Actual Values\Records\Oscilography\ кнопка Force Trigger».

Синхронізація часу запуску по блоку «GPS» обов'язкова. Для перевірки кута блокування проводяться наступні дії.

По осцилограмі визначається різницю довжини сигналу між «чужим» сигналом, що приймається (Rx Aligned), та «своїм» - сигналом, що посиляється, (Pos Aligned). Отриману різницю різницю виставляємо в уставці «Asymmetry Ch1» (рисунки 3.2, 3.3). В результаті отриману різницю «POS Aligned» - «Rx Aligned»= $9.33 - 8.44=0.9$.(у даному прикладі) виставляємо як уставку «Asymmetry Ch1» = 0.9 мс. Після цього знову перевіряється різниця «POS Aligned» - «Rx Aligned», а потім ця різниця перевіряється з іншого боку ЛЕП. В результаті виставляється уставка «Phase Delay Ch1»= 4.7 мс (для даного приклада). По заданій уставці виставляється кут блокування «Stability Angle». На рис. 3.4 показана осцилограма сигналів коли сигнали не співпадають. Різниця між сигналами «Rx Aligned» та «Pos Aligned» $4,7$ мс, а на рис. 3.5 осцилограма коли сигнали співпадають.

Вимірювання кута блокування проводиться від моменту відриву «чужого» сигналу від «свого». Спрацьовування захисту визначаємо по роботі операнду «87PC pkr» заранжированного на світлодіод з самоповерненням. Характеристика кута блокування показана на рис. 3.6.

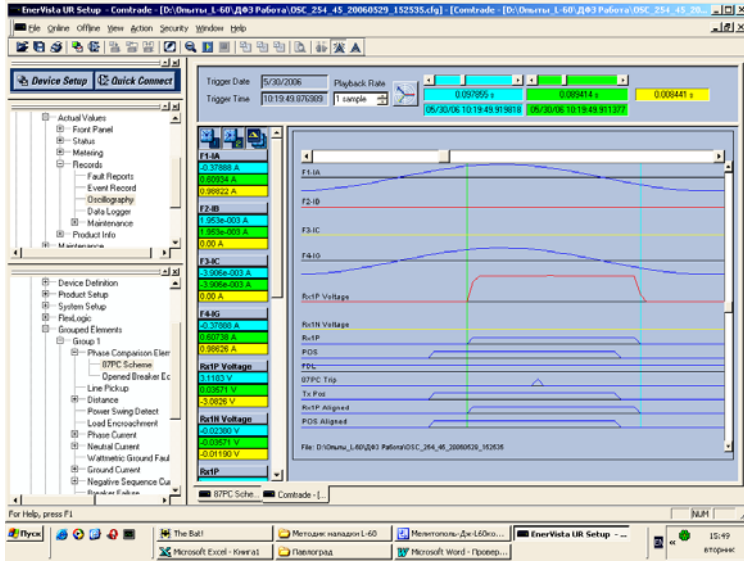


Рисунок 3.2 - Довжина імпульсу Rx Aligned=8.44 мс

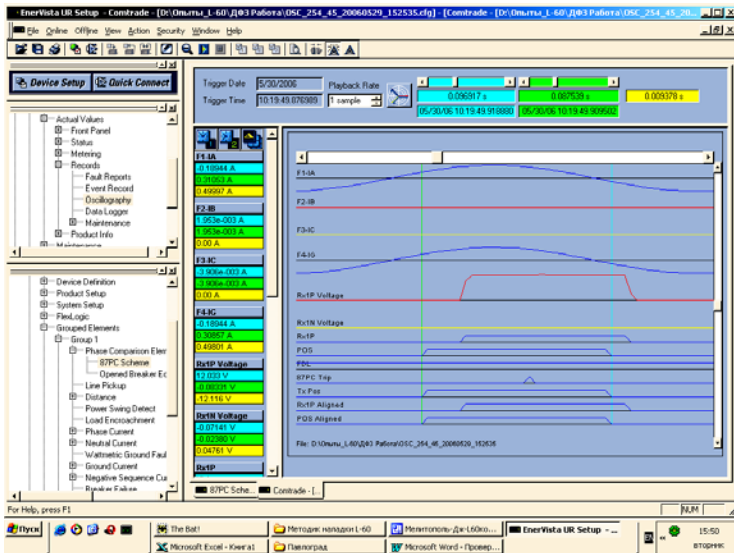


Рисунок 3.3 – Довжина імпульсу POS Aligned=9.33 мс.

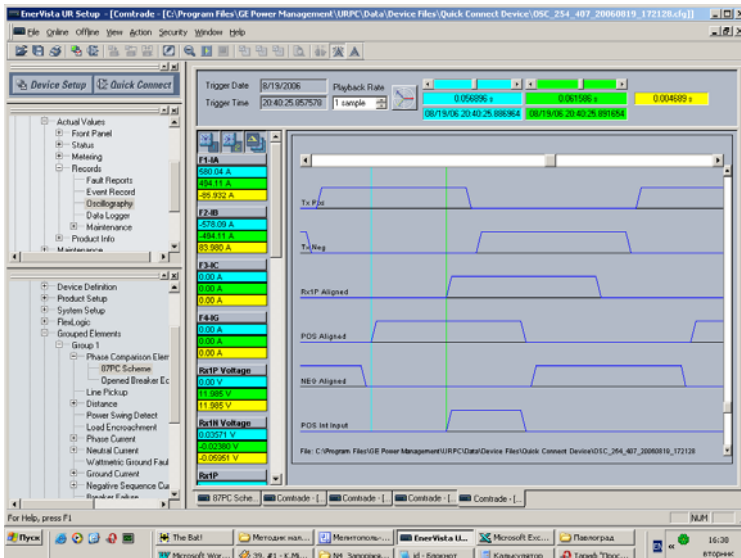


Рисунок 3.4 – Різниця між сигналами **Rx Aligned** и **Pos Aligned** складає 4,7 мс

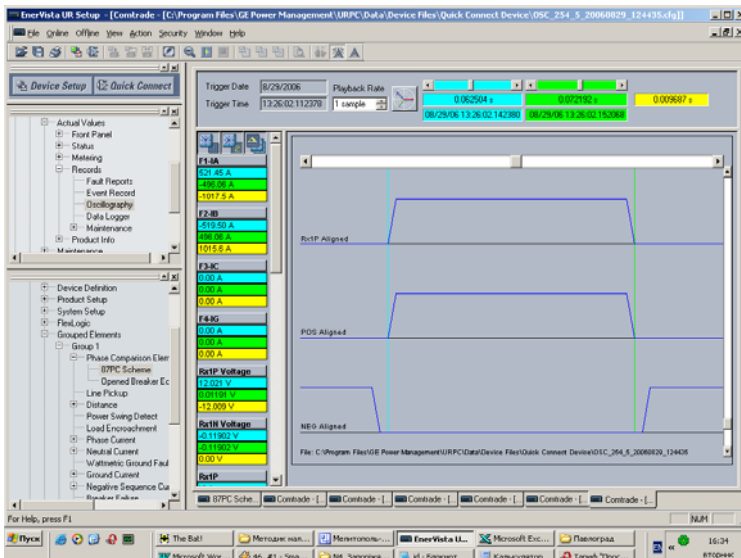


Рисунок 3.5 – Осцилограма співпадіння сигналів

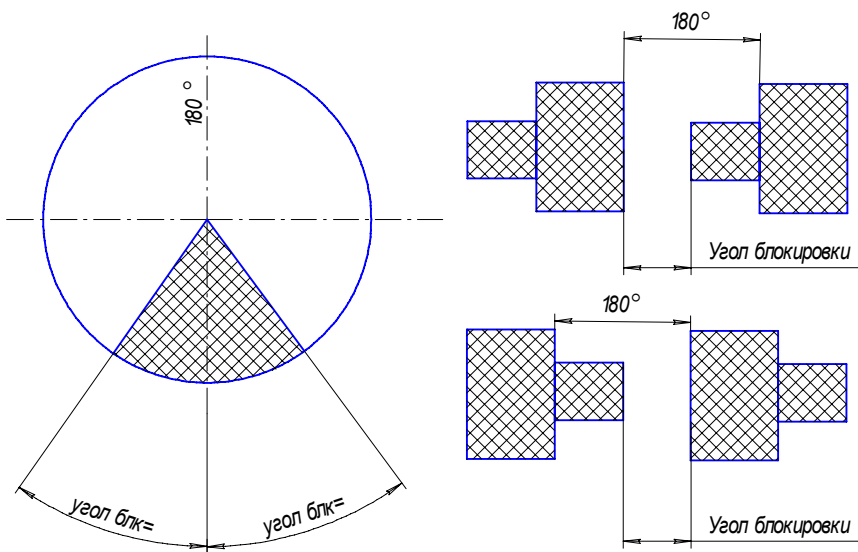


Рисунок 3.6 – Характеристика кута блокування.

