

Руководство по применению

Дифференциальная токовая защита линии

**MiCOM P541, P542, P543, P544,
P545, P546**

СОДЕРЖАНИЕ

1.	введение	9
1.1	Защита линий электропередачи и кабельных линий	9
1.2	Реле P540.....	10
1.2.1	Функции защиты.....	10
1.2.2	Дополнительные функции	11
2.	применение отдельных функций защиты	13
2.1	Меню конфигурации	13
2.2	Дифференциальная токовая защита	14
2.2.1	Конфигурация дифференциальной защиты	15
2.2.2	Характеристики фазной дифференциальной токовой защиты	16
2.2.3	Согласование векторов тока по времени замера	19
2.2.4	Емкостный зарядный ток.....	23
2.2.5	Защита трансформаторных фидеров	25
2.2.6	Переконфигурация реле для с 3-х на 2-х концевую линию.....	30
2.2.7	Подстанции со схемой четырехугольник и 1 ½ выключателями на присоединение	31
2.2.8	Защита ошиновки	32
2.2.9	Отпайки на линии	32
2.2.10	Дополнительные вопросы применения защиты.....	32
2.2.11	Примеры уставок	34
2.3	Дистанционная защита	42
2.3.1	Дистанционная защита от междуфазных замыканий.....	43
2.3.2	Дистанционная защита от замыканий на землю.....	44
2.3.3	Рекомендации по выбору уставок.....	45
2.3.4	Блокировка при качаниях.....	50
2.3.5	Защита 3-концевой линии	52
2.3.6	Формирование характеристик зон дистанционных органов.....	53
2.3.7	Пример расчета уставок	53
2.4	Максимальная токовая защита от междуфазных замыканий.....	56
2.4.1	Телеотключение при работе МТЗ	59
2.4.2	Резервная МТЗ при неисправности связи дифф. защиты	59
2.4.3	Пример выбора уставок	60

2.4.4	Уставки угла максимальной чувствительности направленной МТЗ.....	61
2.5	Защита от теплового перегруза.....	61
2.5.1	Характеристика с одной постоянной времени	62
2.5.2	Характеристика с двумя постоянными времени	62
2.5.3	Рекомендации по выбору уставок	63
2.6	Защита от замыканий на землю	65
2.6.1	Направленная защита от замыканий на землю (только P543, P544, P545 и P546) 69	
2.6.2	Общие принципы выбора уставок направленной защиты от замыканий на землю (DEF).....	70
2.7	Функция определения отказа выключателя (УРОВ).....	70
2.7.1	Конфигурация функции УРОВ	71
2.7.2	Механизм сброса таймеров УРОВ	72
2.7.3	Типовые уставки	74
2.8	Защита при обрыве провода (линии).....	74
2.8.1	Рекомендации по выбору уставок	75
2.8.2	Пример выбора уставок	77
2.9	Функция телеотключения	77
2.9.1	Разрешающее (Permissive) телеотключение.....	77
2.9.2	Телеотключение конфигурируемое пользователем/ обмен командами между реле	78
3.	использование вспомогательных функций	79
3.1	Трехфазное АПВ (применительно к модели P542).....	79
3.1.1	Логические входы/выходы функции АПВ.....	83
3.1.2	Последовательность работы логики АПВ.....	85
3.1.3	Основные параметры работы АПВ	86
3.1.4	Рекомендации по выбору уставок	88
3.2	1-ф и 3-ф АПВ (используется в P543 и P545)	92
3.2.1	АПВ с задержкой включения и быстрое АПВ	92
3.2.2	Уставки реле	93
3.2.3	Логические входы АПВ	96
3.2.4	Внутренние сигналы	97
3.2.5	Логические выходы функции АПВ	98
3.2.6	Сигнализация при работе АПВ	98

3.2.7	Логическая последовательность работы АПВ	99
3.2.8	Основные параметры функции	103
3.2.9	Рекомендации по выбору уставок.....	105
3.3	Контроль системы (применительно к P543 и P545).....	108
3.3.1	Контроль системы (начиная с 20-й версии ПО)	108
3.3.2	Проверка синхронизма (применительно к P543 и P545) для 13-й и более ранних версий ПО	117
3.4	Интерфейс функций АПВ/Контроль синхронизма (действительно для 20-й версии ПО и более поздних).....	121
3.5	Контроль исправности цепей ТН (только P543, P544, P545 и P546).....	122
3.5.1	Исчезновение одного или двух фазных напряжений	122
3.5.2	Исчезновение всех трех фазных напряжений в режиме нагрузки линии ...	122
3.5.3	Отсутствие трех фазных напряжений при постановке линии под напряжение 123	
3.5.4	Меню уставок	124
3.6	Мониторинг состояния выключателя	125
3.6.1	Контроль положения выключателя	125
3.7	Контроль технического состояния выключателя (P541, P542, P543 и P545) .	127
3.7.1	Функции контроля состояния выключателя.....	127
3.7.2	Рекомендации по выбору уставок.....	129
3.8	Управление выключателем	131
3.8.1	Управление выключателем при помощи функциональных клавиш (20-я версия ПО и более поздние версии)	134
3.9	Определение места повреждения (P543, P544, P545 и P546)	135
3.9.1	Функция определения места повреждения	135
3.10	Регистраторы событий и аварий	141
3.10.1	Типы событий.....	142
3.10.2	Сброс регистрации событий/аварий	146
3.10.3	Просмотр записей событий с помощью программного пакета MiCOM S1 146	
3.10.4	Фильтрация событий	147
3.11	Осциллограф	148
3.12	Измерения	150
3.12.1	Измерения напряжений и токов.....	150
3.12.2	Симметричные составляющие напряжений и токов.....	150

3.12.3	Частота скольжения (20-я и более поздние версии ПО)	151
3.12.4	Измерения мощности и энергии	151
3.12.5	Эффективные значения напряжений и токов.....	152
3.12.6	Расчет потребления	152
3.12.7	Уставки.....	152
3.13	Изменение группы уставок.....	154
3.14	Входы управления (начиная с 20-й версии ПО).....	155
3.15	Синхронизация часов реального времени сигналом по оптовходу (начиная с 20-й версии ПО)	157
4.	заводские установки по умолчанию	158
4.1	Назначения логических входов	159
4.2	Назначения выходных реле.....	160
4.3	Параметры работы выходных реле	161
4.4	Назначения светодиодных индикаторов	163
4.5	Режим работы светодиодов.....	163
4.6	Пуск регистратора аварий.....	163
5.	требования к трансформаторам тока.....	164
5.1	Дифференциальная токовая защита	164
6.	меню наладочных проверок	165
6.1	Статус оптовходов.....	166
6.2	Статус контактов выходных реле	166
6.3	Статус испытательного порта.....	166
6.4	Статус светоиндикаторов.....	167
6.5	Контрольные биты от 1 до 8	167
6.6	Режим проверки	167
6.7	Таблица теста	168
6.8	Проверка работы выходных реле	168
6.9	Проверка светодиодов	168
6.10	Проверка АПВ	169
6.11	Проверки в режиме кольцевания канала связи	169
6.12	Статус сигналов цифровой шины данных (DDB)	169
6.13	Использование испытательного устройства контроля информации по порту контроля/загрузки	169

7.	связь между реле	170
7.1	Опции канала связи.....	170
7.1.1	Прямая оптоволоконная связь, по многомодовому оптоволокну 850нм	170
7.1.2	Прямая оптоволоконная связь, по многомодовому оптоволокну 1300нм ..	170
7.1.3	Прямая оптоволоконная по одномодовому оптоволокну 1300нм	171
7.1.4	Прямая оптоволоконная связь по одномодовому оптоволокну 1550нм	171
7.1.5	Интерфейс IEEE C37.94 с мультиплексором (начиная с 30-й версии ПО)	171
7.1.6	Сеть с переключением (перенаправлением) каналов передачи информации	172
7.2	Располагаемый оптический ресурс (бюджет)	174
7.3	Блоки интерфейса P590.....	175
7.3.1	Мультиплексированная связь по электрическому интерфейсу G.703 с использованием оптоволоконного кабеля и модуля P591	176
7.3.2	Мультиплексорная связь по электрическому интерфейсу V.35 с использованием вспомогательного оптоволокну и преобразователя интерфейса типа P592	176
7.3.3	Мультиплексорная связь по электрическому интерфейсу X.21 с использованием вспомогательного оптоволокну и преобразователя интерфейса типа P593	178
7.4	Настройка канала связи дифференциальной защиты	179
7.4.1	Двойная избыточность («Горячий резерв»)	179
7.5	Адресация сообщений в канале связи защиты.....	180
7.6	Переконфигурация защиты трехконцевой линии	182
7.6.1	Конфигурация пользователя	182
7.6.2	Переконфигурация при подаче питания реле	183
7.7	Источник сигналов времени.....	184
7.7.1	Внутренний источник сигналов времени	185
7.7.2	Внешний источник сигналов времени	185
7.8	Скорость передачи данных.....	185
7.9	Сигнализация при нарушении связи между реле	185
7.10	Статистика нарушений работы канала связи.....	186
7.11	Таймер задержки связи.....	186
7.12	Таймер неисправности канала связи.....	186
7.13	Режим неисправности канала связи	187

7.14	Модуль MiCOM P594 синхронизации времени по сигналам глобальной системы позиционирования (GPS).....	187
7.14.1	Выходной сигнал модуля синхронизации времени.....	188
7.14.2	Работа P594	190
7.14.3	Опции P594.....	191
7.14.4	Функциональная схема модуля синхронизации времени P594	191

1. ВВЕДЕНИЕ

1.1 Защита линий электропередачи и кабельных линий

Короткие замыкания в энергосистеме наиболее часто происходят на воздушных линиях электропередачи начиная от линий распределительной сети 10кВ и заканчивая межсистемными линиями напряжения 800кВ. Следовательно, системы релейной защиты должны обладать высокой надежностью.

Для распределительной сети наиболее важным является бесперебойное энергоснабжение потребителей электрической энергии. Большая часть замыканий на воздушных линиях электропередачи это неустойчивые или самоустраняющиеся короткие замыкания. Для повышения надежности работы системы энергоснабжения используется многократное автоматическое повторное включение в сочетании с защитами (ступенями) действующими без выдержки времени. При возникновении устойчивых повреждений наиболее важным считается селективное отключение поврежденного участка сети. Наряду с быстродействием селективное отключение повреждения является фундаментальными требованиями к системе релейной защиты распределительной сети.

Требования предъявляемые к системам релейной защиты магистральных линий электропередачи включает также обеспечение устойчивости системы. Для системы с ограниченным количеством параллельных связей может быть востребовано однофазное отключение и быстродействующее АПВ. Это в свою очередь определяет необходимость в применении быстродействующих защит для сокращения длительности аварийного режима.

Кроме этого существует большое разнообразие первичных схем соединений которые должны быть рассмотрены. Магистральные линии чаще всего это двух или трехконцевые линии, которые коммутируются через один выключатель, 1 ½ выключателя или два выключателя. Линии низкого напряжения могут быть двух или трех концевыми линиями защита которых осложняется наличием трансформатора в зоне защиты или трансформаторной отпайки.

Неблагоприятное влияние на работу защиты может оказать емкостный ток заряда линии. Эта проблема в основном связана кабельными линиями или протяженными магистральными линиями электропередачи. Защита должна сохранять полную работоспособность одновременно обеспечивая стабильность (не допуская нежелательных отключений) как при броске емкостного тока при постановке линии под напряжение так и при протекании емкостного тока в нормальном режиме работы.

При выполнении системы защиты должна учитываться физическая длина линии. Некоторые магистральные линии сверхвысокого напряжения могут иметь протяженность в несколько сотен километров. Для выполнения быстродействующей защиты на всей длине линии требуется обмен информацией между устройствами защиты установленными на концах защищаемой линии. Это не только задает повышенные требования к надежности канала связи но и определяет требования к защите в случае потери канала связи.

Возможности резервирования защит также является важной характеристикой любой системы защиты. В случае отказа оборудования, например аппаратура канала связи или отказ первичного оборудования, необходимо обеспечить альтернативные варианты локализации повреждения. Требуется обеспечить

резервную защиту которая могла бы работать с возможно меньшими выдержками времени но в то же время быть согласованной с основной защитой защищаемой линии и защитами смежных присоединений.

1.2 Реле P540

Реле серии MiCOM выполненные с использованием цифровых технологий, рассчитаны на применения для защиты различного оборудования, такого как электродвигатели, шины, фидеры, воздушные и кабельные линии электропередачи.

Конструкция всех реле предусматривает общую аппаратную платформу, что обеспечивает высокую степень унификации между устройствами. Одним из устройств в серии MiCOM является реле P540. Реле разработано с целью применения для защиты широкого диапазона линий электропередачи начиная от воздушных или кабельных линий распределительной сети до магистральных линий электропередачи сверхвысокого напряжения.

Помимо основных функций защиты в данное реле интегрированы ряд дополнительных функций облегчающих контроль работы системы и послеаварийный анализ.

1.2.1 Функции защиты

Для обеспечения различных вариантов применения предлагается 6 различных моделей реле – P541, P542, P543, P544, P545 и P546. Каждая модель может быть конфигурирована на использование на 2 или 3 концевой линии. Предлагаются как модели реле обеспечивающие одно или трех полюсное отключение (P543, P544, P545 и P546) так и реле рассчитанные только на трех полюсное отключение при всех видах повреждений (P541, P542). Модели реле P545 и P546 кроме этого могут быть использованы при использовании коммуникационных сетей с переключением каналов обмена информация между полуккомплектами защиты, например, кольцевая сеть SDH/SONET. Далее приведено обобщение функций защиты имеющихся в каждой из моделей.

- Дифференциальная защита по фазным токам – Основная функция защиты обеспечивается органом пофазной дифференциальной токовой защитой с торможением. Обеспечивается защита абсолютной селективности без выдержки времени на всем протяжении защищаемой линии.
- Торможение при броске тока намагничивания трансформатора при включении и компенсация сдвига фаз и различия коэффициентов трансформации ТТ – обеспечивается использование дифференциальной защиты трансформаторных фидеров, там где трансформатор является элементом входящим в зону защиты (только модели реле P541 и P542).
- Дистанционная защита – 3 зоны дистанционной защиты обеспечивающие параллельно работающую основную защиту или резервирование дифференциальной токовой защиты (P543, P544, P545 и P546).
- Максимальная токовая защита – четырехступенчатая резервная защита (может быть направленной в моделях реле P543, P544, P545 и P546).
- Защита от замыканий на землю – четырехступенчатая направленная или ненаправленная резервная токовая защита (может быть направленной в моделях реле P543, P544, P545 и P546).

- Чувствительная защита от замыканий на землю - четырехступенчатая направленная или ненаправленная резервная токовая защита. Защита может быть конфигурирована на работу в сети с заземлением нейтрали через дугогасящую катушку (P543, P544, P545 и P546).
- Защита от теплового перегруза – 2 ступени тепловой защиты для линий / кабеля / трансформатора
- Защита при обрыве провода – служит для определения обрыва провода линии электропередачи.
- Защита ошиновки: Применяется для схем с одним или полутора выключателями на присоединения а также для схем четырехугольника (только модели реле P544 и P546).
- УРОВ – функция резервирования отказа выключателя (две ступени).
- АПВ: функция многократного трехфазного автоматического повторного включения (P542) или многократного одно/трехфазного автоматического повторного включения (P543 и P545).
- Контроль наличия синхронизма – служит для обеспечения синхронного автоматического (АПВ) или оперативного (ручного) включения выключателей (P543 и P545).
- Прямое/разрешающее телеотключение и управление передачей данных – независимая функция передачи команд телеотключения по каналу связи защиты, плюс 8 битный сигнал для передачи от реле к реле различных команд и информации о статусе (состоянии) оборудования.
- Двойная избыточность связи – для повышения надежности работы системы защиты может быть использованы дублированные каналы связи (второй канал в качестве «горячего» резерва).
- Контроль канала связи защиты – для своевременного обнаружения неисправности канала связи дифференциальной защиты и принятия необходимых действий, например, ввод в работу резервных защит.
- Контроль исправности цепей ТН – для предотвращения неправильной работы защит связанных с цепями напряжения (P543, P544, P545 и P546).
- Графическое программирование логической схемы реле (PSL) – позволяет пользователю задать в реле логическую схему отвечающую требованиям применения для конкретного объекта.
- Прямой оптический интерфейс IEEE C.37.94 (версия ПО 30 и более поздние версии).