3.4.11 Фазна характеристика.

У панель основного захисту від випробувального пристрою подається струм $I_{AB} = 0,5$ А. Струм приймача, що виміряний приладом приймача-передатчика ПВЗ, складає 8 мА. Передатчик з протилежного боку ЛЕП запущений з маніпуляцією.

Кут блокування розраховується по формулі (3.1):

$$\varphi_{\text{блокування}} = \frac{(\varphi_3 - \varphi_1) - (\varphi_2 - \varphi_4)}{2} = \frac{(269 - 196) - (198 - 176)}{2} = 66 \text{ градусів} \quad (3.1)$$

де φ_1, φ_4 – кути, при яких спрацьовує захист (загоряється світлодіод з заранжированим операндом «87 РС РКР»);

φ_2 – кут, при якому кінець імпульсу «свого» передавача співпадає з початком імпульсу «чужого» (дальнього) передавача;

φ_3 — кут, при якому початок імпульсу «свого» передавача співпадає з кінцем імпульсу дальнього передавача.

Взаємне розташування імпульсів «свого» та чужого дальнього» передатчиків контролювалось осцилографом на клемі «ВЫХ.1» приймача-передатчика ПВЗ.

Після визначення кута блокування з свого боку заглубляємо уставку грубого пускового струму FDH до максимуму на своєму боці, знижуємо до мінімуму уставку грубого пускового струму FDH на протилежному боці та визначаємо кут блокування з протилежного боку

3.5 Дистанційний захист

3.5.1 Методика розрахунку параметрів дистанційного захисту

При міжфазних КЗ розрахункове значення опору дистанційного захисту визначається по формулі:

$$\bar{Z}_{pac} = \frac{\bar{U}_A - \bar{U}_B}{\bar{I}_A - \bar{I}_B}, \quad (3.2)$$

де \bar{Z}_{pac} - опір, що виміряється дистанційним органом;

\bar{U}_A , \bar{U}_B , \bar{I}_A , \bar{I}_B – ефективні значення фазних напруг та струмів в місці установки захисту, з урахуванням кіл струму ТС та кіл напруги ТН.

При однофазних КЗ на землю розрахункове значення опору дистанційного захисту визначається по формулі:

$$\bar{Z}_{pac} = \frac{\bar{U}_A}{\bar{I}_A + (K_0 - 1) \cdot \bar{I}_0}, \quad (3.3)$$

\bar{I}_0 – ефективне значення струму нульової послідовності.

$$K_0 = \frac{\bar{Z}_0}{\bar{Z}_1}, \quad (3.3)$$

\bar{I}_0 – ефективне значення струму нульової послідовності.

$$\bar{K}_0 = \frac{\bar{Z}_0}{\bar{Z}_1}, \quad (3.4)$$

де \bar{Z}_0 , \bar{Z}_1 , – опори нульової та прямої послідовностей від місця установки захисту до місця КЗ на землю. З урахуванням того, що в розрахунках використовується значення струму $3\bar{I}_0$, то може бути прийнято:

$$\frac{1}{3}(\bar{K}_0 - 1) = \frac{1}{3}\left(\frac{\bar{Z}_0}{\bar{Z}_1} - 1\right) = \bar{K}_k. \quad (3.5)$$

Тоді коефіцієнт, що враховує співвідношення $\frac{\bar{Z}_0}{\bar{Z}_1}$ та що використовується як уставка захисту, буде рівний:

$$\bar{K}_0 = 3\bar{K}_k + 1 \quad (3.6)$$

Підставляємо (3.6) у (3.3):

$$\bar{Z}_{pac} = \frac{\bar{U}_A}{\bar{I}_A + (3\bar{K}_k + 1 - 1) \cdot \bar{I}_0} = \frac{\bar{U}_A}{\bar{I}_A + \bar{K}_k \cdot 3\bar{I}_0}. \quad (3.7)$$

Таким чином, при визначенні значення опору дистанційного захисту - Z_{pac} , при однофазних КЗ на землю можна використовувати комплексний коефіцієнт компенсації \bar{K}_k .

Уставки перевіряються для однієї групи уставок, для інших груп уставок перевіряється тільки функціонування захисту. При цьому в роботу повинні бути введені наступні оператори:

PHASE DISTANSE, GROUND DISTANSE.

Блокування на вході Block кожного ступеню повинно бути відключено, тобто повинно стояти OFF.

Уставки на блоці DISTANCE приведені в таблиці 3.4

Таблиця 3.4 - Уставки на блоці Distance

Source	SRC 3 (SRC 3)
Memory Duration	10 cycles
Force Self-Polar	OFF
Force Mem-Polar	OFF

3.5.2 Уставки спрацьовування дистанційного захисту - **PHASE DISTANSE**

Уставки **PHASE DISTANSE** приведені у таблиці 3.5

Таблиця 3.5 - Уставки **PHASE DISTANSE**

Параметри	Можливі значення	Пояснення
PHS DIST Z1 FUNCTION	Disabled (Выведено), Enabled (Введено)	Ввід/вивід ступеню
PHS DIST Z1 DIR	Forward (В лінію), Reverse (К шинам), Non-directional (Ненаправленная)	Напрямок ступеню
PHS DIST Z1 SHAPE	Mho (круглая), Quad (Прямоугольная)	Вид характеристики
PHS DIST Z1 XFMR VOL CONNECTION	None (Нет), Dy1, Dy3, Dy5, Dy7, Dy9, Dy11, Yd1, Yd3, Yd5, Yd7, Yd9, Yd11	не використовується
PHS DIST Z1 XFMR CUR CONNECTION	None (Нет), Dy1, Dy3, Dy5, Dy7, Dy9, Dy11, Yd1, Yd3, Yd5, Yd7, Yd9, Yd11	не використовується
PHS DIST Z1 REACH	0,02 +250,00 Ом, шаг 0,01	Рис. 3.8 – 3.11
PHS DIST Z1 RCA	30 +90°, шаг 1	Рис. 3.8 – 3.11
PHS DIST Z1 REV REACH	0,02+250,00 Ом, шаг 0,01	Рис. 3.8 – 3.11
PHS DIST Z1 REV REACH RCA	30+90°, шаг 1	Рис. 3.8 – 3.11
PHS DIST Z1 COMP LIMIT	30+90°, шаг 1	Рис. 3.8 – 3.11
PHS DIST Z1 DIR RCA	30+ 90°, шаг 1	Рис. 3.8 – 3.11
PHS DIST Z1 DIR COMP LIMIT	30+90°, шаг 1	Рис. 3.8 – 3.11
PHS DIST Z1 QUAD RGT BLD	0,02÷500,00 Ом, шаг 0,01	Рис. 3.8 – 3.11
PHS DIST Z1 QUAD RGT BLD RCA	60÷90°, шаг 1	Рис. 3.8 – 3.11

Продовження таблиці 3.5

PHS DIST Z1 QUAD LFT BLD	0,02÷500,00 Ом, шаг 0,01	Рис. 3.8 – 3.11
PHS DIST Z1 QUAD LFT BLD RCA	60÷90°, шаг 1	Рис. 3.8 – 3.11
PHS DIST Z1 SUPV	0,050÷30,000 в.о., шаг 0,001	Пусковий струм
PHS DIST Z1 VOLT LEVEL	0,000÷5,000 в.о., шаг 0,001	Пускова напруга
PHS DIST Z1 DELAY	0,000÷65,535 с, шаг 0,001	Витримка часу
PHS DIST Z1 BLK	Операнд FlexLogic	Блокування ступеню
PHS DIST Z1 TARGET	Self-reset (самоскидання), Latched(самоутримання), Disabled (Виведено)	Відображення на РКІ терміналу при зміні стану
PHS DIST Z1 EVENTS	Disabled (Виведено), Enabled (Введено)	Відображення у робочих повідомленнях терміналу