1.2.2 Дополнительные функции

Ниже приведен перечень дополнительных функций реле серии P540.

- Локальные/дистанционные измерения – различные измеряемые параметры ближнего и удаленного концов линии доступны для вывода на дисплей реле или по каналу последовательной связи.
- Регистраторы аварий/событий/переходных процессов – записи регистраторов доступны для чтения по каналам последовательной связи

или для вывода на дисплей реле (только записи регистраторов событий и записи аварий).

- Определение места повреждения (P543, P544, P545 и P546).
- Синхронизация часов/времени – синхронизация времени может выполняться по входу IRIG-B или по команде от SCADA систем.
- Четыре группы уставок – независимые группы уставок и логической схемы для адаптации реле к изменению режима работы электроустановки (системы).
- Контроль положения (статуса) выключателя – обеспечивается индикация несоответствия положения вспомогательных контактов выключателя.
- Управление выключателем – выполняется локально по интерфейсу человек-машина (с передней панели реле) или дистанционно по каналу связи с системой управления.
- Контроль технического состояния выключателя – обеспечивается регистрация/сигнализация достижения заданных пределов по количеству операций выключателя, суммы отключенных токов (по каждой из фаз), и отклонение от контрольного времени выполнения операции отключения/включения (только модели P541, P542, P543 и P545).
- Средства (режим) для выполнения наладочных проверок.
- Дистанционная последовательная связь – обеспечивает дистанционный доступ к реле. Поддерживаются следующие протоколы связи: MODBUS, IEC60870-5 (версия ПО 20 и более поздние версии), UCA2 DNP3.0.
- Постоянный самоконтроль – диагностика при включении питания и постоянный самоконтроль при работе для обеспечения высокой готовности и надежности в работе.
- Синхронизация времени по оптовходу (версия ПО 20 и более поздние версии).
- Выбор диапазона (уровня) напряжения срабатывания/возврата для оптоизолированных входов (версия ПО 30 и более поздние версии).

2. ПРИМЕНЕНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ ФУНКЦИЙ ЗАЩИТЫ

В следующем разделе приведено описание отдельных функций защиты с целью объяснения случаев необходимости и возможности их применения. Каждый раздел включает фрагменты соответствующих меню для демонстрации возможности задания уставок.

В каждом реле существует колонка меню именуемая 'CONFIGURATION' (ПОСТРОЕНИЕ). Поскольку уставки данного меню влияют на отдельные функции защиты, в следующем разделе приведено его описание.

2.1 Меню конфигурации

В следующей таблице приведены колонки меню конфигурации реле:

ТЕКСТ МЕНЮ	УСТАВКА ПО УМОЛЧАНИЮ	ДОСТУПНЫЕ УСТАВКИ
CONFIGURATION (ПОСТРОЕНИЕ)		
Restore Defaults (Восстановить по умолчанию)	No Operation (не выполнять)	No Operation All Settings (все уставки) Setting Group 1 (Уставки 1) Setting Group 2 (Уставки 2) Setting Group 3 (Уставки 3) Setting Group 4 (Уставки 4)
Setting Group (Группа уставок)	Select via Menu	Select via Menu (выбор через меню) Select via Optos (выбор по оптовходу_)
Save Changes (сохранить изменения)	No Operation	No Operation (не выполнять) Save (Сохранить) Abort (Отменить)
Copy From (Копировать из..)	Group 1	Group, 2,3 или 4
Copy To (Копировать в ...)	No Operation	No Operation Group 1, 2, 3 или 4
Setting Group 1 (Уставки 1)	Enabled (введено)	Enabled или Disabled
Setting Group 2 (Уставки 2)	Enabled	Enabled или Disabled
Setting Group 3 (Уставки 3)	Enabled	Enabled или Disabled
Setting Group 4 (Уставки 4)	Enabled	Enabled или Disabled
Phase Diff (Дифф. Токовая з-та)	Enabled	Enabled или Disabled
Distance (Дист. Защита)	Enabled	Enabled или Disabled
Tripping Mode (Режим откл.)	3 Pole (3-ф.)	3/1 Pole и 3 Pole
Filter Control (Управл. Фильтрами)	Enabled	Enabled или Disabled
Overcurrent (MT3)	Enabled	Enabled или Disabled

Broken Conductor (обрыв провода)	Disabled	Enabled или Disabled
Earth Fault (ЗНЗ)	Enabled	Enabled или Disabled
Sensitive E/F (ЧЗНЗ)	Disabled	Enabled или Disabled
Thermal Overload (Тепл. Перегруз)	Disabled	Enabled или Disabled
CB Fail (УРОВ)	Disabled	Enabled или Disabled
Supervision (Контроль)	Enabled	Enabled или Disabled
Fault Locator (ОМП)	Enabled	Enabled или Disabled
System Checks (Контроль системы)	Disabled	Enabled или Disabled
Auto-Reclose (АПВ)	Disabled	Enabled или Disabled
Input Labels (Наимен. Входов)	Visible	Invisible или Visible
Output Labels (Наимен. Выходов)	Visible	Invisible или Visible
CT & VT Rations (Ктт и Ктн)	Visible	Invisible или Visible
Event Recorder (Регистр. Событий)	Invisible	Invisible или Visible
Disturb Recorder (Осциллограф)	Invisible	Invisible или Visible
Measure't Setup (Настр. Измер.)	Invisible	Invisible или Visible
Comms Settings (Настр. Связи)	Visible	Invisible или Visible
Commission Tests (Реж. Проверка)	Visible	Invisible или Visible
Settings Values (Знач. уставок)	Primary	Primary или Secondary
Control Inputs (Входы управления)	Visible	Invisible или Visible
Ctrl I/P Config (Конф. Вх. Упр.) (Версия ПО не ниже 20-й)	Visible	Invisible или Visible
Ctrl I/P Labels (Наим. Вх. Управл.) (Версия ПО не ниже 20-й)	Visible	Invisible или Visible
Direct Access (прямой доступ) (Версия ПО не ниже 20-й)	Enabled	Enabled или Disabled
LCD Contrast (контраст ЖКД) (Версия ПО не ниже 20-й)	11	0-31

Таблица 1.

Назначением меню "Configuration" (Построение) является задание общей конфигурации реле выполняемой из одного меню. Функции которые в данном меню будут *выведены* из работы (Disabled) или назначены как *невидимые* (Invisible) будут отсутствовать в основном меню реле.

2.2 Дифференциальная токовая защита

Основной функций реле серии P540 является дифференциальная токовая защита в пофазном исполнении. Принцип работы защиты заключается в сравнении токов по концам защищаемой линии. Необходимым условием работы защиты является работа канала связи между полуккомплектами защиты. Реле P540 используют оптоволоконные или мультиплексированные системы связи обеспечивающие скорость передачи 56/64 кбит/с.

2.2.1 Конфигурация дифференциальной защиты

Меню конфигурации дифференциальной защиты 'I DIFF CONFIG'. Все уставки касающиеся конфигурации дифференциальной токовой защиты находятся в данном меню.

I DIFF CONFIG (КОНФ. ДИФФ.)	Уставка по умолчанию	Мин	Макс	Шаг
Scheme Set-up	2- Terminal	3 Terminal (3-концевая), 2 Terminal (2-концевая), Dual Redundant (Двойная избыточность)		
Address (адрес)	0-0	0-06 1-A, 2-A, 3-A, 4-A, 20-A 1-B, 2-B, 3-B, 4-B, 5-B,.....20-B 1-C, 2-C, 3-C, 4-C, 5-C, 20-C		
Baude Rate Ch1 (скорость кан. 1)	64kbit/s	56rbit/s, 64rbit/s		
Clock Source Ch1 (источник времени канн. 1)	Internal	Internal (внутренний), External (внешний)		
Clock Source Ch2 (источник времени канн. 2)	Internal	{Установить <i>External (Внешний)</i> если мультиплексор имеет собственные часы, в противном случае установить <i>Internal (Внутренний)</i> }		
Comm Delay Tol (см. 7.11)	0.00025c	0.00025c	0.001c	0.00005c
Comm Fail Timer (см. 7.12)	10c	0.1c	10c	0.1c
Comm Fail Mode	Channel 1+2	Channel 1, Channel 2, Channel 1+2		
Char Mod Time (см. 7.1.6.1)	0.5c	0c	0.5c	0.0001c
I Cap Correction (компесация емк. Тока) (см. 2.2.4)	Disabled	Enabled, Disabled		
Susceptible (емкостная проводимость линии) (см. 2.2.4)	10nmho*In	10nmho*In	10nmho*In	10nmho*In
Inrush Restraint (торм. При броске тока намагн.)	Disabled	Enabled, Disabled		
Vectorial Comp (группа соед.)		Yy0, Yd1, Ydy2, Yd3, Ydy4, Yd5, Yy6		
Ph CT Correction (коэфф. коррекции КТТ)	1	1	8	0.01
Re-Configuration (переконфигур.)	Three Ended	Three Ended, Two Ended (L&R1), Two Ended (L&R2), Two Ended (R1&R2)		

I DIFF CONFIG (КОНФ. ДИФФ.)	Уставка по умолчанию	Мин	Макс	Шаг
GPS Sync (См. 2.2.3.2)	Disabled	Enabled/Disabled		
Baud Rate Ch2	64 kbit/s	56kbit/s, 64kbit/s		
Comms Mode (вид связи) (версия ПО 30 и позднее)	Standard	Standard, IEEE C37.94		
Ch1 N*64kbits/s (скорость связи) (версия ПО 30 и позднее)	1	Auto, 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12		
Ch2 N*64kbits/s (скорость связи) (версия ПО 30 и позднее)	1	Auto, 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12		

Таблица 2. Таблица меню Конфигурация

2.2.2 Характеристики фазной дифференциальной токовой защиты

Базовым принципом дифференциальной токовой защиты является вычисление разницы между токами входящими и выходящими из зоны защиты. Защита срабатывает если разность токов превышает уставку дифференциального тока.

Дифференциальный ток может также появиться при внешнем коротком замыкании вследствие насыщения трансформаторов тока. Для обеспечения стабильности защиты при внешних КЗ используется принцип торможения. Данный метод основан на повышении уставки срабатывания пропорционально току сквозного замыкания. На рисунке 1 приведена характеристика срабатывания дифференциального органа реле P540.

Дифференциальный ток вычисляется как векторная сумма токов входящих в зону защиты. Тормозной ток вычисляется как среднее значение между токами по концам линии. Он вычисляется из скалярной суммы токов по концам линии деленной на два.

Все расчеты выполняются для каждой из фаз. Наибольший из трех фазных тормозных токов используется в качестве тормозного тока дифференциальных органов всех фаз.

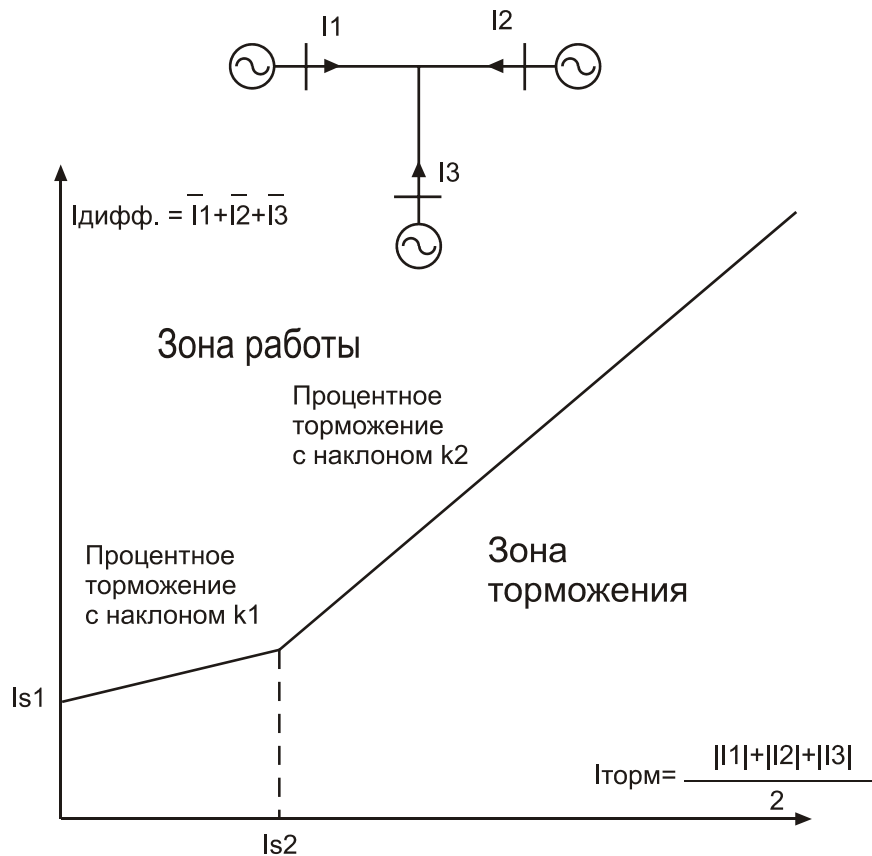


Рисунок 1: Тормозная характеристика реле

Характеристика определяется четырьмя уставками функции дифференциальной защиты:

- Is1 Базовая уставка, которая задает минимальный уровень тока дифференциального органа
- k1 Коэффициент торможения пологого участка характеристики при значениях тормозного тока менее уставки Is2. Это обеспечивает отстройку дифференциальной защиты при небольших различиях характеристик ТТ, и в тоже время при этом обеспечивается хорошая чувствительность к замыканиям через переходное сопротивление в тяжелых нагрузочных режимах.
- Is2 Уставка задающая точку перехода на торможение с коэффициентом k2.
- k2 Коэффициент торможения крутого участка тормозной характеристики, обеспечивающий отстройку дифференциальной защиты от небаланса при сквозных коротких замыканиях.

Условие отключения описывается формулой:

1. при $|I_{\text{торм.}}| < I_{s2}$,

$$|I_{\text{дифф.}}| > k1 \cdot |I_{\text{торм.}}| + I_{s1}$$

2. при $|I_{\text{торм.}}| > I_{s2}$,

$$|I_{\text{дифф.}}| > k2 \cdot |I_{\text{торм.}}| - (k2 - k1) \cdot I_{s2} + I_{s1}$$

Если дифференциальная защита одного конца линии действует на отключение, то в дополнение на противоположный конец линии посылается одноименный сигнал для отключения выключателя противоположного конца линии. Это обеспечивает надежное отключение всех концов защищаемой линии при граничных условиях (на грани срабатывания дифференциальных органов).

Дифференциальная защита может быть задана на работу с независимой или обратно зависимой время токовой характеристикой. В следующей ниже таблице приведены уставки доступные для конфигурирования дифференциальной защиты.

PHASE DIFF	Уставка по умолчанию	Мин	Макс	Шаг
Phase Is1	0.2In	0.2In	2In	0.5In
Phase Is2	2Inn	1In	30In	0.05In
Phase k1	30%	30%	150%	5%
Phase k2	150%	30%	150%	5%
Phase Char (данные характеристики см. в п. 2.6)	DT	DT (Независимая), IEC S Inverse (МЭК стандартная инверсная), IEC V Inverse (МЭК очень инверсная), UK LT Inverse (Великобритания продолжительно инверсная), IEEE M Inverse (IEEE Умеренно инверсная), IEEE V Inverse (IEEE Сильно инверсная), IEEE E Inverse (IEEE Чрезвычайно инверсная), US Inverse (США Инверсная), US ST Inverse (США Кратковременно -инверсная)		
Phase Time Delay (задержка срабатывания)	0	0с	100с	0.01с
Phase TMS	1	0.025	1.2	0.025
Phase Time Dial (30-я версия ПО и позднее)	1	0.1	100	0.05
Phase Time Dial	7	0.5	15	0.1
PIT Time (время задержки разреш. ТО)	0.2с	0с	0.2с	0.005с
Inrush High (уставка снятия торможения)	4In	4In	32In	0.01In

Таблица 3. Меню конфигурации дифференциальной защиты

2.2.3 Согласование векторов тока по времени замера

2.2.3.1 Согласование векторов тока по времени замера без использования входа GPS (традиционная техника)

Данный раздел относится к моделям реле P541, P542, P543 и P544, а также и моделям P545 и P546 если не используется спутниковая система синхронизации времени.

Для правильного расчета дифференциального тока необходимо обеспечить измерение векторов тока по концам защищаемой линии в один и тот же момент времени. Это может быть достигнуто путем выполнения выборок синхронизированных по времени или путем постоянного вычисления времени прохождения сигнала между полуконтактами защиты. Реле серии P540 адаптированы для работы по второму методу.

Рассмотрим двухконцевую линию приведенную на Рис. 2.

Два идентичных реле А и В установлены по концам защищаемой линии. Реле А выполняет выборки сигнала тока в моменты времени t_{A1} , t_{A2} и т.д., а реле В в моменты времени t_{B1} , t_{B2} и т.д. В общем случае, из-за некоторого смещения частот выборки, измерения векторов тока по концам линии выполняются не одновременно причем данное смещение во времени также не постоянно.

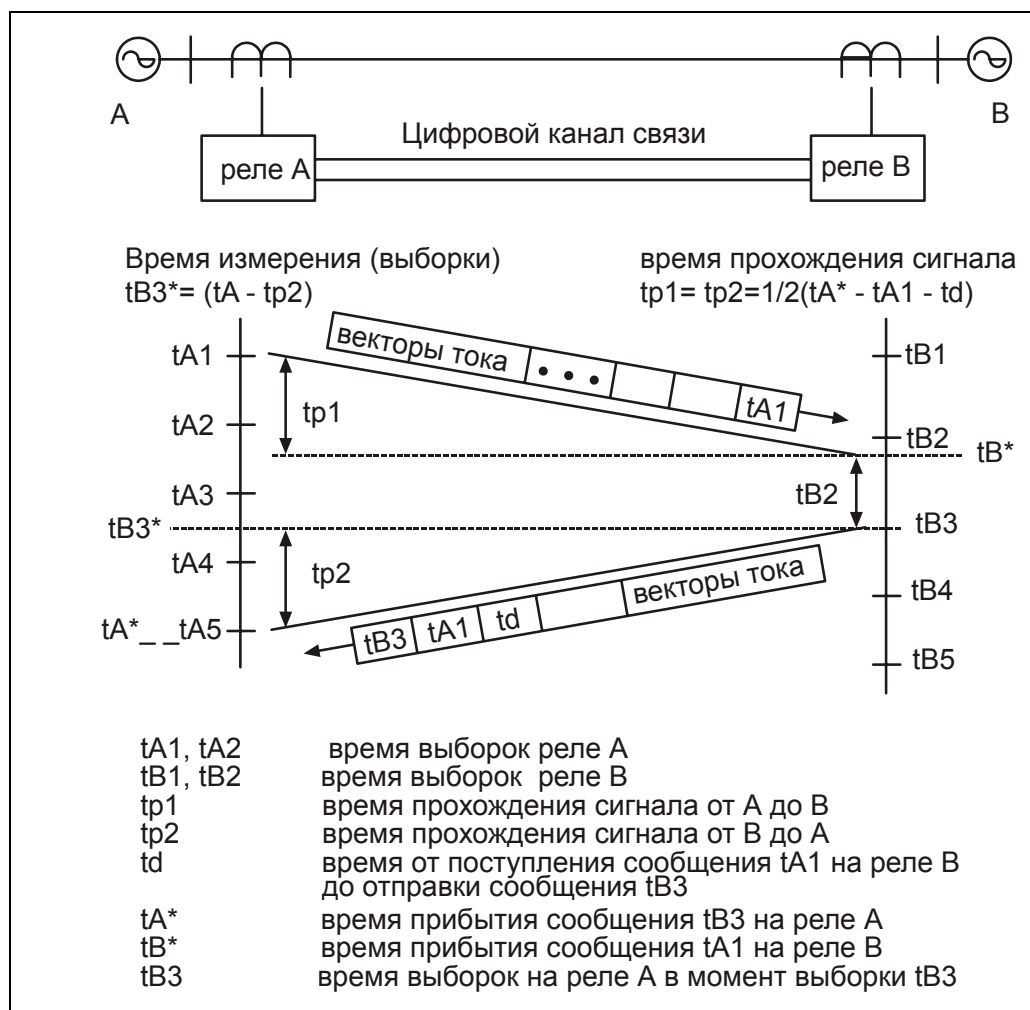


Рис.2: Измерение прохождения сигнала

Предположим что в момент времени t_{A1} реле А посылает сообщение с данными для реле В. В сообщении содержится метка времени t_{A1} , наряду с другой информацией и данными векторов тока вычисленными в момент времени t_{A1} . Сообщение поступает на реле В с задержкой на время прохождения сигнала по каналу связи, $tp1$. Реле В регистрирует момент поступления сообщения как t_{B^*} .

Поскольку реле А и реле В идентичны, то реле В также посылает данные на конец А. Предположим, что реле В посылает свои данные в момент времени t_{B3} . Следовательно в посылаемом сообщении будет содержаться метка времени отправки t_{B3} . Сообщение также возвращает последнюю метку времени полученную от реле А (т.е. t_{A1}) и выдержку времени, td , между временем приема сообщения, t_{B^*} , и временем выполнения выборки на конце В, t_{B3} , т.е. $td = (t_{B3} - t_{B^*})$.

Сообщение поступает в реле А после задержки на прохождение сигнала, $td2$. Время поступления сообщения фиксируется в реле А как t_{A^*} . По полученной обратно метке времени t_{A1} , реле А вычисляет полное истекшее время как $(t_{A^*} - t_{A1})$, которое равно сумме задержек на прохождение сигнала $tp1$, $tp2$ и выдержки td реле на стороне В.

Следовательно,

$$(t_{A^*} - t_{A1}) = (td + tp1 + tp2)$$

Реле предполагает что каналы передачи и приема идентичны по параметрам и следовательно, имеют одинаковые времена прохождения сигнала. Эти времена могут быть рассчитаны следующим образом:

$$tp1 = tp2 = \frac{1}{2} (t_{A^*} - t_{A1} - td)$$

Важно отметить, что расчет времени прохождения сигнала выполняется для каждой принимаемой выборки сигналов векторов тока и следовательно выполняется непрерывный контроль исправности канала связи.

Поскольку время прохождения сигналов определено, может быть рассчитан момент времени в который была выполнена выборка, полученная от реле В, (t_{B3^*}). Как показано на рис. 2, время выборки t_{B3^*} определяется в реле А как:

$$t_{B3^*} = (t_{A^*} - tp2)$$

На рис. 2, время t_{B3^*} это время между t_{A3} и t_{A4} . Для корректного расчета дифференциального и тормозного токов необходимо чтобы сравниваемые векторы токов по концам линии соответствовали одним и тем же моментам времени. Следовательно, полученные данные t_{B3^*} необходимо согласовать по времени с данными выборок t_{A3} и t_{A4} . Согласование выполняется путем поворота полученных векторов на угол соответствующий интервалу времени между t_{B3^*} и t_{A3} (t_{A4}). Так в случае задержки на прохождение сигнала равной 1мс, необходимо повернуть вектор на $\frac{1}{20} \times 360^\circ = 18^\circ$ в сети с частотой 50Гц.

Поскольку с каждым сообщением могут сравниваться лишь две выборки сигналов токов, это определяет минимальное время срабатывания защиты в каждом из диапазонов скорости передачи данных. Отметим также, что согласование векторов тока по времени выполняется отдельно для каждой из трех фаз.

2.2.3.2 Согласование векторов тока по времени с использованием спутниковой синхронизации времени на реле P545 и P546

Коммутируемые каналы телекоммуникаций сетей синхронной цифровой иерархии (SDH) также могут использоваться для обеспечения связи полуккомплектов реле дифференциальной защиты.

Эти цепи телекоммуникаций могут использовать гибкую топологию с возможностями «самолечения». Обычно используется топология кольцевой сети которая характеризуется возможностью «самолечения» в случае выхода из строя каналов связи между отдельными узлами сети.

Рассмотрим кольцевую топологию состоящую из 6 узлов, A-F. Предположим что наше оборудование расположено в узлах B и C. В нормальных условиях оба устройства защиты обмениваются информацией по прямым каналам связи между узлами B и C. В этом режиме время прохождения сигнала от B к C и от C к B одинаково и может быть использован описанный выше традиционный принцип согласования векторов тока по времени (см. рис.3).

В случае нарушения работы одного из каналов связи, скажем между передатчиком узла B и приемником C. Функция «самолечения» обеспечивает работу защиты путем переключения потока информации на резервный канал B, A, F, E, D и затем C (очевидно более длинный путь). В этом режиме работы времена прохождения сигналов в направлениях от C к B и от B к C будет различным, и если разность времен превысит 1 мс, традиционный метод согласования векторов тока по времени выполнения выборки описанный в п.2.2.3.1 становится неприемлемым.

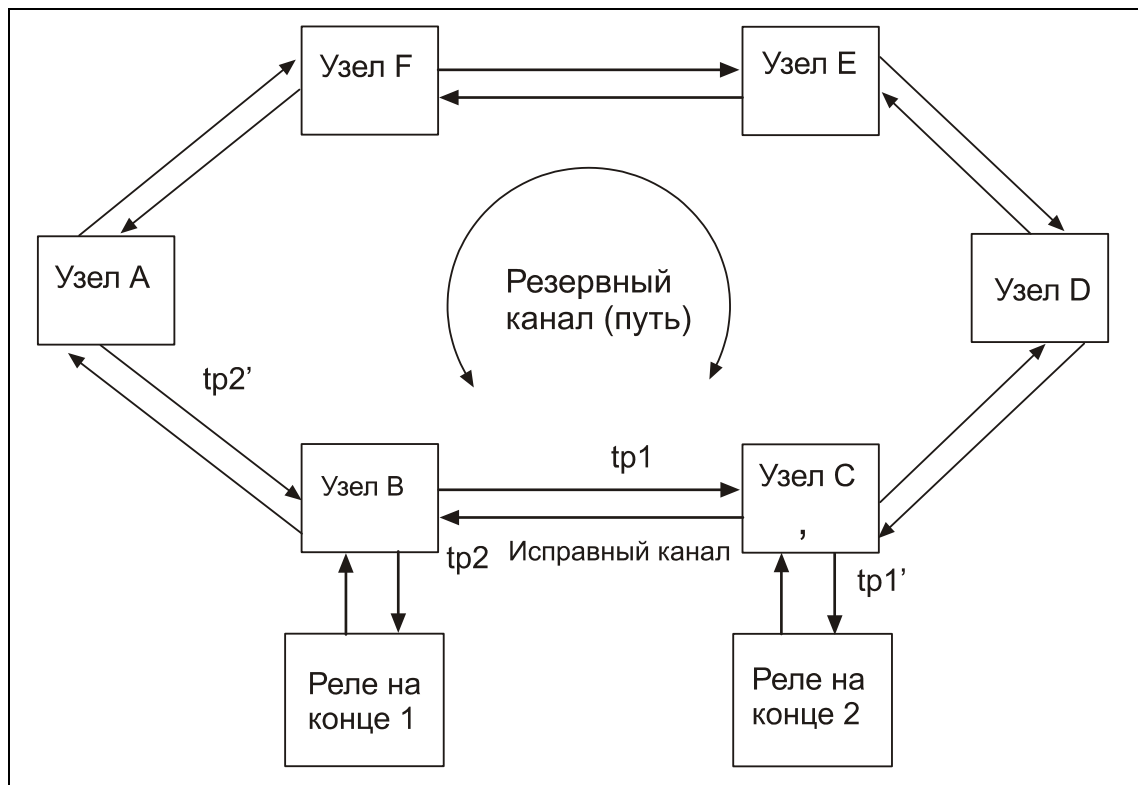


Рис. 3: Пример использования переключаемых каналов сети SDH

Модели реле P545 и P546 синхронизирующие согласование изменений с использованием глобальной спутниковой системы синхронизации времени, позволяют преодолеть проблемы традиционной технологии. Данные реле могут применяться при использовании для канала дифференциальной защиты цифровых систем телекоммуникации с временным или постоянным разделением каналов (путей) передачи данных между полуккомплектами защиты.

Импульсы синхронизации времени получаемые от приемника сигнала GPS обеспечивают выполнение выборки времени в один и тот же момент времени по концам линии. Данная технология не зависит от различия времен между каналами передачи и приема данных; изменение одного или обоих времен передачи данных не ведет к возникновению проблемы. Указанный факт делает возможным применение в качестве среды передачи информации сеть синхронизированной цифровой иерархии (SDH).

Таким образом использование технологии GPS определяется надежностью системы GPS. Рассмотрим систему аналогичную представленной на рис.1 где моменты времени выборки (t_{An} , t_{Bn}) синхронизируются с помощью сигналов синхронизации времени от системы GPS. Времена выполнения выборки по обоим концам линии будут совпадать, как показано на Рис.4. Обратите внимание, на то что пути передачи данных и соответственно времена прохождения сигналов не одинаковы.