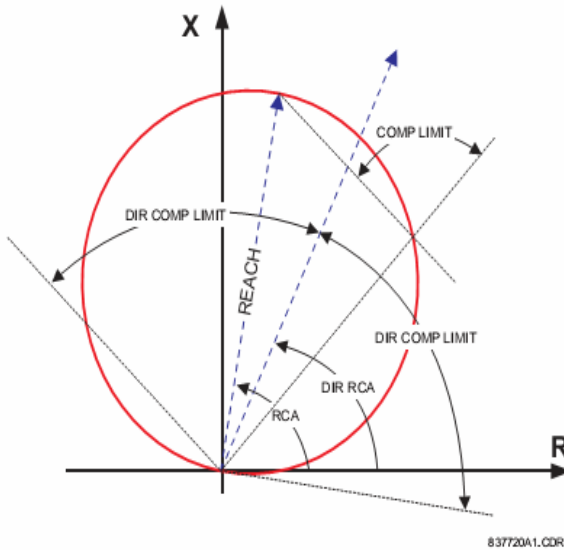


Рисунок 3.7 – Уставки спрацьовування спрямованого дистанційного захисту для характеристики у вигляді кола

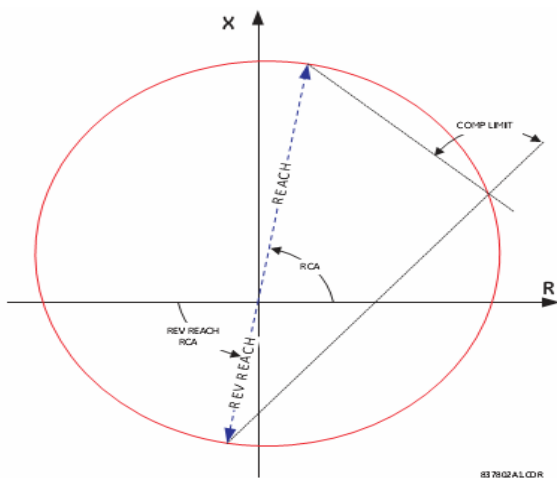


Рисунок 3.8 – Уставки спрацьовування неспрямованого дистанційного захисту для характеристики у вигляді кола

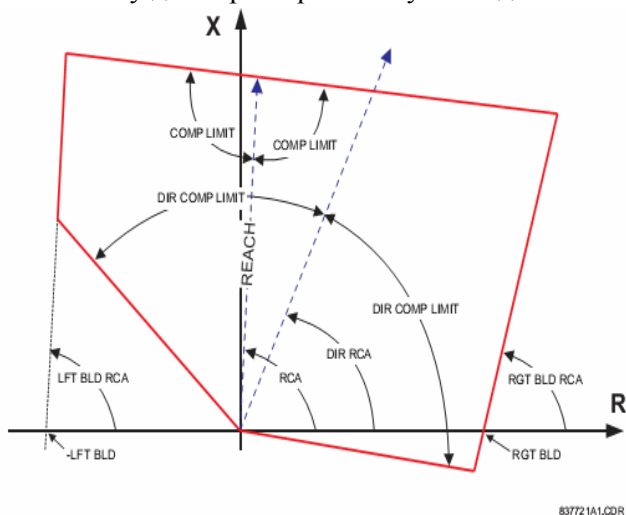


Рисунок 3.9 – Уставки спрацьовування спрямованого дистанційного захисту для характеристики у вигляді прямокутника

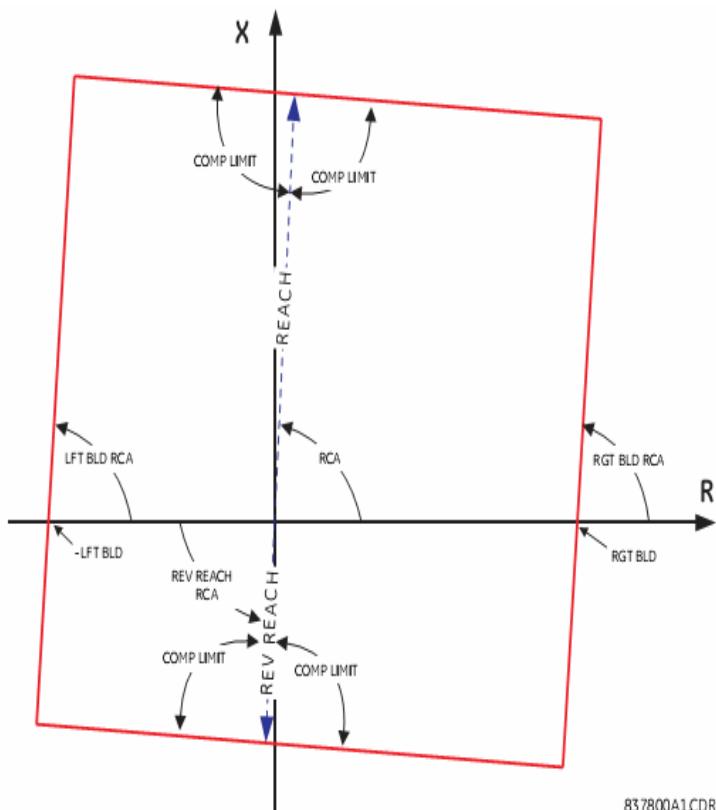


Рисунок 3.10 – Уставки спрацьовування неспрямованого дистанційного захисту для характеристики у вигляді прямокутника

3.5.3 Перевірка уставки та часу спрацьовування дистанційного захисту від міжфазних КЗ в характерних точках.

Логика роботи спрямованого та неспрямованого дистанційного захисту від міжфазних КЗ з характеристиками у вигляді кола та прямокутника представлена на рисунках 3.7 -3.10

Оцінка правильності роботи виконується по спрацьовування вихідного операнду дистанційного захисту

відповідної петлі КЗ, що діє на відключення, заранжированного на вихідне реле:

Таблиця 3.6 – Операнди спрацьовування PHASE DISTANSE

PH DIST Z1 OP AB	Спрацьовування 1 зони дистанційного захисту по міжфазній петлі AB
PH DIST Z1 OP BC	Спрацьовування 1 зони дистанційного захисту по міжфазній петлі BC
PH DIST Z1 OP CA	Спрацьовування 1 зони дистанційного захисту по міжфазній петлі CA
PH DIST Z2 OP AB	Спрацьовування 2 зони дистанційного захисту по міжфазній петлі AB
PH DIST Z2 OP BC	Спрацьовування 2 зони дистанційного захисту по міжфазній петлі BC
PH DIST Z2 OP CA	Спрацьовування 2 зони дистанційного захисту по міжфазній петлі CA
PH DIST Z3 OP AB	Спрацьовування 3 зони дистанційного захисту по міжфазній петлі AB
PH DIST Z3 OP BC	Спрацьовування 3 зони дистанційного захисту по міжфазній петлі BC
PH DIST Z3 OP CA	Спрацьовування 3 зони дистанційного захисту по міжфазній петлі CA

3.5.4 Перевірка мінімального струму дії дистанційного захисту при однофазних КЗ.

Уставка спрацьовування дистанційного захисту перевіряється шляхом подачі аварійних параметрів 0,9Z уставки та збільшення значення струму до спрацьовування. Оцінка правильності роботи проводиться по факту спрацьовування та повернення вихідного операнда спрацьовування світлодіоду, що заранжирований на вихідне реле.

Оцінка правильності роботи блокування проводиться по факту спрацьовування та повернення вихідного операнда блокування, заранжированного на вихідне реле та на світлодіод.

3.5.5 Перевірка пуску другого та третього ступеню дистанційного захисту

Наступна перевірка необхідна для того, щоб оцінити час спрацьовування ДЗ по додатковому пуску.