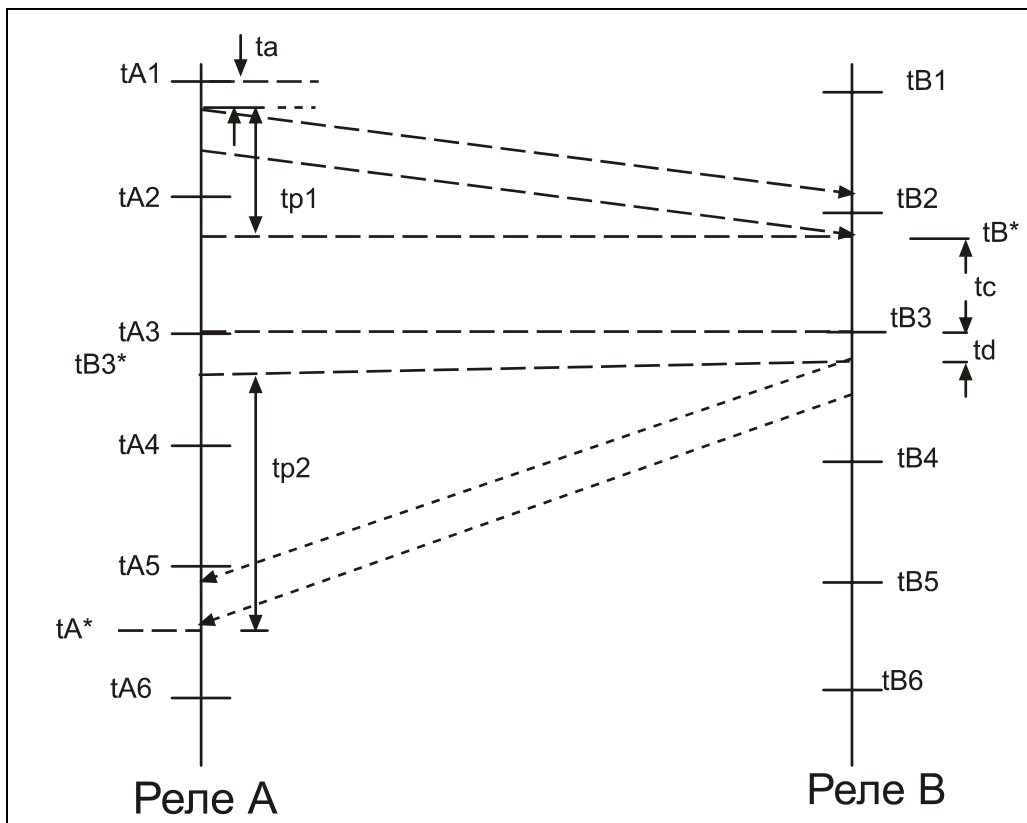


Рис. 4: Передача данных

ПРИМЕЧАНИЕ: Реле А может измерять общее истекшее время = $(tA^* - tA1)$. Оно равно сумме времен прохождения сигналов $tp1$ и $tp2$, задержка на посылку начального сообщения ta , и задержка $tc + td$ на конце В.

Следовательно $tp1+tp2 = tA^* - tA1 - ta - tc - td$

Однако, благодаря синхронизации с помощью GPS времена выборок $tA3$ выполняется в то же время что и $tB3$ (следовательно $tB3^* = tA3$) и мы имеем данные для расчета времени прохождения принимаемого сигнала

$tp2 = tA^* - tA3 - td$

и аналогичным образом реле рассчитывает время $tp1$.

В случае если сигналы синхронизации времени от GPS становятся недоступны, синхронизация выборок по концам линии теряется и выполнение выборок становится асинхронным как в существующей конструкции Реле P540. При этом по прежнему выполняется согласования векторов по времени путем измерения полного истекшего времени (как в традиционной технологии описанной в п. 2.2.3.1) и использования сохраненного в памяти реле значения $tp2$ записанного до выхода из строя сигнала синхронизации времени от GPS. Если суммарное время прохождения сигналов $tp1 + tp2$ не изменилось значительно с момента исчезновения сигналов синхронизации времени от GPS, что означает что путь передачи данных не переключался и следовательно значение $tp2$ считается достоверным. Данный метод перехода на резервный алгоритм (защищен патентом) гарантирует непрерывное сохранение в работе дифференциальной защиты даже при потере сигналов синхронизации времени от GPS. Потеря сигналов синхронизации могут быть вызваны вандализмом по отношению к спутниковой антенне, ошибками в обслуживании, экстремальных погодных условий и т.п. Обратите внимание, что работа по резервному алгоритму (при потере сигнала GPS) не требует чтобы времена $tp1$ и $tp2$ были одинаковыми.

2.2.4 Емкостный зарядный ток

Зарядный ток воздушной или кабельной линии приводит к появлению дифференциального тока. Если данный ток достигает уставки срабатывания дифференциального органа, защита может ложно подействовать на отключение. При анализе влияния на работу защиты необходимо рассматривать два ситуации: бросок тока при постановке линии под напряжения и установившийся зарядный ток.

Зарядный ток при постановке линии под напряжение в основном состоит из токов гармонических составляющих высокого порядка (например 9 и 11 гармоники). Цифровая фильтрация по методу Фурье использованная в реле серии P540 обеспечивает отстройку от этих частот и этим сохраняет стабильность дифференциальной защиты при постановке линии под напряжение.

Установившийся зарядный ток это емкостный ток промышленной частоты и следовательно он может вызвать неправильную работу дифференциальной защиты.

Для преодоления этой проблемы в реле P540 используется технология позволяющая выделить емкостный зарядный ток из измеренного значения до вычисления дифференциального тока. Для работы данной функции необходимо иметь вход измерения напряжения, которыми оснащены модели реле P543, P544, P545 и P546.

В приведенной ниже таблице показаны значения зарядного тока для воздушных и кабельных линий различных уровней напряжения.

Напряжение (кВ)	Расположение жил и расстояние между жилами	Сечение проводника, мм ²	Зарядный ток, А/км
11 кВ, кабель	Трехжильный	120	1,2
33 кВ, кабель	Трехжильный	120	1,8
33 кВ, кабель	Близкое расположение жил, в форме трилистника	300	2,5
66 кВ, кабель	Плоское расположение, 127мм	630	10
132 кВ, ВЛ	-	175	0,22
132 кВ, ВЛ	-	400	0,44
132 кВ, кабель	Трехжильный	500	10
132 кВ, кабель	Плоское расположение, 520мм	600	20
275 кВ, ВЛ	-	2 x 175	0,58
275 кВ, ВЛ	-	2 x 400	0,58
275 кВ, кабель	Плоское расположение, 205мм	1150	19
275 кВ, кабель	Плоское расположение, 260мм	2000	24
400 кВ, ВЛ	-	2 x 400	0,85
400 кВ, ВЛ	-	4 x 400	0,98
400 кВ, кабель	Плоское расположение, 145мм	2000	28
400 кВ, кабель	Расположение жил в форме трилистника, 585мм	3000	33

Таблица 4. Типовые значения зарядного тока кабельных и воздушных линий (данные Великобритании для сети 50Гц)

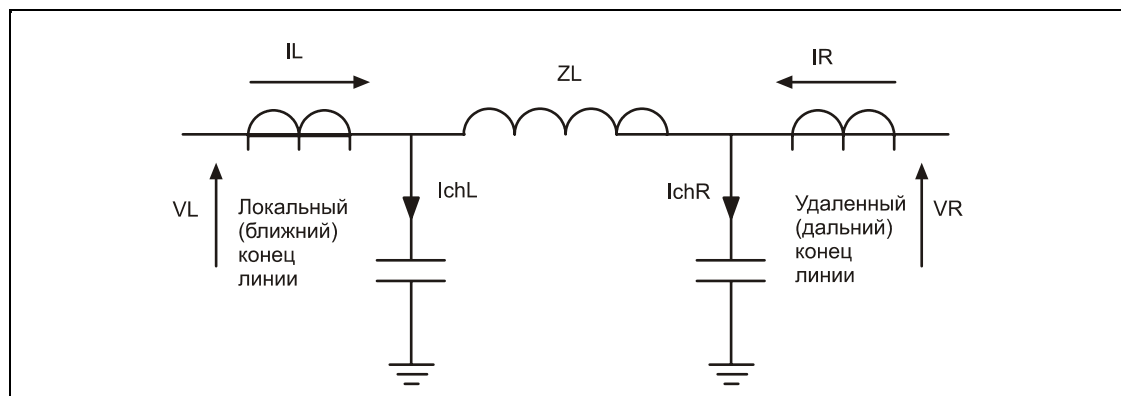


Рис. 5: Емкостный ток заряда линии

- I_L = ток в ближнем (локальном) реле
 I_R = ток в дальнем (удаленном) реле
 V_L = напряжение на ближнем конце линии

VR = напряжение на удаленном конце линии

IchL = ток заряда на ближнем конце линии

IchR = ток заряда на дальнем конце линии

При рассмотрении схемы представленной на рис. 5 очевидно что зарядный ток линии на каждом из концов равен произведению напряжения на рассматриваемом конце линии на реактивную проводимость прямой последовательности. Следовательно реле каждого конца линии имеет возможность рассчитать ток заряда и компенсировать его влияние должным образом.

Дифференциальный ток (I_d) может быть рассчитан следующим образом:

$$I_d = I_L + I_R - (jV_L B_S/2) - (jV_R B_S/2)$$

$$I_d = \{I_L - (jV_L B_S/2)\} + \{I_R - (jV_R B_S/2)\}$$

I_d = ток ближнего реле + ток удаленного реле

где B_S это реактивная проводимость прямой последовательности.

Компенсация зарядного тока может быть введена или не вводиться по желанию пользователя. Если такая компенсация вводится то обычные (нормальные) данные измеренного вектора тока в отправляемых на противоположный конец сообщениях заменяются на $\{I - (jV_R B_S/2)\}$.

При использовании реле для защиты линии с тремя концами (L – локальный, R1 – 1-й удаленный и R2 – второй удаленный) расчет дифференциального тока выполняется по следующей формуле:

$$I_d = I_L + I_{R_1} + I_{R_2} - (jV_L * B_S/3) - (jV_{R_1} * B_S/3) - (jV_{R_2} * B_S/3)$$

$$I_d = \{I_L - (jV_L * B_S/3)\} + \{I_{R_1} - (jV_{R_1} * B_S/3)\} + \{I_{R_2} - (jV_{R_2} * B_S/3)\}$$

I_d = ток ближнего реле + ток удаленного реле 1 + ток удаленного реле 2

Где B_S – полная реактивная проводимость трехконцевой линии,

Т.е. $B_S = B_S$ от L - ответвление + B_S от R₁ - ответвление + B_S от R₂ – ответвление

Ввод в работу компенсации емкостного тока заряда линии оказывает влияния на измерения токов выводимых на дисплей в меню 'Measurement 3' (ИЗМЕРЕНИЯ 3).

При использовании реле типов P541 и P542 или в случаях когда компенсация тока заряда выведена, необходимо помнить что базовая уставка дифференциальной защиты (I_{s1}) должна не менее чем в 2,5 раза превышать установившееся значение тока заряда линии во избежание возможной нежелательной работы реле.

2.2.5 Защита трансформаторных фидеров

В случае применения хорошо зарекомендовавших себя принципов дифференциальной защиты трансформаторов необходимо принять во внимание ряд важных вопросов. К ним относятся вопрос компенсации сдвига фаз между обмотками высокого и низкого напряжения трансформатора, амплитудной компенсации токов вызванный различием коэффициентов трансформации ТТ по сторонам трансформаторы, а также влияние режима работы нейтрали и схемы соединения обмоток силового трансформатора. В дополнению к данным факторам, влияние которых может быть минимизировано путем правильной конфигурацией реле, следует также рассмотреть влияние процессов

происходящих в сети в режимах нормальной эксплуатации оборудования сети. Так дифференциальный орган защит должен быть отстроен (с помощью торможения) от режимов которые могут привести к ложной работе защиты, например, при броске тока намагничивания при включении трансформатора.

В традиционной дифференциальной защите трансформатора требование по коррекции сдвига фаз и различия токов высокой и низкой сторон трансформатора выполняется соответствующим выбором схемы соединения и коэффициентами трансформации ТТ. В реле P541 и P542 требуемая компенсация выполняется с помощью программно моделируемых промежуточных трансформаторов тока. Преимуществом использования программно моделируемых промежуточных ТТ в P540 является возможность подключения к линейным ТТ соединенным в звезду или треугольник, а также возможность адаптации к различным вариантам заземления нейтрали в сети. Кроме этого реле P541 и P542 имеют функцию торможения для отстройки от броска тока намагничивания.

Следует учитывать что реле P543, P544, P545 и P546 не имеют описанной выше функции за исключением компенсации различия коэффициентов трансформации ТТ по концам защищаемой линии, и следовательно, не могут быть использованы для защиты фидеров с силовым трансформатором в зоне защиты.

2.2.5.1 Бросок тока намагничивания трансформатора и грубая уставка дифференциального органа

Бросок тока намагничивания вызывает продолжительный дифференциальный ток превышающий уставку срабатывания дифференциального органа защиты. Для предотвращения ложной работы защиты при броске тока намагничивания приняты соответствующие меры.

На рисунке 6 показана характеристика намагничивания сердечника трансформатора. Для снижения стоимости, веса и размеров оборудования, трансформаторы рассчитываются на работу вблизи точки перегиба (излома) характеристики намагничивания. Следовательно небольшое увеличение потока магнитной индукции в сердечнике трансформатора относительно рабочей точки ведет к значительному повышению тока намагничивания.

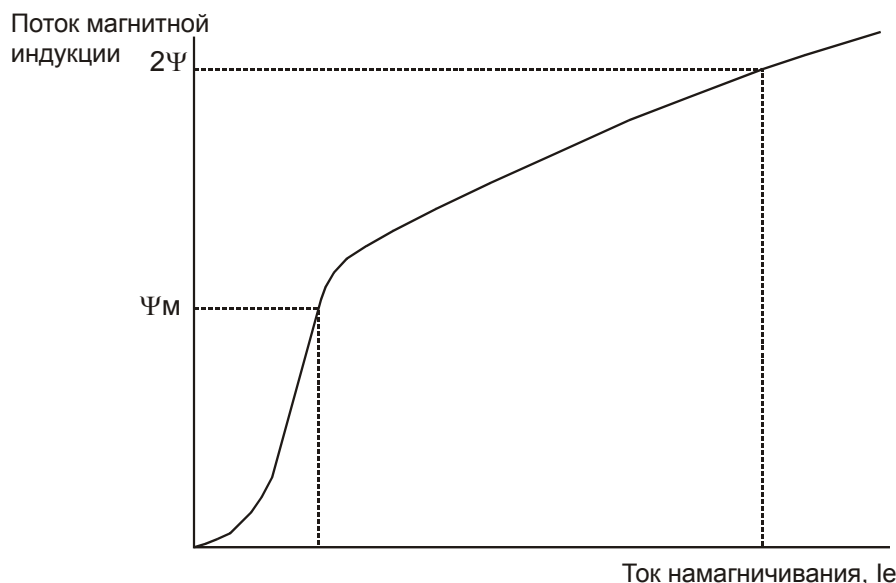


Рис. 6: Характеристика намагничивания трансформатора

В нормальном режиме работы ток намагничивания соответствующий рабочему потоку магнитной индукции в сердечнике трансформатора относительно мал (обычно менее 1% от номинального тока). Однако, если на трансформатор толчком подается напряжение, при отсутствии остаточного потока, уровень потока в первом цикле (2-кратный по отношению к номинальному) приводит к насыщению сердечника что в свою очередь приводит к появлению большого тока намагничивания несинусоидальной формы. Этот ток, именуемый броском тока намагничивания трансформатора, может сохраняться в течении нескольких периодов промышленной частоты. Величина и продолжительность броска тока намагничивания зависит от ряда факторов, таких как конструкция трансформатора, размеры сердечника, мощности системы, момента в который происходит включения (точка на кривой напряжения), количество параллельно включенных трансформаторов, и т.п. На рисунке 7 показан ток намагничивания в условиях нормальной работы и при постановке трансформатора под напряжение.

В броске тока намагничивания большой процент составляет ток второй гармоники. В реле MiCOM P541 и P542 выполняется выделение данной составляющей тока которая затем используется как дополнительная составляющая тормозного тока. Полный тормозной ток используемый реле в таком случае будет состоять из среднего тока нагрузки плюс ток кратный процентному содержанию тока второй гармоники. Коэффициент кратности обеспечивающий необходимую стабильность является заводской реле.

Если в P541 и P542 используется функция торможения при броске тока намагничивания трансформатора, то во избежание неправильной работы она должна быть введена на всех концах защищаемой линии.