Оцінка правильності роботи проводиться по факту спрацьовування вихідного операнда **PH DIST Z2 PKP, PH DIST Z3 PKP, GND DISTANSE Z2 PKP, GND DISTANSE Z3 PKP** та запуску дистанційного захисту. Оцінка проводиться по осцилограмі. Пуск проводиться по відповідному операнду пуску ДЗ, а його перевірка пуску ДЗ проводиться при куті максимальної чутливості.

3.5.6 Перевірка блокування пуску дистанційного захисту при несправності кіл напруги, при неробочому режимі при попаданні параметрів коротких замикань в зону навантаження.

Перевірка блокування производится шляхом переключення ключа вводу\виводу ДЗ и подачею при цьому параметрів аварійного режиму. Що торкається формування блокування від органів визначення несправностей кіл струму та напруги то вони перевіряються візуально по **Flexlogic**

3.6 Перевірка струмового захисту нульової послідовності NEUTRAL IOC (TOC).

3.6.1 Уставки спрацьовування СЗНП - NEUTRAL IOC.

Уставки NEUTRAL IOC виставляються по таблиці 3.7

Таблиця 3.7 - Уставки NEUTRAL IOC.

Параметри	Можливі значення	Значення по умовчанняю	Пояснення
NEUTRAL IOC1 FUNCTION	Disabled (Виведено), Enabled (Введено)	Enabled (Введено)	Ввід/вивід функції

Продовження таблиці 3.7

NEUTRAL IOC1 SIGNAL SOURCE	SRC 1 (Джерело 1), SRC 2 (Джерело 2), SRC 3 (Джерело 3), SRC 4	SRC 1	Вибір джерела
NEUTRAL IOC1 PICKUP	Діапазон: 0,000- 30,000 в.о., шаг 0,001	1.000 pu	Уставка по струму спрацювання
NEUTRAL IOC1 PICKUP DELAY	Діапазон: 0,00 □ 600,00 с, шаг 0,01	0.00 s	Уставка по часу спрацьовування
NEUTRAL IOC1 RESET DELAY	Діапазон: 0,00 □ 600,00 с, шаг 0,01	0.00 s	Уставка по часу повернення
NEUTRAL IOC1 BLOCK:	Діапазон: операнд FlexLogic.	On	Блокування ступеню по вибраному критерію
NEUTRAL IOC1 TARGET	Діапазон: Self-reset (з самоскиданням), Latched (з самоутриманням), Disabled (Виведено)	Self-reset	Відображення на РКІ терміналу
NEUTRAL IOC1 EVENTS	Діапазон: Disabled (Виведено), Enabled (Введено)	Enabled	Реєстрація подій

3.6.2 Перевірка органу напрямку потужності NEUTRAL DIR OC1

У таблиці 3.8 приведені операції що проводяться при перевірці органу напрямку потужності NEUTRAL DIR OC1

Таблиця 3.8 - Перевірка органу напрямку потужності **NEUTRAL DIR OC1**

Параметри	Можливі значення	Значення по умовчання	Пояснення
NEUTRAL DIR OC1 FUNCTION	Діапазон: Disabled (Виведено), Enabled (Введено)	Disabled	Ввід/вивід функції
NEUTRAL DIR OC1 SOURCE	Діапазон: SRC 1 (Джерело 1), SRC 2 (Джерело 2), SRC 3 (Джерело к 3), SRC 4	SRC 1	Вибір джерела
NEUTRAL DIR OC1 POLARIZING	Діапазон: Voltage (Напруга), Current (Струм), Dual	Voltage	Спосіб поляризації
NEUTRAL DIR OC1 POL VOLT:	Діапазон: Calculated V0 (Розраховане), Measured VX (Виміряне)	Calculated V0	Вибирається поляризуюча напруга
NEUTRAL DIR OC1 OP CURR	Діапазон: Calculated 3I0 (Розраховане), Measured IG (Виміряне)	Calculated 3I0	Вибирається поляризуючий струм
NEUTRAL DIR OC1 POSSEQ RESTRAINT	Діапазон: 0,000 □ 0,500, шаг 0,001	0.063	Величина коефіцієнта гальмування струмом прямої послідовності
NEUTRAL DIR OC1 OFFSET	Діапазон: 0,00 □ 250,00 Ом, шаг 0,01	0.00 Ω	Опір отстроєння на лініях з повздовжньою компенсацією
NEUTRAL DIR OC1 FWD ECA:	Діапазон: .90 □ 90°, шаг 1	75° Lag	Кут максимальної чутливості для прямого напрямку

Продовження таблиці 3.8

NEUTRAL DIR OC1 FWD LIMIT ANGLE	Діапазон: 40°-90°, шаг 1	90°	Визначається симетричний (в обох напрямках від ЕСА) граничний кут прямого напрямку
NEUTRAL DIR OC1 FWD PICKUP	Діапазон: 0,002-30,000 о.е., шаг 0,001	0.050 pu	Уставка спрацьовування органу струму в прямому напрямку
NEUTRAL DIR OC1 REV LIMIT ANGLE°	Діапазон: 40°-90°, шаг 1	90	Визначається симетричний (в обох напрямках від ЕСА) граничний кут зворотного напрямку
NEUTRAL DIR OC1 REV PICKUP	Діапазон: 0,002-30,000 о.е., шаг 0,001	0.050 pu	Уставка спрацьовування органа струму у зворотному напрямку
NEUTRAL DIR OC1 BLK:	Діапазон: Операнд FlexLogic	Off	Блокування органу визначення напрямку
NEUTRAL DIR OC1 TARGET	Діапазон: Self-reset (Самосброс), Latched (з самоутриманням),	Self-reset	Вивід операндів роботи блока на РКІ терміналу
NEUTRAL DIR OC1 EVENTS	Disabled (Виведено) Діапазон: Disabled (Виведено), Enabled (Введено)	Disabled	Реєстрація подій

Оцінка правильності роботи ДЗ проводиться по факту спрацьовування та повернення вихідного операнда **NTRL DIR OC1 FWD**: для перевірки органу напрямку потужності «вперед», заранжированного на світлодіод (з самоповерненням), а операнд **NTRL DIR OC1 REV** - для перевірки органу напрямку потужності «назад», заранжированного на світлодіод (з самоповерненням).

При перевірці операнда **NEUTRAL DIR OC1** потрібно пам'ятати, що напруга $3U_0$ по абсолютній величині рівна U_a (при подачі тільки напруги U_a), але протилежна по напрямку. Струм $3I_0=I_a$ як по абсолютній величині, так і по фазі (при подачі тільки струму I_a). Також потрібно пам'ятати, що уставка спрацьовування по напрузі $U_0=0,02 \cdot 1.154 \text{ В}$ – ця уставка не змінюється. Оцінку роботи реле напрямку потужності проводимо по факту загорання світлодіода.

1 режим: $U_a=0 \text{ А}$, $I_a=1 \text{ А}$ ($I_0=0.333 \text{ А}$) подаємо повштовхом – не працює;

2 режим: Подаємо $I_a=1 \text{ А}$, $U_0=0 \text{ А}$ при куті максимальної чутливості, плавно збільшуємо напругу до спрацьовування - визначаємо уставку чутливості по напрузі;

3 режим: $U_a=60 \text{ А}$, $I_a=0 \text{ А}$ подаємо повштовхом – не працює;

4 режим: Подаємо $U_a=60 \text{ А}$, $I_a=0 \text{ А}$ на при куті максимальної чутливості, плавно збільшуємо струм до спрацьовування - визначаємо уставку чутливості по струму;

5 режим: Подаємо $U_a=60 \text{ А}$, $I_a=1 \text{ А}$ шляхом зміни кута між струмом напругою будуємо зону роботи в прямому и зверненому напрямку.

3.6.3 Перевірка уставок по струму та часу спрацьовування

В роботу повині бути введені такі захисти:

Ввести накладку ввід 3,4 СЗНП

Ввести всі ступені **NEUTRAL IOC**.

Оцінка правильності роботи проводиться по факту зупинки від вихідних реле и загоранням світлодіода заранжированного функціями спрацьовування СЗНП (таблиці 3.9) та повернення по погасанню світлодіода.

Таблиця 3.9 – Операнди **NEUTRAL IOC** спрацьовування СЗНП

NEUTRAL IOC1 OP	Спрацьовування СЗНП 1
NEUTRAL IOC2 OP	Спрацьовування СЗНП 2
NEUTRAL IOC3 OP	Спрацьовування СЗНП 3
NEUTRAL IOC4 OP	Спрацьовування СЗНП 4

3.6.4 Перевірка блокування СЗНП (NEUTRAL IOC)

Оцінка правильності роботи проводиться по факту не загорання світлодіода, заранжированного функціями спрацьовування СЗНП та загорання світлодіода, що заранжирований функціями блокування третього та четвертого ступенів СЗНП .

3.6.5 Перевірка блокування струмового захисту нульової послідовності, в циклі однофазного АПВ.

Для проведення перевірки необхідно на дискретний вхід завести сигнал циклу однофазного АПВ від зовнішнього пристрою АПВ, а у разі використання внутрішнього пристрою АПВ з функцією однофазного АПВ необхідно завести операнд від внутрішнього пристрою однофазного АПВ та зовнішнього циклу однофазного АПВ на вхід блокування функції СЗНП та перевірити неспрацьовування ступенів, що не відстроєні від циклу однофазного АПВ.

3.7 Перевірка максимального струмового захисту

3.7.1 Перевірка уставок по струму та часу спрацювання.

В роботу повинні бути введені наступні захисти:
 ввести накладку ввід 3, 4 СЗНП;
 ввести всі ступені **NEUTRAL TOS**.

Оцінка правильності роботи проводиться по факту зупинки від вихідних реле та загоранням світлодіода, що заранжирований функціями спрацьовування СЗНП (таблиці 3.10 та 3.11). Повернення визначається по погасанню світлодіода.

Таблиця 3.10 – Операнди **NEUTRAL TOC** спрацьовування СЗНП

NEUTRAL TOC1 OP	Спрацьовування ТЗНП 1
NEUTRAL TOC2 OP	Спрацьовування ТЗНП 2
NEUTRAL TOC3 OP	Спрацьовування ТЗНП 3
NEUTRAL TOC4 OP	Спрацьовування ТЗНП 4

Таблиця 3.11 - Уставки **NEUTRAL TOC**

Параметри	Можливі значення	Значення по умовчаною	Пояснення
NEUTRAL TOC1 FUNCTION	Діапазон: Disabled (Виведено), Enabled (Введено)	Disabled	
NEUTRAL TOC1 SIGNAL SOURCE	Діапазон: SRC 1 (Джерело 1), SRC 2 (Джерело 2), SRC 3 (Джерело 3), SRC 4	SRC 1	
NEUTRAL TOC1 INPUT	Діапазон: Phasor (Вектор), RMS (Дійсне значення)	Phasor	Вид вхідної величини
NEUTRAL TOC1 PICKUP	Діапазон: 0,000÷30,000 в.о., шаг 0,001	1.000 pu	Уставка по струму
NEUTRAL TOC1 CURVE	Діапазон: . ТИПИ ХАРАКТЕРИСТИК МСЗ	IEEE Mod Inv	Тип характеристики, якщо установлювати по незалежній характеристиці Definite time
NEUTRAL TOC1 TD MULTIPLIER	Діапазон: 0,00÷600,00, шаг 0,01	1.00	Інтервал часу

Продовження таблиці 3.11

NEUTRAL TOC1 RESET	Діапазон: Instantaneous (митєва), Timed (3 витримкою часу)	Instantaneo us	Повернення
NEUTRAL TOC1 BLOCK:	Діапазон: Операнд FlexLogic	On	Блокування ступеню по вибраному критерію
NEUTRAL TOC1 TARGET	Діапазон: Self-reset (Самоскид), Latched (з самоутриманням), Disabled (виведено)	Self-reset	Затримка скиду
NEUTRAL TOC1 EVENTS	Діапазон: Disabled (виведено), Enabled (введено)	Enabled	Ресстрація подій

3.7.2 Перевірка блокування СЗНП (NEUTRAL TOC)

Оцінка правильності роботи виконується по факту не загорання світлодіода заранжированного функціями спрацьовування СЗНП та загорання світлодіода заранжированного функцією блокування 3-го і 4-го ступеню СЗНП.

3.8 Перевірка функції автоматичного повторного включення

Перевірка функцій АПВ (Autoreclose) та вибір уставок спрацьовування приведені у таблиці 3.12

Таблиця 3.12 – Уставки функції АПВ

Параметри	Можливі значення	Значення за умовченням	Пояснення
AR FUNCTION:	Disabled, Enabled	Enabled (введено)	Функція АПВ: відімкнута/ ввімкнута.

Продовження таблиці 3.12

AR MODE: 1 & 3 Pole	1 & 3 Pole, 1 Pole, 3 Pole-A, 3 Pole-B	1 & 3 Pole	Режим АПВ 1 и 3ф, 1ф, 3ф-А, 3ф-В
AR MAX NUMBER OF SHOTS	1, 2, 3, 4	1	Число циклів АПВ, що можуть бути здійснені
AR BLOCK BKR1:	FlexLogic™ operand	On	Операнд Flexlogic, що блокує команду включення для вимикача 1
AR CLOSE TIME BKR 1:	0.00 to 35 s in steps of 0.01	0.1 с	Час включення вимикача В1
AR BKR MAN CLOSE:	FlexLogic operand	Off	Команда ручного включення, що реалізується функцією АПВ
AR BLK TIME UPON MAN CLS:	0.00 to 35 s in steps of 0.01	20 с	Час блокування функції АПВ після оперативного включення вимикача
AR 1P INIT:	FlexLogic operand	Off	Операнд Flexlogic, що забезпечує пуск ОАПВ
AR 3P INIT:	FlexLogic operand	On	Операнд Flexlogic, що забезпечує пуск трифазного АПВ (повільної дії)
AR 3P TD INIT:	FlexLogic operand	On	Операнд Flexlogic, що забезпечує пуск БАПВ (швидкої дії)
AR MULTI-P FAULT:	FlexLogic operand	Off	Багатофазне пошкодження
BKR ONE POLE OPEN:	FlexLogic operand	Off	Операнд Flexlogic, що підтверджує відключення однієї фази вимикача

Продовження таблиці 3.12

BKR 3 POLE OPEN:	FlexLogic operand	On	Операнд Flexlogic, що підтверджує відключення трьох фаз вимикача
AR 3-P DEAD TIME 1:	0.00 to 35 s in steps of 0.01	0.3 c	Уставка паузи 2-го циклу ТАПВ
AR 3-P DEAD TIME 2:	0.00 to 35 s in steps of 0.01	4.0 c	Уставка паузи 1-го циклу ТАПВ (БАПВ)
AR 3-P DEAD TIME 3:	0.00 to 35 s in steps of 0.01	15.0 c	Уставка паузи 3-го циклу ТАПВ
AR 3-P DEAD TIME 4:	0.00 to 655.35 s in steps of 0.01	15.0 c	Уставка паузи 4-го циклу ТАПВ
AR EXTEND DEAD T 1:	FlexLogi _c TM operand	On	Операнд Flexlogic, що забезпечує додаткову затримку для 1-го циклу
AR DEAD TIME 1 EXTENSION :	0.00 to 655.35 s in steps of 0.01	3.7c	Додаткова затримка паузи першого циклу
AR RESET:	FlexLogi _c TM operand	On	Операнд Flexlogic, що забезпечує повернення АПВ
AR RESET TIME:	0.00 to 655.35 s in steps of 0.01	20c	Час повернення після успішного АПВ
AR BKR CLOSED	FlexLogi _c TM operand	On	Операнд Flexlogic, що підтверджує включення вимикача