Грубая уставка дифференциального органа:

Если вводится функция торможения при броске тока намагничивания трансформатора, то при этом активируется грубая (высокая) уставка дифференциального органа защиты. Данная уставка ('Id High Set') на которую не оказывает влияние процентное торможение служит для быстрого отключения коротких замыканий с большими токами повреждения в зоне защиты в условиях насыщения ТТ. Поскольку торможение при броске тока намагничивания трансформатора не оказывает влияния на работу данной уставки, она должна устанавливаться выше максимального значения ожидаемого броска тока намагничивания трансформатора. Расчет предполагаемого броска тока намагничивания представляется затруднительным. Исходя из практического опыта пиковое значение тока может достигать значений от 8 до 10 In. Для оценки наибольшего значения броска тока намагничивания можно разделить ток полной нагрузки трансформатора на реактанс утечки в относительных единицах, приводимый фирмой изготовителем трансформатора. В реле P541 и P542 предусмотрен диапазон регулирования уставки от 4In до 32In (эфф. знач.)

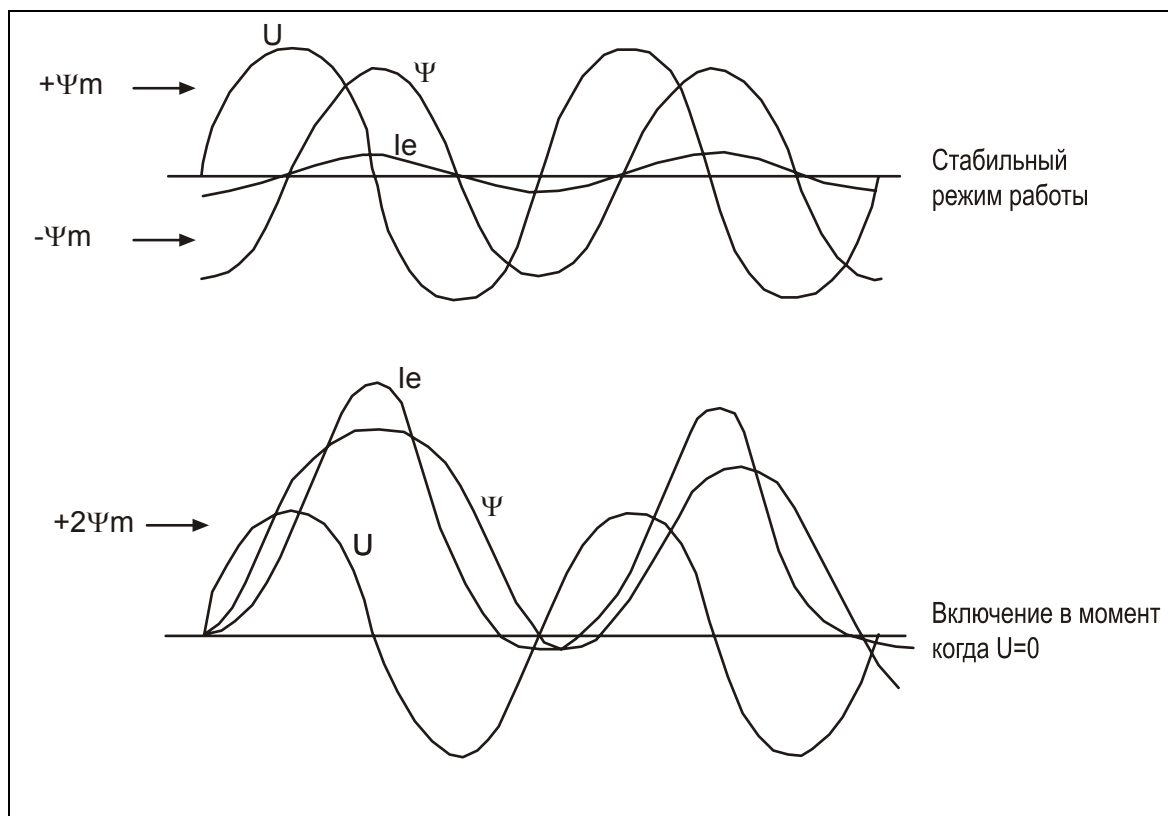


Рис. 7: Форма тока намагничивания при включении трансформатора

2.2.5.2 Коррекция коэффициентов трансформации ТТ (все модели реле)

Для обеспечения стабильности реле в нормальных нагрузочных режимах работы линии и при внешних КЗ, в дифференциальном органе защиты должен быть баланс (взаимное уничтожение) токов. В большинстве случаев первичные токи трансформаторов тока установленных на сторонах ВН и НН не совпадают с номинальными токами связанных с ними обмоток трансформатора. Для согласования токов поступающих в дифференциальный орган в реле предусмотрена программная коррекция коэффициентов трансформации. Коэффициент коррекции коэффициентов трансформации задается в диапазоне от 1 до 8 с шагом 0,01.

Для уменьшения тока небаланса вызванного регулирование с помощью РПН, согласование входов тока дифференциальных защит должно выполняться для среднего положения РПН.

Для обеспечения оптимальной чувствительности реле, скорректированные значения токов, сравниваемые в дифференциальном органе, должны быть возможно ближе к номинальному току реле. Однако, скорректированный ток не должен быть больше номинального тока реле в нормальном нагрузочном режиме.

2.2.5.3 Компенсация сдвига фаз и фильтрация тока нулевой последовательности

Для компенсации сдвига фаз между токами обмоток трансформатора необходимо обеспечить коррекцию сдвига фаз. В традиционных защитах эта коррекция

обычно обеспечивалась включением вторичных обмоток трансформаторов тока в треугольник.

Коррекция сдвига фаз в реле серии P540 выполняется путем программного моделирования промежуточных трансформаторов тока. Доступные уставки в P540 по коррекции сдвига фаз приведены в таблице 2.

В дополнение к коррекции сдвига фаз защищаемого трансформатора также необходимо имитировать распределение первичного тока нулевой последовательности в схеме защиты.

На рисунке 8 проиллюстрирована необходимость фильтрации тока нулевой последовательности для дифференциальной защиты в зоне защиты которой находится трансформатор. Обмотка силового трансформатора соединенная в треугольник является «ловушкой» для токов нулевой последовательности. Ток нулевой последовательности протекает только на стороне обмотки соединенной в звезду и следовательно вызывает появление дифференциального тока в защите.

Традиционный метод фильтрации токов нулевой последовательности заключается в соединении вторичных обмоток трансформаторов тока в треугольник. В реле серии P540 фильтрация тока нулевой последовательности выполняется автоматически программным способом если задается соединение обмоток в треугольник для моделируемого промежуточного ТТ. Если при внешнем замыкании в обмотке защищаемого трансформатора будет протекать ток нулевой последовательности, необходимо использовать один из методов фильтрации тока нулевой последовательности в схеме дифференциальной защиты. Данная фильтрация также необходима если в зоне защиты находятся трансформаторы заземления.

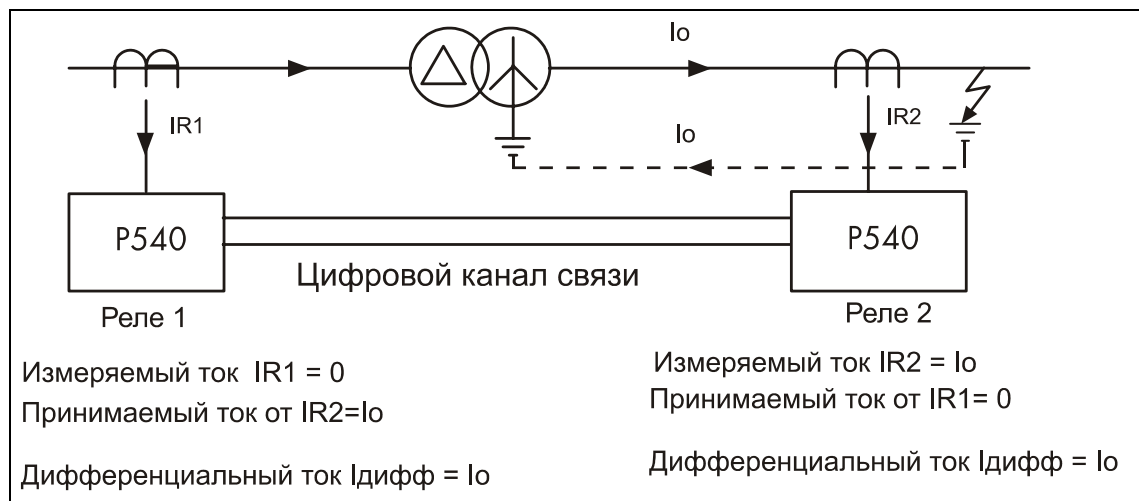


Рис. 8 : Влияние тока нулевой последовательности на работу дифференциальной защиты при замыкании вне зоны защиты

В таблице 5 приведены примеры уставок компенсации сдвига фаз.

Схема соединения обмоток трансформатора	Сдвиг фаз	Компенсация сдвига фаз (уставка реле)	
		ВН (HV)	НН (LV)
Dy1	-30^0	Yy0 (0 град.)	Yd11 (+30 град.)
Yd1	-30^0	Yd1 (-30 град.)	Yy0 (0 град.)

Схема соединения обмоток трансформатора	Сдвиг фаз	Компенсация сдвига фаз (уставка реле)	
		ВН (HV)	НН (LV)
Dy5	-150 ⁰	Yy0 (0 град.)	Yd7 (+150 град.)
Yd5	-150 ⁰	Yd5 (-150 град.)	Yy0 (0 град.)
Dy7	+150 ⁰	Yy0 (0 град.)	Yd5 (-150 град.)
Yd7	+150 ⁰	Yd7 (+150 град.)	Yy0 (0 град.)
Dy11	+30 ⁰	Yy0 (0 град.)	Yd1 (-30 град.)
Yd11	+30 ⁰	Yd11 (+30 град.)	Yy0 (0 град.)

Таблица 5. Пример уставок компенсации сдвига фаз

2.2.6 Переконфигурация реле для с 3-х на 2-х концевую линию

Реле P540 может быть конфигурировано для использования в качестве защиты для двух или трехконцевой линии. Это позволяет применить реле для защиты двухконцевой линии которая может быть в будущем стать трехконцевой линией. Поскольку в реле должны быть изменены только уставки конфигурации при переводе реле на работу на трехконцевой линии, реле не требует изменений аппаратного характера, при добавлении еще одного конца защищаемой линии, при условии что уже имеются два оптоволоконных канала связи защиты.

Для переконфигурирования защиты имеются следующие уставки:

- ‘Three ended’ (3-концевая)
- ‘Two ended local and remote 1’ (2-концевая, локальное и удаленное реле 1) (L&R1)
- ‘Two ended local and remote 2’ (2-концевая, локальное и удаленное реле 2) (L&R2)
- ‘Two ended remote 1 and remote 2’ (2-концевая, удаленное 1 и удаленное реле 2) (R1&R2)

Прежде чем может быть инициирована команда конфигурации, необходимо активировать оптоизолированные входы “reconfiguration interlock” (блокировка при переконфигурации) и “Inhibit Current Differential” (Запрет работы дифференциальной токовой защиты). Последний вход блокирует отключение от дифференциальной токовой защиты от всех трех реле обеспечивая стабильность защиты в процессе переконфигурации.

При этом необходимо обеспечить отключение конца линии который должен быть исключен в новой конфигурации прежде чем инициировать команду изменения конфигурации. Если этого не будет сделано, то ток протекающий по концу выведенному из конфигурации остальными реле будет восприниматься как ток повреждения, что может привести к излишней работе реле на отключение.

Если новая уставка конфигурации задаваемая на локальном реле “L&R1” или “L&R2”, то выходы отключения двух реле «двухконцевой линии» остаются заблокированы пока на локальном реле активирован вход “Inhibit Current Differential” (Запрет работы дифференциальной токовой защиты). Оптовод “inhibit trip/alarm outputs” (запрет выходов отключения/сигнализации) должен быть деактивирован для снятия запрета после завершения процедуры переконфигурации. Если же

новая уставка конфигурации локального реле “R1&R2”, то выходные контакты двух удаленных реле не блокируются поскольку они будут игнорировать все команды от локального реле.

Схема защиты может быть вновь переведена в режим работы на трехконцевой линии путем выбора уставки “three ended” (трехконцевая) на любом терминале защиты. Это произойдет независимо от статуса оптовоходов, но при условии что обнаружен «здоровый» канал связи защиты.

2.2.7 Подстанции со схемой четырехугольник и 1 ½ выключателями на присоединение

При присоединении линии к шинам подстанции по схеме четырехугольник или через 1½ выключателя, как показано на рисунке 9, имеется два варианта подключения трансформаторов тока к реле. Первый способ (цепь “А”) это параллельное подключение двух комплектов трансформаторов тока к одному входу реле. Второй способ (цепь “В”) это использование отдельного входа для каждого комплекта ТТ. Реле P544 и P546 имеют дополнительные входы для подключения дополнительных комплектов ТТ.

В случае возникновения КЗ, как показано на рисунке, по реле подключенном к цепи «А» не протекает ток и, следовательно, реле остается стабильным. Однако следует отметить, что в таком случае в данном реле также не вычисляется и тормозной ток. Для обеспечения стабильности реле необходимо чтобы оба комплекта трансформаторов тока были возможно близки по всем характеристикам и одинаково нагружены, поскольку реле подключается в эквипотенциальной точке вторичных цепей ТТ.

В реле подключенном к цепи «В» также не вычисляется дифференциальный ток. Однако в отличие от реле подключенном к цепи «А» в данном реле вычисляется большой тормозной ток обеспечивающий высокую стабильность при сквозных КЗ. Кроме этого наличие тормозного тока обеспечивает стабильность реле при использовании ТТ с несколько отличающимися характеристиками. Следовательно для таких случаев применения предпочтительным является подключение по варианту «В» и соответственно рекомендуется использование реле типа P544 или P546.

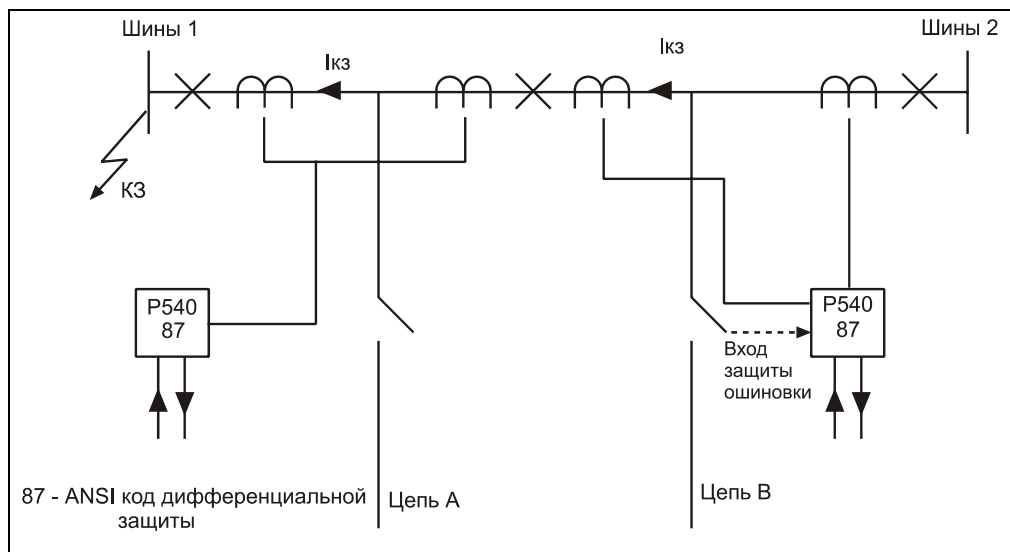


Рис.9: Подключение ТТ на ПС с 1½ выключателя на присоединение

2.2.8 Защита ошиновки

Реле P544 и P546 имеют функцию защиты ошиновки. При отключении линейного разъединителя его блок контакт может быть использован для активирования оптовхода реле используемого для ввода защиты ошиновки. При введенной защите ошиновки устанавливаются нулевые значения для всех токов передаваемых к удаленному реле и принимаемых от него. Защита теперь представляет дифференциальную защиту ошиновки.

При замыканиях в зоне защиты реле действует на отключение двух выключателей на ближнем конце линии. При работе в режиме защиты ошиновки реле не посылает на удаленное реле сигнал дублирующий отключение от дифференциальной защиты.

2.2.9 Отпайки на линии

При использовании на линии отпайек с трансформаторами питания нагрузки не всегда необходимо устанавливать трансформаторы тока на отпайке. Если нагрузка отпайки незначительна, то дифференциальная защита конфигурируется только для защиты основной линии. Использование уставок 'Phase Char', 'Phase Time Delay' (выдержка времени срабатывания дифференциальной защиты) и 'TMS' (коэффициент множителя времени) или 'Time Dial' (кратность времени) приведенными в таблице 3 позволяет отстроить дифференциальную защиту линии от максимальных токовых защит с зависимой выдержкой времени (IDMT) или предохранителей установленных на отпайке. Это обеспечивает стабильность дифференциальной защиты при внешних КЗ за трансформатором отпайки.

2.2.10 Дополнительные вопросы применения защиты

2.2.10.1 Минимальный ток срабатывания

Следует отметить что минимальный ток срабатывания связан но не равен уставке I_{s1} .

Рассмотрим случай одностороннего питания места повреждения с током КЗ I , без тока нагрузки:

$$|I_{\text{дифф.}}| = I$$

$$|I_{\text{торм.}}| = \frac{1}{2} I$$

Предположим что $|I_{\text{торм.}}| < I_{s2}$, тогда используя уравнение в п.2.1 реле сработает если:

$$|I_{\text{дифф.}}| > k_1 * |I_{\text{торм.}}| + I_{s1} \quad \text{или}$$

$$I > k_1 * \frac{1}{2} I + I_{s1} \quad \text{или}$$

$$I > I_{s1} / (1 - 0.5 k_1)$$

Следовательно минимальный ток срабатывания является функцией уставок I_{s1} и k_1 . Поскольку рекомендуемое значение уставки k_1 составляет 30%, минимальный ток (при этой уставке) составит:

$$I_{\text{min}} = 1.176 I_{s1}$$

Для большинства случаев применения минимальное рекомендуемое значение уставки составляет 0,2 о.е. При этом порог чувствительности реле составит 0,235о.е.

2.2.10.2 Чувствительность реле в условиях тяжелых нагрузочных режимов

Чувствительность реле определяется заданной уставкой и величины тока нагрузки системы. Для трехконцевой линии, реле по концам X, Y и Z можно применимы следующие уравнения:

$$|I_{\text{дифф.}}| = |I_x + I_y + I_z|$$

$$|I_{\text{торм.}}| = \frac{1}{2} (|I_x| + |I_y| + |I_z|)$$

Предположим, что ток нагрузки I_L протекает от конца X к Y и Z. Предположим также, что в зоне защиты возникает короткое замыкание с током КЗ I_F , питающееся только со стороны конца X. Рассмотрим самый тяжелый случай, когда ток КЗ I_F совпадает по фазе с током нагрузки I_L :

$$I_x = I_L + I_F$$

$$I_y = -y I_L, \text{ где } 0 < y < 1$$

$$I_z = -(1 - y) I_L$$

$$|I_{\text{дифф.}}| = |I_F|$$

$$|I_{\text{торм.}}| = |I_L| + \frac{1}{2} |I_F|$$

Чувствительность реле при $|I_{\text{торм.}}| < I_{s2}$:

Для $|I_{\text{торм.}}| < I_{s2}$ реле срабатывает при условии что $|I_{\text{дифф.}}| > k_1 * |I_{\text{торм.}}| + I_{s1}$

Или $|I_F| > k_1 (|I_L| + 0.5 |I_F|) + I_{s1}$

Или $(1 - 0.5 k_1) |I_F| > (k_1 |I_L| + I_{s1})$

Или $|I_F| > (k_1 |I_L| + I_{s1}) / (1 - 0.5 k_1)$

При заданных уставках $I_{s1} = 0.2$ о.е., $k_1 = 30\%$ и $I_{s2} = 2.0$ о.е., получим:

1. при токе нагрузки $|I_L| = 1.0$ о.е., реле срабатывает при $|I_F| > 0.59$ о.е.

2. при токе нагрузки $|I_L| = 1.59$ о.е., реле срабатывает при $|I_F| > 0.80$ о.е.

При токе КЗ $|I_F| = 0.80$ о.е и токе нагрузки $|I_L| = 1.59$ о.е, тормозной ток составляет $|I_{\text{торм.}}| = 1.99$ о.е., что является границей участка тормозной характеристики с коэффициентом торможения k_1 .

Чувствительность реле при тормозном токе $|I_{\text{торм.}}| < I_{s2}$:

При тормозном токе $|I_{\text{торм.}}| < I_{s2}$ реле срабатывает при условии если

$$|I_{\text{дифф.}}| > k_2 |I_{\text{торм.}}| - (k_2 - k_1) I_{s2} + I_{s1}$$

Или $|I_F| > k_2 (|I_L| + 0.5 |I_F|) - (k_2 - k_1) I_{s2} + I_{s1}$

Или $(1 - 0.5 k_2) |I_F| > (k_2 |I_L| - (k_2 - k_1) I_{s2} + I_{s1})$

Или $|I_F| > (k_2 (|I_L| - (k_2 - k_1) I_{s2} + I_{s1}) / (1 - 0.5 k_2)$

При заданных уставках $I_{s1} = 0.2$ о.е., $k_1 = 30\%$, $I_{s2} = 2.0$ о.е. и $k_2 = 100\%$ получим:

1. при токе нагрузки $|I_L| = 2.0$ о.е., реле срабатывает при $|I_F| > 1.6$ о.е.
2. при токе нагрузки $|I_L| = 2.5$ о.е., реле срабатывает при $|I_F| > 2.6$ о.е.

Работа реле при замыканиях через переходное сопротивление:

Предположим что переходное сопротивление в точке КЗ R_F намного больше чем импеданс линии и импеданс системы, тогда для сети напряжением 33кВ и ТТ 400/1 получим:

$$\begin{aligned}
 |I_F| &= (V_{ph-n} / R_F) * (1/K_{тт}) \text{ о.е.} \\
 &= ((33000 / \sqrt{3}) / R_F) / 400 \text{ о.е.} \\
 &= 47.63 / R_F \text{ о.е.}
 \end{aligned}$$

Основываясь на проведенных расчетах, реле реагирует на ток короткого замыкания превышающий 0.59 о.е. при токе нагрузки 1о.е. В этом случае переходное сопротивление в точке КЗ не должно быть не более $47.63/0.53 = 81\text{Ом}$.

При кратковременной перегрузке в 2.0 о.е., реле способно определить появление КЗ с переходным сопротивлением в точке КЗ не более $47.63/1.6 = 30 \text{ Ом}$.

2.2.11 Примеры уставок

2.2.11.1 Дифференциальный орган

Все четыре уставки доступны для регулирования пользователем. Эта гибкость в задании уставок позволяет задать характеристику реле обеспечивающую необходимую чувствительность и соответствовать требованиям в отношении ТТ. Для облегчения процедуры выбора уставок мы настоятельно рекомендуем фиксированные значения для следующих уставок:

$$\begin{aligned}
 I_{s1} &= 2.0 \text{ о.е.} \\
 k1 &= 30\% \\
 k2 &= 150\% \text{ (для 2-концевой линии) или } 100\% \text{ (для 3-концевой} \\
 &\text{линии)}
 \end{aligned}$$

Данные уставки пригодны для любых случаев применения реле. Остается лишь одна уставка I_{s1} , которая должна быть определена пользователем. Величина данной уставки должна обеспечивать отстройку от небаланса вызванного различием характеристик первичного оборудования по концам защищаемой линии, если таковые имеются, а также, в необходимых случаях, учитывать влияние емкостного тока заряда линии.

Рассмотрим сеть приведенную на рис. 10 и рассчитаем для нее уставки дифференциальной защиты.

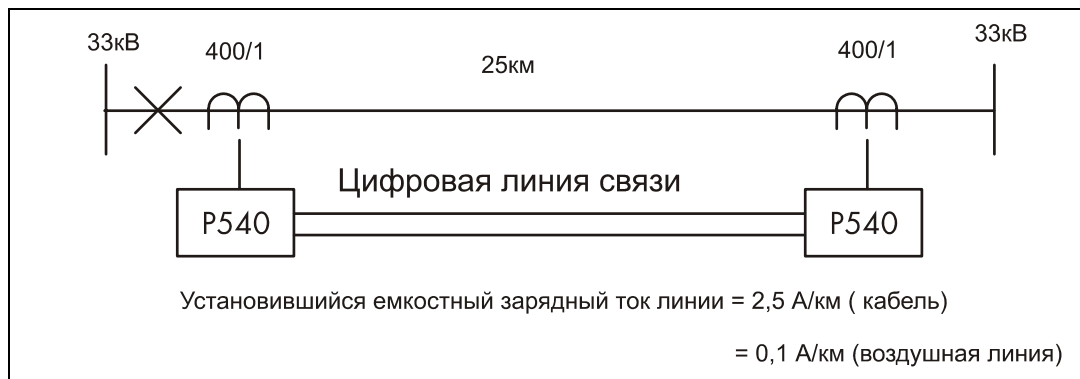


Рис. 10: Типовой фидер

Рекомендованные (ранее) уставки:

$$\begin{aligned} I_{s2} &= 2.0 \text{ о.е.} \\ k1 &= 30\% \\ k2 &= 150\% \end{aligned}$$

Остается определить уставку I_{s1} .

При использовании реле P541 отсутствует возможность учесть влияние зарядного тока линии. Следовательно уставка I_{s1} должна быть установлена в 2,5 раза больше установившегося значения тока заряда. Предполагая что в нашей сети используется кабельная линия электропередачи:

$$\begin{aligned} I_{s1} &> 2.5 \times I_{зар.} \\ I_{s1} &> 2.5 \times (25 \text{ км} \times 2.5 \text{ А/км}) \\ I_{s1} &> 156.25 \text{ А} \end{aligned}$$

Номинальный ток трансформаторов тока линии 400А. Следовательно уставка I_{s1} должна быть не менее $156.25/400 = 0.391$ о.е.

Следовательно выбираем значение уставки:

$$I_{s1} = 0.4 \text{ о.е.}$$

При использовании реле P543 пользователь имеет возможность учесть влияние емкостного тока заряда линии. В этом случае необходимо ввести значение реактивной проводимости прямой последовательности. Это значение может быть определено исходя из емкостного тока заряда линии следующим образом (предполагаем что коэффициент трансформации ТН составляет 33кВ/100В):

$$\begin{aligned} I_{зар.} &= 25 \times 2.5 \text{ А} = 62.5 \text{ А} \\ \text{Реактивная проводимость } B &= \omega C = I_{зар.} / V \\ B &= 62.5 \text{ А} / (33 / \sqrt{3}) \text{ кВ (перв.)} \\ B &= 3.28 \times 10^{-3} \text{ Сим. (перв.)} \end{aligned}$$

Следовательно задаем значение:

$$B = 3.28 \text{ мСим перв. (=2.46 мСим втор.)}$$

При необходимости уставка I_{s1} может быть задана ниже значения установившегося значения емкостного тока заряда линии, однако предлагается задавать значение уставки I_{s1} ниже тока заряда настолько насколько необходимо для обеспечения необходимой чувствительности к замыканиям через переходное сопротивление, как описано в п. 2.2.10. Если емкостный ток заряда незначителен или пренебрежимо мал, рекомендуется использовать (заводскую) уставку по умолчанию $0,2 I_n$.

2.2.11.2 Пример уставок для трансформаторного фидера

Пример коррекции различия коэффициентов трансформации

Реле P541 может быть применено для защиты трансформаторного фидера. Пример сети показан на рис. 11.

Трансформатор 20 МВА, схема соединения обмоток Dyn1, ВН/НН 33/11 кВ

Ктт стороны ВН 400/1

Ктт стороны НН 1500/1

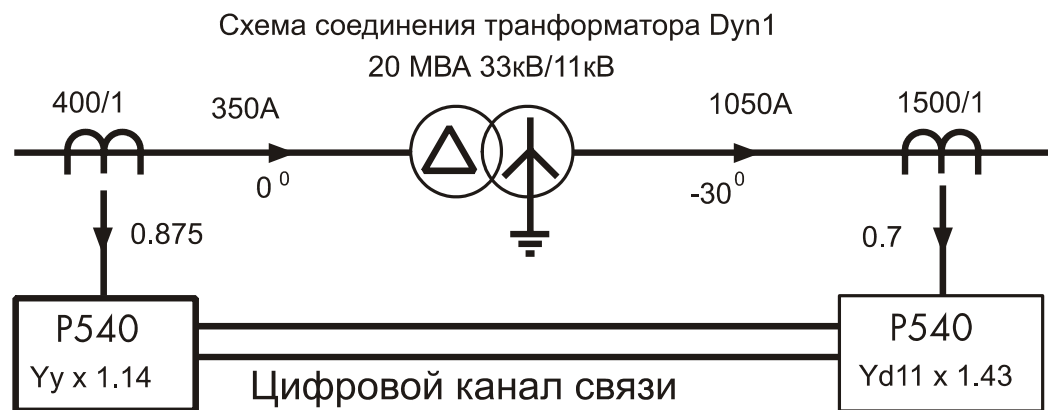


Рис. 11: Типовой трансформаторный фидер

Выполняем расчет коэффициентов коррекции Ктт которые должны быть установлены на реле по концам защищаемой линии.

Сторона 33кВ, полный нагрузочный ток = $20\text{MVA} / (33\text{kV} * \sqrt{3}) = 350 \text{ A}$

Вторичный ток = $350 * 1/400 = 0.875 \text{ A}$

Сторона 11кВ, полный нагрузочный ток = $20\text{MVA} / (11\text{kV} * \sqrt{3}) = 1050 \text{ A}$

Вторичный ток = $1050 * 1/1500 = 0.7 \text{ A}$

Каждый из полученных вторичных токов должен быть приведен к номинальному току реле; в нашем случае это 1А.

Сторона ВН, коэффициент коррекции $1/0.875 = 1.14$ (уставка задается в реле)

Сторона НН, коэффициент коррекции $1/0.7 = 1.43$ (уставка задается в реле)

Если программно моделируемый ТТ выбран с соединением обмоток Звезда/Треугольник, не требуется принимать во внимание коэффициент $\sqrt{3}$

который применяется к обмотке соединенной в треугольник. Это выполняется в реле.

Пример коррекции сдвига фаз:

Для рассмотренного случая представленного на рис.11 необходимо скорректировать сдвиг фаз между токами стороны высокого и низкого напряжения.