Продовження таблиці 3.12

AR BLOCK:	FlexLogi с™ operand	On	Операнд Flexlogic, що блокує функцію АПВ
AR PAUSE:	FlexLogi с™ operand	Off	
AR INCOMPLETE SEQ	0.00 to 655.35 s in steps of 0.01	10 с	Максимальна витримка часу: дозволено повторне включення
AR BLOCK BKR2:	FlexLogi с™ operand	On	Операнд Flexlogic, що блокує команду включення вимикача В2
AR CLOSE TIME BKR2:	0.00 to 655.35 s in steps of 0.01	0.1 с	Час включення вимикача В2
AR TRANSFER 1 TO 2:	Yes, No	Yes	Уставка, що керує роботою схеми, коли вимикач вмикається в послідовності 1-2, а вимикач 1 заблокований
AR TRANSFER 2 TO 1:	Yes, No	No	Уставка, що керує роботою схеми, коли вимикач вмикається в послідовності 2-1, а вимикач 2 заблокований
AR BKR1 FAIL OPTION:	Continue , Lockout	Continue	Уставка, що керує роботою схеми, коли вимикач вмикається в послідовності 1-2, а вимикач 1 не в змозі здійснити повторне включення

Продовження таблиці 3.12

<p>AR BKR2 FAIL OPTION:</p>	<p>Continue , Lockout</p>	<p>Continue</p>	<p>Уставка, що керує роботою схеми, коли вимикач вмикається в послідовності 2-1, а вимикач 2 не в змозі здійснити повторне включення</p>
--	-------------------------------	-----------------	--

3.9 Питання для самоперевірки

1. Призначення та функціональні можливості пристрою релейного захисту та автоматики L-60
2. Логіка внутрішньої конфігурації терміналу.
3. Особливості використання терміналу пристрою L-60
4. Диференційно-фазний захист пристрою L-60
5. Виставлення уставок та перевірка диференційно-фазного захисту
6. Дистанційний захист пристрою L-60
7. Виставлення уставок та перевірка дистанційного захисту.
8. Максимальний струмовий захист пристрою L-60
9. Виставлення уставок та перевірка максимального струмового захисту.
10. Струмовий захист нульової послідовності пристрою L-60
11. Виставлення уставок та перевірка струмового захисту нульової послідовності
12. Функція автоматичного повторного включення пристрою L-60
13. Виставлення уставок та перевірка функції автоматичного повторного включення

4 ПРИЛАДОВИЙ МОДУЛЬ РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ ТА АВТОМОТИКИ «ДІАМАНТ» НВП «ХАРТРОН-ІНКОР ЛТД»

4.1 Призначення та функціональні можливості пристрою «Діамант»

Приладовий модуль релейного захисту та автоматики (ПМ РЗА) «Діамант» (рис. 4.1) призначений для роботи в електричних мережах змінного струму в якості мікропроцесорного пристрою релейного захисту, протипаварійної автоматики, реєстрації, діагностики та керування вимикачами [13].



Рисунок 4.1 Приладовий модуль релейного захисту та автоматики «Діамант»

ПМ РЗА може використовуватися на енергооб'єктах з різними типами підстанцій та на електростанціях напругою на шинах від 6 до 750 кВ.

ПМ РЗА може використовуватися у складі автоматизованої системи керування як підсистема нижнього рівня.

ПМ РЗА може встановлюватися на панелях щитів керування та захистів, а також в релейних шафах комплектних розподільних пристрів.

ПМ РЗА представляє собою комбінований багатофункціональний пристрій, що об'єднує різні функції захисту, автоматики, контролю, місцевого та дистанційного керування.

Алгоритми функцій захисту та автоматики, а також інтерфейси для зовнішніх з'єднань ПМ РЗА забезпечують сумісність с діючими пристроями РЗА .

ПМ РЗА забезпечує наступні функції:

протиаварійна автоматика та керування;

формування внутрішньої конфігурації (ввід/вивід автоматики, вибір характеристик, кількості ступенів, фіксації та комбінації вхідних сигналів та інше при санкціонованному доступі) програмним способом;

місцевий ввід, зберігання та відображення основної та резервних груп уставок автоматики;

місцевий та дистанційний ввід, зберігання та відображення експлуатаційних параметрів;

відображення поточних електричних параметрів об'єкту, що захищається;

реєстрація, зберігання аварійних аналогових електричних параметрів об'єкту, що захищається та 660 подій з автоматичним поновленням інформації, а також реєстрацію поточних електричних параметрів («Осцилографування»);

фіксацію струму та напруги спрацьовування;

безперервний оперативний контроль працездатності (самодіагностика на протязі всього часу роботи);

блокування всіх дискретних виходів при несправності пристрою для виключення неправильної дії;

світлодіодну індикацію несправності по результатам оперативного контролю працездатності ПМ РЗА;

світлодіодну індикацію подачі напруги на виході ПМ РЗА;

створення конфігурації світлодіодної індикації по результатам виконання функцій автоматики, керування, по наявності вхідних та вихідних сигналів ПМ РЗА;

прийом дискретних сигналів керування та блокування, видачу команд керування, сигналізації роботи автоматики;

створення конфігурації вхідних та вихідних дискретних сигналів;

двосторонній обмін інформацією з автоматизованою системою керування або ПЕОМ по стандартним послідовним каналам зв'язку (RS-485, RS-232, USB, Ethernet);

великий опір та міцність ізоляції входів и виходів відносно корпусу та між собою для підвищення стійкості від перенапруг, що виникають у вторинних колах розподільних пристроях;

гальванічний розв'язок всіх входів та виходів для забезпечення захисту від перешкод.

ПМ РЗА виконує контроль електричних параметрів вхідних аналогових сигналів, визначення лінійних напруг, напруг нульової послідовності, частоти, а також активної та реактивної потужності та електроенергії. Крім того ПМ РЗА здійснює компенсацію аперіодичної складової струму, а також фільтрацію вищих гармонік вхідних сигналів.

Для порівняння з уставками спрацьовування захистів використовуються тільки ефективні значення першої гармоніки вхідних сигналів, що отримуються від вимірювальних трансформаторів.

4.2 Приладові модулі релейного захисту та автоматики «Діамант» та їх модифікація

Перелік приладових модулів релейного захисту та автоматики пристрою «Діамант» та їх модифікація приведені в таблиці 4.1

Таблиця 4.1 - Перелік приладових модулів релейного захисту та автоматики пристрою «Діамант»

№ п/п	Призначення	Модифікація
1	Резервні захисти та автоматика ПЛ 110-220 кВ	L010

Продовження таблиці 4.1

2	Резервні захисти та автоматика ПЛ 110-220 кВ (резервний захист автотрансформатору(АТ) на боці 110 кВ)	L011
3	Резервні захисти та автоматика ПЛ 110-220 кВ (резервний захист АТ на боці 330 кВ)	L012
4	Захист та автоматика ПЛ110-330 кВ	L013
5	Резервні захисти та автоматика ПЛ 110 кВ (базовий)	L014
6	Резервні захисти та автоматика ПЛ 330 кВ	L020
7	Основний захист ПЛ 110 –220 кВ (з комплектом дальнього резервування)	L030
8	Основний захист ПЛ 110 –220 кВ	L031
9	Спрямований високочастотний захист ПЛ 110 –220 кВ	L033
10	Основний захист ПЛ 330 кВ (з комплектом дальнього резервування)	L040
11	Захист та автоматика ПЛ 35 кВ	L050
12	Захист та автоматика ПЛ 35 кВ та БСК	L051
13	Захист та автоматика ПЛ 6/10 кВ (КТП)	L060
14	Диференційний захист лінії	L070
15	Диференційний захист шинопроводу	L071
16	Захист та автоматика 3-х обмоткових трансформаторів	T010
17	Захист та автоматика 2-х обмоткових трансформаторів	T011
18	Захист та автоматика блочних трансформаторів	T020
19	Резервні захисти трансформатора на боці 110 кВ	T030
20	Основний захист автотрансформатору	АТ010
21	Резервний захист АТ на боці 110 кВ	АТ011
22	Резервний захист АТ на боці 330 кВ	АТ012
23	Захист вимірювального трансформатору 330 кВ	TN01
24	Захист вимірювального трансформатора 10 кВ	TN02