При данной схеме соединения обмоток известно что ток линии со стороны обмотки высокого напряжения соединенной в треугольник опережает ток стороны низкого напряжения на 30° . Для того чтобы сдвиг фаз не вызывал дифференциальный ток необходимо выполнить коррекцию сдвига фаз со стороны обмотки низкого напряжения трансформатора. Программно моделируемый промежуточный ТТ эффективно воспроизводит схему соединения обмоток силового трансформатора. При этом не только компенсируется сдвиг фаз $+30^{\circ}$, но и выполняется фильтрация тока нулевой последовательности на стороне НН.

Отсюда следует, что на реле подключенном со стороны ВН не требуется коррекции сдвига фаз или фильтрация тока нулевой последовательности (поскольку обмотка соединена в треугольник). Коррекция сдвига фаз на $+30^{\circ}$ и фильтрация тока нулевой последовательности выполняется только на реле подключенном со стороны обмотки низкого напряжения (поскольку обмотка соединена в звезду).

Уставки коррекции сдвига фаз:

Реле стороны HV (ВН) = $Yy0$

Реле стороны LV (НН) = $Yd11 (+30^{\circ})$

При использовании программно моделируемого промежуточного ТТ принимать во внимание не только сдвиг фаз который необходимо компенсировать но и учитывать необходимость в фильтрации тока нулевой последовательности. Так для трансформатора приведенного на рис.11 для компенсации сдвига фаз можно было бы задать на реле уставки $Yd1$ и $Yy0$ для реле ВН и НН соответственно. Хотя заданные уставки обеспечивают компенсацию сдвига фаз, но они не обеспечивают фильтрацию тока нулевой последовательности на стороне НН, что может привести к неправильной работе реле при внешних замыканиях сопровождающихся протеканием тока нулевой последовательности по заземленной нейтрали силового трансформатора.

2.2.11.3 Пример уставок для 3-концевой линии

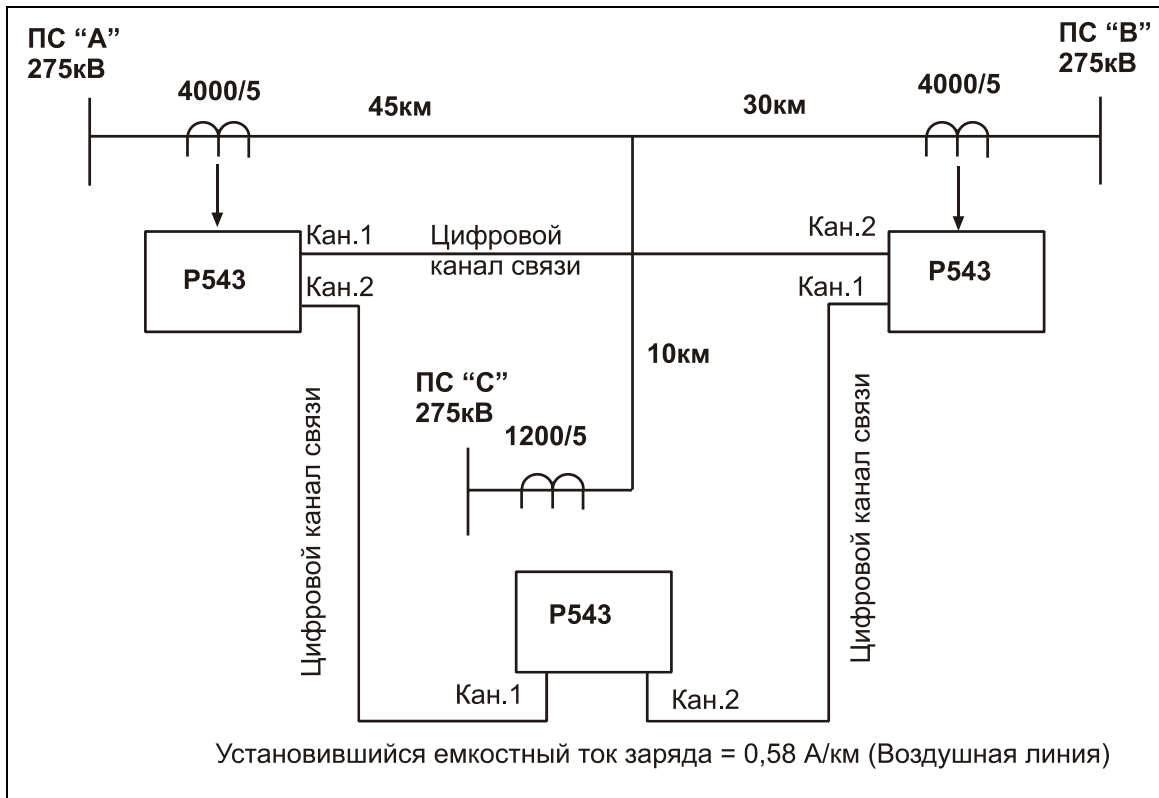


Рис. 12: Типовое применение для 3-концевой линии

Если в качестве реле защиты используются терминалы P541 или P542 не имеющие функции отстройки от емкостного тока заряда линии, уставка I_{s1} задается на уровне не менее 2,5 кратного тока заряда.

При использовании терминалов P543, P544 и P546 имеющих функции компенсации влияния емкостного тока заряда линии, необходимо рассчитать и ввести в реле значение реактивной проводимости прямой последовательности.

Исходя из величины удельного тока заряда сети приведенной на рис.14 выполним следующие расчеты:

$$I_{зар} = 0.58 \text{ А} (45 + 30 + 10) = 49.3 \text{ А}$$

$$\text{Проводимость} = \omega C = I_{зар} / V$$

$$B = 49.3 \text{ А} / (275 / \sqrt{3}) \text{ кВ перв.}$$

$$B = 0.31 \times 10^{-3} \text{ Сим. перв.}$$

Если по концам линии использованы ТТ с различными коэффициентами трансформации, необходимо вычислить и задать в реле необходимые коэффициенты коррекции, для обеспечения баланса вторичных токов во всех режимах работы:

При расчете коэффициента коррекции (CF) используется один и тот же первичный ток даже если этот ток не является током нагрузки по каждой из ветвей линии. Это необходимо для обеспечения баланса вторичных токов во всех режимах.

Хорошим подходом к расчету коэффициентов коррекции является использование в качестве базового значения первичный номинальный ток трансформатора тока с наименьшим коэффициентом трансформации. В нашем случае для приведения вторичных токов к номинальным токам входов реле мы используем первичный номинальный ток ТТ со стороны ПС «С»:

Для реле со стороны ПС «А» 1200А

$$\text{Вторичный ток} = 1200 \times 5/4000 = 1.5 \text{ А}$$

$$\text{CF} = 5/1.5 = 3.33$$

Для реле со стороны ПС «В» 1200А

$$\text{Вторичный ток} = 1200 \times 5/4000 = 1.5 \text{ А}$$

$$\text{CF} = 5/1.5 = 3.33$$

Для реле со стороны ПС «С» 1200А перв. = 5А втор.

$$\text{Вторичный ток} = 1200 \times 5/1200 = 5 \text{ А}$$

$$\text{CF} = 5/5 = 1$$

Как упомянуто в примере п. 2.2.11.1, рекомендуются следующие уставки:

$$I_{s1} = 0.2 I_n$$

$$I_{s2} = 2 I_n$$

$$k1 = 30\%$$

$$k2 = 150\%$$

Следовательно, вторичные уставки для каждого из концов линии следующие:

$$I_{s1} = 0.2 I_n = 1 \text{ А}$$

$$I_{s2} = 2 I_n = 10 \text{ А}$$

Обратите внимание, что уставки выраженные в первичных значениях для концов А и В значительно отличаются от конца С. Но это не проблема, поскольку токи на концах А и В будут умножаться на коэффициент коррекции, при вычислении дифференциального тока. Необходимость в пересчете уставки с использованием коэффициента коррекции вызвана тем что реле работает с вторичными токами.

Уставки проводимости:

Для реле со стороны ПС «А» и «В»

Для ТН 275кВ/110В и ТТ 4000/5 :

$$R_{CT} (K_{TT}) = 800$$

$$R_{VT} (K_{TN}) = 2500$$

$$B = 310 \text{ мкСим}$$

$$\text{Вторичное значение проводимости} = 310 \text{ мкСим} \times R_{VT} / R_{CT} = 968 \text{ мкСим.}$$

Для реле со стороны ПС «С»

Для ТН 275кВ/110В и ТТ 1200/5 :

$B = 310 \text{ мкСим}$

Вторичное значение проводимости = $310 \text{ мкСим} \times RVT / RCT = 3.22 \text{ мСим}$.

2.2.11.4 Пример с трехобмоточным трансформатором в зоне защиты

Пример использования реле моделей P541 и P542 для защиты сети с 3-обмоточным трансформатором в зоне защиты приведен на рис.14.

Трансформатор 100MVA/100MVA/30MVA, схема Yyn0d1, 400кВ/110кВ/30кВ

ВН, 400кВ, КТТ = 600/1

СН, 110кВ, КТТ = 1200/1

НН, 30кВ, КТТ = 2000/5

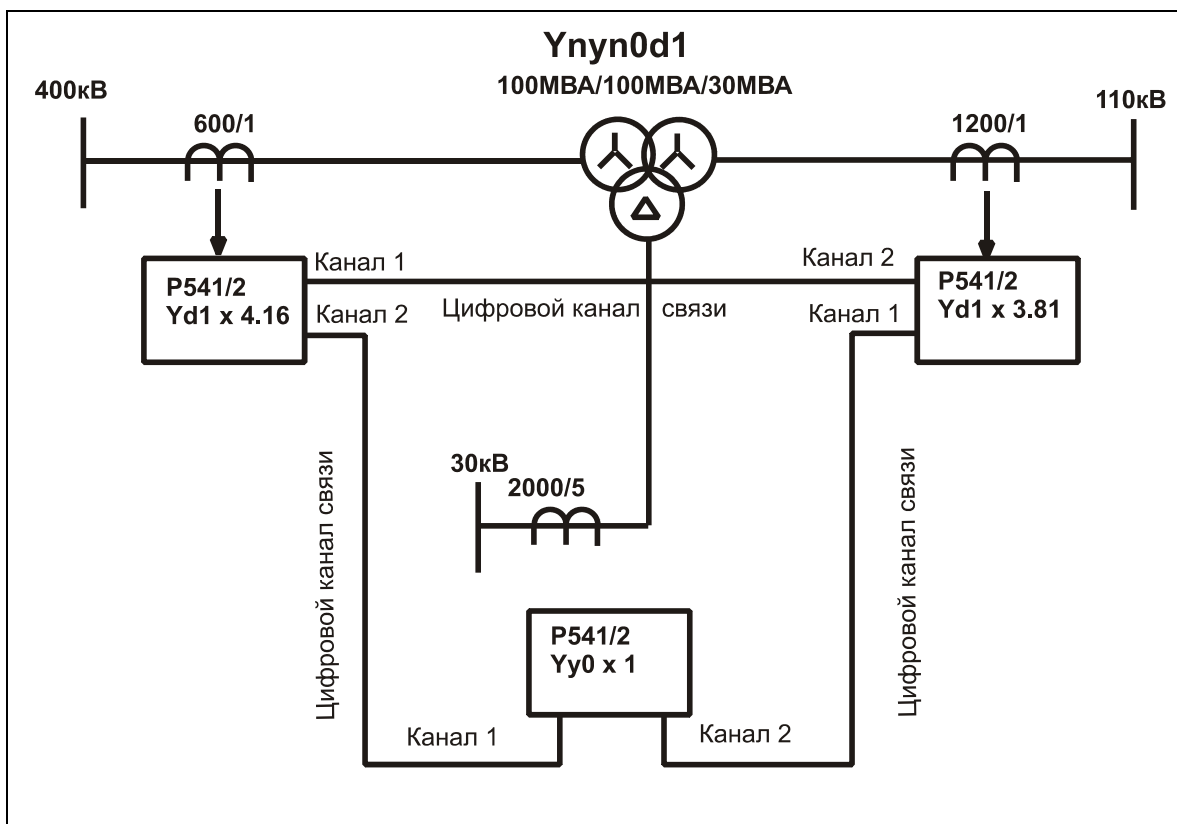


Рис. 13: Применение P540 с 3-обмоточным трансформатором в зоне защиты

В приведенном примере реле имеют различные номинальные токи входов, т.е. 1А на стороне ВН и СН и 5А на стороне 30кВ. Это не представляет проблемы для сравнения токов дифференциальной защиты поскольку цифровые представляют токи в относительных единицах.

Для каждого из реле необходимо рассчитать коэффициент амплитудной коррекции токов (CF) и выполнить компенсацию сдвига фаз. При выборе уставок компенсации сдвига фаз необходимо рассматривать фазные токи, а также учитывать необходимость в выполнении фильтрации тока нулевой последовательности, как показано в п.2.2.11.2.

Для расчета коэффициента амплитудной коррекции необходимо использовать одну и ту же базовую мощность для реле всех сторон трансформатора, не смотря

на то, что обмотка НН имеет меньшую мощность. Это необходимо для обеспечения баланса вторичных токов для всех режимов.

Для стороны ВН: $100\text{MVA} / (400\text{kV} * \sqrt{3}) = 144.34 \text{ A}$

Вторичный ток = $144.34 * 1/600 = 0.24 \text{ A}$

Для стороны СН: $100\text{MVA} / (110\text{kV} * \sqrt{3}) = 524.86 \text{ A}$

Вторичный ток = $524.86 * 1/1200 = 0.44 \text{ A}$

Для стороны НН: $100\text{MVA} / (30\text{kV} * \sqrt{3}) = 1924.5 \text{ A}$

Вторичный ток = $1924.5 * 5/2000 = 4.81 \text{ A}$

Каждый вторичный ток должен быть приведен к номинальному току аналогового входа реле. В нашем случае это 1А для стороны ВН и СН и 5А для стороны НН.

Сторона ВН, Коэффициент амплитудной коррекции = $1/0.24 = 4.16$

Сторона СН, Коэффициент амплитудной коррекции = $1/0.44 = 2.29$

Сторона НН, Коэффициент амплитудной коррекции = $5/4.81 = 1.04$

При выборе уставок компенсации сдвига фаз следует исходить из того что ток линии со стороны обмотки ВН соединенной в «звезду» совпадает по фазе с током линии со стороны обмотки СН и опережает ток линии со стороны обмотки низкого напряжения на 30° . Следовательно компенсация сдвига фаз должна выполняться на реле со стороны обмотки НН.

Учитывая компенсацию сдвига фаз и фильтрацию тока нулевой последовательности, рекомендуются следующие уставки:

- Для реле стороны ВН = Yd1 (-30°)
- Для реле стороны СН = Yd1 (-30°)
- Для реле стороны НН = Yy0 (0°)

Обратите внимание на то, что нет необходимости в расчетах использовать коэффициент $\sqrt{3}$ поскольку это выполняется в реле автоматически.

Реле P541 и P542 могут быть использованы для защиты трансформаторов, тем более что в данных моделях реле имеется функция торможения при броске тока намагничивания. При вводе в работу функции торможения при броске тока намагничивания вводится в работу и грубая уставка дифференциального органа (Id High Set).

В случае если вводится в работу функция торможения при броске тока намагничивания, то она должна быть введена на реле со всех сторон трансформатора.