Продовження таблиці 4.1

25	Диференційний захист шин 110-330 кВ	SH01
26	Диференційний захист шин 35 кВ	SH02
27	Захист ошиновки 330 кВ	SH03
28	Захист та автоматика синхронних електродвигунів $P \leq 2500$ кВт	M010
29	Захист та автоматика асинхронних електродвигунів $P \leq 2500$ кВт	M011
30	Захист першої швидкості двошвидкісних асинхронних електродвигунів та керування двома швидкостями	M012
31	Захист та автоматика синхронних електродвигунів $P > 2500$ кВт	M020
32	Захист та автоматика асинхронних електродвигунів $P > 2500$ кВт	M021
33	Основні захисти та автоматика генераторів	G010
34	Резервні захисти та автоматика генераторів	G020
35	Захист та автоматика вводів 6-35 кВ	V010
36	Захист та автоматика вводів 6-35 кВ (з дистанційним захистом)	V011
37	Захист та автоматика у мережах 6-35 кВ	SV01
38	Автоматика вводу 110 кВ	AV01
39	Автоматика ліквідації асинхронного режиму з комбінованим органом виявлення	ALAR03
40	Автоматика фіксації активної потужності з додатковою функцією зниження напруги	FAM02
41	Автоматика від підвищення напруги	APN01
42	Автоматика фіксації відключення/включення лінії	FOL01
43	Пристрій автоматичної дозировки впливу	ADV01
44	Автоматика розвантаження станції	ARS01
45	Автоматика зниження потужності та резервний захист ПЛІ 330 кВ	ASM02
46	Частотно ділильна автоматика с виділенням електростанції на збалансоване навантаження	AVSN01

Продовження таблиці 4.1

47	Пристрій автоматичного блокування роз'єднувачів ВРП	OBR01
48	Автоматика фіксації відключення/включення лінії та автоматика от підвищення напруги	FOL+APN
49	Автоматика фіксації відключення/включення лінії з КПП	FOL+KPR

4.3 Основні технічні дані та характеристики

Основні технічні дані та характеристики ПМ РЗА приведені у таблицях 4.2 – 4.3

Таблиця 4.2 - Технічні дані ПМ РЗА

Найменування	Номінальне значення	Робочий діапазон	Примітка
Змінний фазний струм, I_n , що контролюється, I_n , А	1	$40 * I_n$	6 входів
Потужність, що споживається по струмовому входу, ВА, не більше	0.05		при $I = I_n$
Зміна напруга U_n , що контролюється, В	58	$4 * U_n$	3 входи
Потужність, що споживається по входу напруги, ВА, не більше	0.5		при $U = U_n$
Частота змінного струму/напруги f_n , Гц	50	$(0,9 - 1,1) * f_n$	

Продовження таблиці 4.2

Напруга живлення змінного, постійного або випрямленого оперативного струму $U_p, В$	220	(0.8-1.1) $*U_p$	
Потужність, що споживається, ВА, не більше	20		
Пульсація в колі живлення, В, не більше	$0,02*U_p$	$0,12*U_p$	
Провали до нуля в колі живлення, мс, не більше	100		Норма функціонування
Розміри, мм - ширина - висота - товщина	297 322 253		
Маса, кг, не більше	10		

Таблиця 4.3 - Параметри дискретних входів/виходів ПМ РЗА

Найменування параметру	Значення	Діапазон
Кількість оптичних ізольованих дискретних входів, шт.	16	
Напруга дискретних входів, В	220	0 – 242
Напруга надійного спрацьовування, В		145-242
Напруга надійного неспрацьовування, В		0 - 132
Кількість вихідних твердо тільних реле, шт.	16	
Напруга дискретних виходів, В	220	24 -242
Струм, що комутується, А		
- тривало	1	
- короткочасно до 0,25с	10	

Продовження таблиці 4.3

<p>Кількість вихідних твердо тільних реле силових виходів, шт. Напруга дискретних силових виходів, В Струм, що комутується, А - тривало - короткочасно до 0,5 с до 0,03 с</p>	<p>4 220 до 5 до 10 до 40</p>	<p>24 – 242</p>
<p>Комутаційна здатність при активно-індуктивному навантаженні з постійною часу $L/R = 40$ мс, А, не більше - на замикання - на розмикання</p>	<p>5 5</p>	
<p>Вихідний дискретний сигнал «Відмова ПМ РЗА»: тип контакту напруга постійного струму, що комутується (не більше), В струм, що комутується (не більше), А</p>	<p>нормально замкнутий 242 0.4</p>	

Таблиця 4.4 – Характеристики функції «Контроль параметрів вхідних аналогових сигналів»

Найменування параметру	Діапазон	Похибка, % не більше
Фазна напруга, U_n	$(0,5 - 1,2) U_n$	2
Фазний струм, I_n	$(0,1 - 0,5) I_n$	3
	$(0,6 - 1,2) I_n$	2
Частота, f_n	$(0,9 - 1,1) f_{n0,1}$	0,1
Однофазна (трифазна) потужність: - активна, $U_n * I_n \cos \varphi$ - реактивна, $U_n * I_n \sin \varphi$	$(0,05 - 1,5) U_n * I_n \cos \varphi$	4
	$(0,05 - 1,5) U_n * I_n \sin \varphi$	4
Струм прямої (нульової) послідовності у номінальному режимі, I_n^*	$(0,1 - 0,5) I_n^*$	3
	$(0,6 - 1,2) I_n^*$	2
Напруга прямої (нульової) послідовності у номінальному режимі, U_n^*	$(0,5 - 1,2) U_n^*$	2

Примітка - базовий інтервал контролю вказаних параметрів – 1с.

Таблиця 4.5 – Характеристики функції «Цифровий реєстратор»

Найменування параметру	Значення
Роздільна здатність, мс	1
Кількість сигналів струму та напруги, що реєструються	9
Кількість дискретних сигналів що реєструються: - вхідних - вихідних	до 16 до 20
Глибина реєстрації однієї аварії: до початку аварії, с після аварії, с	до 0,5 до 0,2
Сумарний час реєстрації аварії, с	62,5

Таблиця 4.6 – Характеристики функції «Осцилографування»

Найменування параметру	Значення
Роздільна здатність, мс	1
Кількість сигналів струму та напруги, що реєструються	9
Тривалість реєстрації, с	1 - 3

4.4 Структурна схема ПМ «Діамант»

Структурна схема ПМ «Діамант» показана на рисунку 4.2

Центральний процесор ЦП забезпечує виконання обчислювальних операцій по обміну даних та здійснює функцію комунікаційних обмінів інформацією.

У склад модуля MSM входять:

- 16-разрядний аналогово-цифровий перетворювач АЦП;
- енергонезалежний запам'ятовуючий пристрій - ЕНЗП об'ємом 2 Мбайта;
- формувач магістралі - ФМ для обміну даними з модулями DIO16FB та LCD;
- вузол керування модулями перетворювача сигналів струму та напруги ПСТН;
- оптичний розв'язок каналу RS-232 та USB - RS-232-opto;
- перетворювач RS-232 у RS-485 - RS-485-opto;
- джерело живлення ИП;
- монітор напруги батареї.

У склад модуля LCD входить:

- матричний рідиннокристалічний індикатор;
- світлодіодні індикатори.

Клавіатура КР має 13 клавіш.

У склад модуля ПСТН входить:

- перетворювач сигналів по струму ПСТ;
- перетворювача сигналів по напрузі ПСН;
- мультиплексорний канал.

У склад модуля DIO16FB входить:

- блок дискретних виходів DO;
- блок дискретних входів DI;
- блок силових ключів та реле сигналу «Відмова ПМ РЗА».

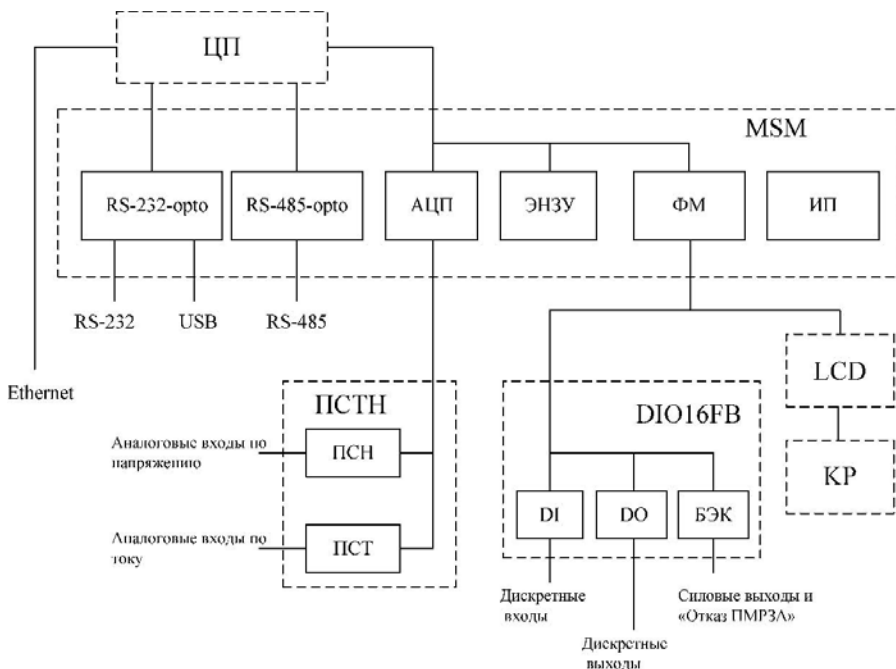


Рисунок 4.2 - Структурна схема приборного модулю «Діамант»

4.5 Питання для самоперевірки

1. Призначення та функціональні можливості приладового модулю релейного захисту та автоматики «Діамант»
2. Модифікація приладового модуля релейного захисту та автоматики «Діамант»
3. Основні технічні характеристики приладового модулю релейного захисту та автоматики «Діамант».
4. Структурна схема приборного модулю «Діамант»
5. Основний захист ЛЕП 110 – 220 кВ
6. Резервний захист ЛЕП 110 – 220 кВ
7. Захист та автоматика ПЛ 35 кВ
8. Захист та автоматика ПЛ 6/10 кВ (КТП)
9. Диференційний захист шинопроводу
10. Захист та автоматика двообмоткових трансформаторів
11. Захист та автоматика триобмоткових трансформаторів

12. Основний захист автотрансформаторів
13. Захист вимірювального трансформатору
14. Диференційний захист шин 110-330 кВ
15. Диференційний захист шин 35 кВ
16. Захист ошиновки 330 кВ
17. Автоматика від підвищення напруги

Перелік посилань

1. SIEMENS SIPROTEC 5 Устройство присоединением высокого напряжения 6MD 85/86 V6.00 и выше. Руководство по эксплуатации. C53000-G5056-C015-4.-1006с.

2. SIEMENS SIPROTEC 5 ДЗ, ДЗЛ, МТЗ для 3-х фазного отключения. 7SA82, 7SD82, 7SL82, 7SA84, 7SD84, 7SA86, 7SD86, 7SL86, 7SJ86. V6.00 и выше. Руководство по эксплуатации. C53000-G5056-C010-6.-1690с.

3. SIEMENS SIPROTEC 5 ДЗ, ДЗЛ 1- и 3-х фазное отключение выключателей. 7SA87, 7SD87, 7SL87, 7VK87. V6.00 и выше. Руководство по эксплуатации. C53000-G5056-C011-6.-1682с.

4. SIEMENS SIPROTEC 5. МТЗ. 7SJ82/7SJ85. V6.00 и выше. Руководство по эксплуатации. C53000-G5056-C017-5.-1470с.

5. SIEMENS SIPROTEC 5. Защита электродвигателя 7SK82, 7SR85. V6.00 и выше. Руководство по эксплуатации. C53000-G5056-C024-3.-1454с

6. SIEMENS SIPROTEC 5. Устройство для защиты сборных шин. 7SS85. V6.00 и выше. Руководство по эксплуатации. C53000-G5056-C019-3.- 634с

7 SIEMENS SIPROTEC 5. Дифференциальная защита трансформатора. 7UT82, 7UT85, 7UT86, 7UT87. V6.00 и выше. Руководство по эксплуатации. C53000-G5056-C016-5.- 1582с.

8. ABB Интеллектуальное электронное устройство дифференциальной защиты шин REB 670. Руководство по эксплуатации Версия продукта 1.1. Редакция А. Дата выпуска: март 2007. – 58с.

9. ABB Интеллектуальное электронное устройство дифференциальной защиты линии RED 670. Руководство по эксплуатации Версия продукта 1.1. Редакция А. Дата выпуска: март 2007. – 92с.

10. ABB Интеллектуальное электронное устройство дистанционной защиты линии REL 670. Руководство по эксплуатации Версия продукта 1.1. Редакция А. Дата выпуска: март 2007. – 91с.

11. ABB Интеллектуальное электронное устройство дистанционной защиты трансформатора. Руководство по

експлуатації. RET 670. Версія продукта 1.1. Редакція А. Дата випуску: март 2007. – 119с

12. Методические указания по техническому обслуживанию терминалов L60 фирмы GE V4.8-5.4. Министерство топлива и энергетики Украины.- Киев. 2008.- 123с.

13. Приборный модуль релейной защиты и автоматики. Противоаварийная автоматика. Автоматика фиксации отключения (включения) линии. Автоматика от повышения напряжения. (FOL+APN). Руководство по эксплуатации. ААВГ.421453.005 – 109.06 РЭ5 НПП ХАРТРОН-ИНКОР. Утвержден ААВГ.421453.005 – 109.06 РЭ5- ЛУ. – 2013. – 101с.

14. Яндульський, О. С. Релейний захист. Цифрові пристрої релейного захисту, автоматики та управління електроенергетичних систем [Електронний ресурс] : навчальний посібник / О. С. Яндульський, О. О. Дмитренко ; НТУУ «КПІ». – Електронні текстові дані (1 файл: 1,36 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 103 с.

15. Кідиба В. П Релейний захист електроенергетичних систем Навчальний посібник. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2015. 504 с.

16. Колісник, М.О. Надійність програмних засобів мікропроцесорних пристроїв управління систем телекомунікації: навч. посібник / М.О. Колісник, І.В. Піскачова. – Харків: УкрДАЗТ, 2012. – 167 с.

17. Дьяченко М.Д. Цифровая защита (аппаратное и алгоритмическое обеспечение): Учебное пособие/ М.Д. Дьяченко, С.К. Поднебесная.–Мариуполь: ГВУЗ «ПГТУ», 2014. – 304с.: ил. ISBN978-966-604-146-6 образования и науки, молодежи и спорта Украины как учебное пособие для студентов.

18. Андреев В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения/ В.А. Андреев. – М.: Высшая школа. – 2007. – 639 с.

19. Федосеев А. М., Федосеев М. А. Ф Релейная защита электроэнергетических систем: Учеб. для вузов/А.М. Федосеев, М.А, Федосеев — 2-е изд., перераб. и доп.— М.: Энергоатомиздат, 1992.—528 с.

20. Мельников М. А. Релейная защита и автоматика элементов систем электроснабжения промышленных

предприятий: учебное пособие / М.А. Мельников – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 218 с.

21. Надежность цифровых устройств релейной защиты. Показатели. Требования. Оценки/ О.Г. Захаров. - Издательство Инфра-Инженерия ISBN 978-5-9729-0073-2, 2014. - 128с.

22. Шнеерсон Э.М. Цифровая релейная защита/ Э.М. Шнеерсон. – М.: Энергоатомиздат, 2007. – 547с.

23. В.Ф. Надеин. Релейная защита и автоматика. Учебное пособие для вузов / Надеин В.Ф., С.В. Петухов, В.В. Радюшин В - Архангельск, 2015. - 98с.

Навчальне видання

**МАХЛІН Павло Вадимович
КОСТЕНКО Сергій Юрійович
КУЗЬМЕНКО Ольга Павлівна**

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ПРИСТРОЇ РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ ТА АВТОМАТИКИ

Навчальний посібник

Комп'ютерний набір: *Махлін П.В.*
Комп'ютерна верстка: *Дяченко О.О.*

Підписано до друку 27.10.2020. Формат 60×84/16. Ум. друк. арк. 14,94.
Тираж 100 прим. Зам. № 1109.

Національний університет «Запорізька політехніка»
Україна, 69063, м. Запоріжжя, вул. Жуковського, 64
Тел.: (061) 769–82–96, 220–12–14

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6952 від 22.10.2019.