В качестве уставок дифференциального органа рекомендуется указанные ранее значения:

Is1 = 0.2 In
Is2 = 2 In
k1 = 30%
k2 = 100%

Следовательно уставки во вторичных величинах будут такими:

Для реле с $I_n = 1A$ (стороны ВН и СН) $I_{s1} = 200 \text{ mA}$ и $I_{s2} = 2A$

Для реле с $I_n=5A$ (сторона НН) $I_{s1} = 1 \text{ mA}$ и $I_{s2} = 10 A$

Грубая уставка дифференциального органа (Id High Set) должна быть установлена более максимального значения ожидаемого броска тока намагничивания после выполнении амплитудной коррекции. Если предположить что максимальное значение броска тока намагничивания составляет 12-кратный номинальный ток трансформатора, будет вполне безопасно задать уставку реле 15-кратной по отношению к номинальному току. Следовательно уставки будут следующими:

'Id high set' (Идифф. высокого уровня):

Для реле стороны ВН = $15I_n = 15A$

Для реле стороны СН = $15I_n = 15A$

Для реле стороны НН = $15I_n = 75A$

2.3 Дистанционная защита

Дифференциальная защита обеспечивает быстродействующую защиту абсолютной селективности в пределах зоны защиты которая включает всю линию полностью, с относительно незначительными проблемами ее применения. Одним из недостатков дифференциальной защиты можно считать отсутствие возможностей резервирования. По этой причине в реле дифференциальной токовой защиты серии MiCOM интегрированы различные другие виды защит. Реле P543, P544, P545 и P546 предлагают пользователю дистанционную защиту, которая может быть использована как добавочная основная защита наряду с дифференциальной токовой защитой или вводится как резервная защита. (В моделях реле P541 и P542 дистанционная защита не предусмотрена, ввиду отсутствия входов напряжения TH).

Дистанционная защита интегрированная в реле серии P540 может по выбору пользователя введена или выведена из работы. Предусмотрена возможность ввода в работу дистанционной защиты только в случае выхода из строя канала связи используемого дифференциальной защитой. При этом в работу могут быть введены лишь назначенные для этого зоны дистанционной защиты.

Органы дистанционной защиты могут быть конфигурированы на передачу сигнала телеотключения на противоположные концы линии. Это также может выполнено только от выбранных пользователем зон дистанционной защиты.

Уставки дистанционной защиты приведены в Таблице 6.

DISTANCE	Уставка по умолчанию	Мин	Макс	Шаг
Z1 Status (Статус Z1)	Enabled (Введено)	Disabled, Enabled, Enabled Ch Fail (Выведено, Введено, Ввод при неисправности канала защиты)		
Z1	5/ I_n Ом	0.1/ I_n Ом	250/ I_n Ом	0.01/ I_n Ом
tZ1	0 сек	0 сек	10 сек	0.01 сек
Z1 Intertrip	Disabled	Enabled, Disabled (Введено, Выведено)		

DISTANCE	Уставка по умолчанию	Мин	Макс	Шаг
(TO от Z1)	(Выведено)			
Z2 Status (Статус Z2)	Enabled (Введено)	Disabled, Enabled, Enabled Ch Fail (Выведено, Введено, Ввод при неисправности канала защиты)		
Z2	5/In Ом	0.1/In Ом	250/In Ом	0.01/In Ом
tZ2	0 сек	0 сек	10 сек	0.01 сек
Z2 Intertrip (TO от Z2)	Disabled (Выведено)	Enabled, Disabled (Введено, Выведено)		
Z3 Status (Статус Z3)	Enabled (Введено)	Disabled, Enabled, Enabled Ch Fail (Выведено, Введено, Ввод при неисправности канала защиты)		
Z3	5/In Ом	0.1/In Ом	250/In Ом	0.01/In Ом
tZ3	0 сек	0 сек	10 сек	0.01 сек
Z3 Intertrip (TO от Z3)	Disabled (Выведено)	Enabled, Disabled (Введено, Выведено)		
Line Angle (Угол линии)	70°	20°	85°	1°
kZN Res Comp (Коэфф. 3Io)	1	0	7	0.01
kZN Angle (Угол комп. 3Io)	0°	-90° (версия ПО 12 и позднее) -180° (версия ПО 13 и позднее)	90°	1°
RPh	10/In Ом	0.1/In Ом	400/In Ом	0.01/In Ом
RG	10/In Ом	0.1/In Ом	400/In Ом	0.01/In Ом
PSB Status	Disabled (Выведено)	Enabled, Disabled (Введено, Выведено)		
Z3 Direction (Направл. Z3)	Reverse (К шинам)	Forward/ Reverse (От шин/К шинам)		
Direction (Направление) (версия ПО 20 и позднее)	Forward (от шин)	Forward/ Reverse (От шин/К шинам)		

Таблица 6. Уставки дистанционной защиты

2.3.1 Дистанционная защита от междуфазных замыканий

Дистанционная защита использует измерения полного сопротивления путем мониторинга напряжения и тока защищаемой линии. Если результаты измерения полного сопротивления попадают в область характеристики зоны ДЗ, соответствующий орган ДЗ срабатывает с заданной выдержкой времени. Уставки дистанционной защиты могут быть установлены в соответствии с сопротивлением линии для обеспечения селективной работы защиты.

Дистанционная защита от междуфазных замыканий интегрированная в моделях реле P543, P544, P545 и P546 включает 3 зоны измерения полного сопротивления, как показано ниже на Рис. 14.

Все зоны ДЗ от междуфазных замыканий имеют характеристики в виде четырехугольника со следующей направленностью:

- Зона 1 и Зона 2 – направлена в линию (от шин)
- Зона 3 – направлена в линию (forward) или к шинам (Reverse)

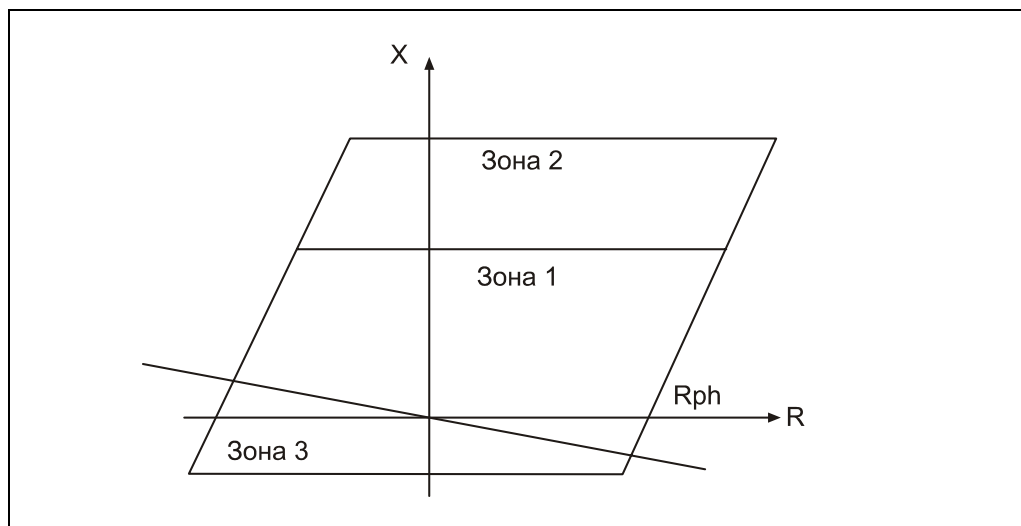


Рис. 14: Характеристики ДЗ от междуфазных замыканий

ПРИМЕЧАНИЕ: 1. Зона Z3 может быть направлена вперед при необходимости выполнения традиционной 3-зонной дистанционной защиты

2. Начиная с 20-й версии ПО имеется возможность выбрать обратное (к шинам) направление для всех зон ДЗ.

2.3.2 Дистанционная защита от замыканий на землю

Реле P543, P544, P545 и P546 имеют три зоны дистанционной защиты от замыканий на землю, как показано на Рис. 15.

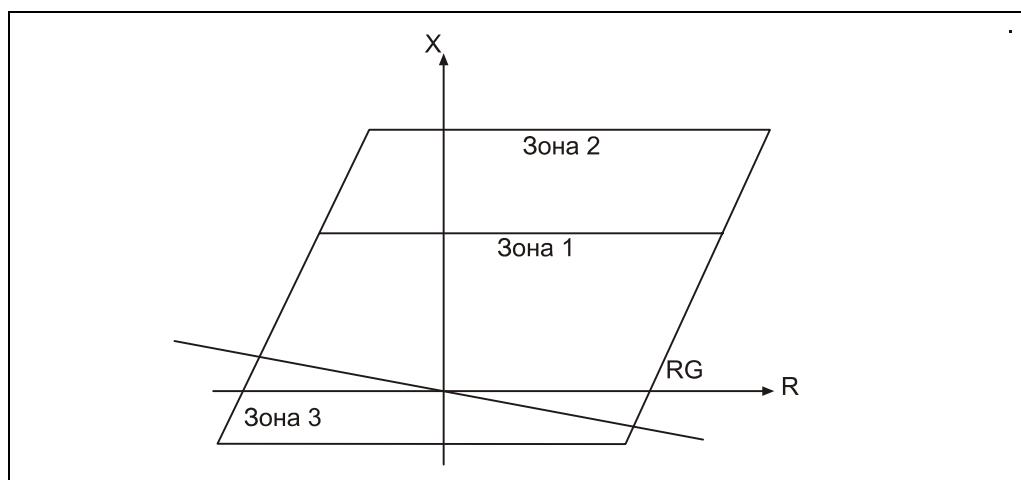


Рис. 15: Характеристики ДЗ от замыканий на землю

- ПРИМЕЧАНИЕ: 1. Зона Z3 может быть направлена вперед при необходимости выполнения традиционной 3-зонной дистанционной защиты
2. Начиная с 20-й версии ПО имеется возможность выбрать обратное (к шинам) направление для всех зон ДЗ.

Все зоны ДЗ от однофазных замыканий также имеют характеристики в виде четырехугольника с направленностью аналогичной ДЗ от междуфазных замыканий. Использование коэффициента компенсации тока нулевой последовательности позволяет избежать ошибки при измерений на границе зон. Коэффициенты компенсации нулевой последовательности ($k_{ZN Res Comp}$ и $\angle k_{ZN Angle}$) применяются к только при однофазных замыкания для обеспечения заданных характеристик.

Обратите внимание, что уставки охвата зон по оси R задаются независимо для защиты от междуфазных и однофазных замыканий.

2.3.3 Рекомендации по выбору уставок

2.3.3.1 Уставки охвата дистанционной защиты

Для обеспечения отключения без выдержки времени на возможно большей длине линии, уставка охвата 1-й зоны дистанционной обычно задается на уровне 80% от величины полного сопротивления прямой последовательности защищаемой линии. Значение 80% выбирается во избежание неселективного отключения при коротких замыканиях вне пределов защищаемой линии. Запас в 20% обеспечивает отстройку реле от ошибок измерения, погрешностей ТН и ТТ, неточности данных импеданса линии.

Уставка охвата 2-й зоны дистанционной защиты должна по крайней мере быть не менее 120% импеданса защищаемой линии, для обеспечения защиты оставшихся 20% не охватываемых 1-й зоной ДЗ. Запас в 20% учитывает те же погрешности что и указаны для 1-й зоны ДЗ. Поскольку охват дистанционного органа 2-й зоны выходит за пределы защищаемой линии, он должен действовать с выдержкой времени обеспечивающей согласование с защитами смежной линии.

2-я зона ДЗ может охватывать до 50% самой короткой из смежных линий. С одной стороны это обеспечивает максимально возможный охват 2-й зоны, а с другой стороны обеспечивает согласование со 2-й зоной смежной линии (измеряющей импеданс в том же направлении). Если подобное согласование невозможно, необходимо выполнять согласование органов вторых зон ДЗ по времени.

При выборе уставки второй зоны ДЗ от защиты при замыканиях на землю, необходимо принимать во внимание влияние взаимной индукции нулевой последовательности. Это может привести к недохвату второй зоны ДЗ от защиты при замыканиях на землю. Для обеспечения правильности охвата необходимо модифицировать уставку охвата, но этот вопрос обсуждается далее в п.2.3.7.2.

Дистанционный орган 3-й зоны ДЗ обычно используется для обеспечения дальнего резервирования смежных линий если выбрано направление измерения импеданса от шин т.е. в сторону защищаемой линии. Таким образом уставка охвата 3-й зоны ДЗ выбирается как 120% полного импеданса защищаемой линии плюс импеданс самой длинной смежной линии. Должно использоваться более высокое значение кажущегося импеданса смежной линии в тех случаях когда точка КЗ может питаться от разных источников по параллельным линиям.

Если направление измерения импеданса 3-й зоны изменено на обратное, то данная зона может быть использована в качестве резервной для защиты шин. В этом случае обычно охват зоны устанавливается на уровне 25% от охвата зоны 1 для коротких линий (менее 30км) или 10% от охвата зоны 1 для длинных линий.

2.3.3.2 Выдержки времени зон дистанционной защиты

Выдержка времени органа 1-й зоны обычно устанавливается равной нулю, для обеспечения немедленного отключения повреждения.

Выдержка времени 2-й зоны ДЗ должна быть согласована с выдержкой времени 1-х зон смежных линий. Общее время отключения КЗ будет состоять из времени работы 1-й зоны смежной линии плюс время работы выключателя. При этом также необходимо учесть время возврата 2-й зоны после отключения на смежной линии плюс некоторое интервал времени для безопасности. Типовой минимальной уставкой таймера 2-й зоны является выдержка времени порядка 200 мс. Это время может быть и большим если требуется выполнять согласование по времени с вторыми зонами ДЗ или другими защитами смежных линий действующими с выдержками времени.

При выборе выдержки времени таймера задержки срабатывания 3-й зоны учитываются те же положения что были использованы для 2-й зоны ДЗ. Это позволяет согласовать 3-ю зону ДЗ с другими защитами работающими в ее зоне. Типовой минимальной выдержкой времени может быть выдержка порядка 400 мс. Естественно выдержка будет другой если потребуется согласование с более медленными защитами.

2.3.3.3 Компенсация растекания тока нулевой последовательности для дистанционной защиты от замыканий на землю

При замыканиях на землю, импеданс короткого замыкания включает как импеданс прямой так и импеданс нулевой последовательности. Комбинация этих импедансов представляет петлю измерения при замыканиях на землю. Коэффициенты компенсации для нулевой последовательности могут быть рассчитаны по следующей формуле:

$$k_{ZN} \text{ Res Comp} = (Z_0 - Z_1) / 3 * Z_1$$

$$k_{ZN} \text{ Angle} = \angle ((Z_0 - Z_1) / Z_1)$$

где:

Z1 = импеданс прямой последовательности линии или кабеля;

Z0 = импеданс нулевой последовательности линии или кабеля.

2.3.3.4 Расчет охвата по оси R для ДЗ от междуфазных КЗ

Реле серии P540 имеют дистанционную защиту с характеристиками в форме четырехугольника, т.е. охват по оси R (R_{ph}) задается независимо от охвата вдоль оси реактивного сопротивления направленного вдоль защищаемой линии/кабеля. Уставка R_{ph} определяет максимальное активное сопротивление добавляющееся к импедансу линии в пределах охвата зоны ДЗ с действием на отключение. Таким образом резистивные охваты в правую и левую сторону ограничивающие каждую зону ДЗ располагаются на величину уставки $+R_{ph}$ и $-R_{ph}$ от характеристического импеданса линии.

Резистивный охват ДЗ от междуфазных замыканий должны быть установлен таким образом, чтобы охватить ожидаемый уровень переходного сопротивления в точке КЗ. Важно отметить, что максимальный резистивный охват должен быть ограничен во избежание ложного отключения от ДЗ в случае попадания импеданса нагрузки в область характеристики дистанционных органов защиты. Следовательно эта уставка по резистивному охвату должна быть отстроена от режима максимально допустимого нагрузочного режима. Типовое значение резистивного охвата не должно превышать 80% минимального импеданса нагрузки. Пример отстройки от нагрузочных режимов приведен на Рис.16.

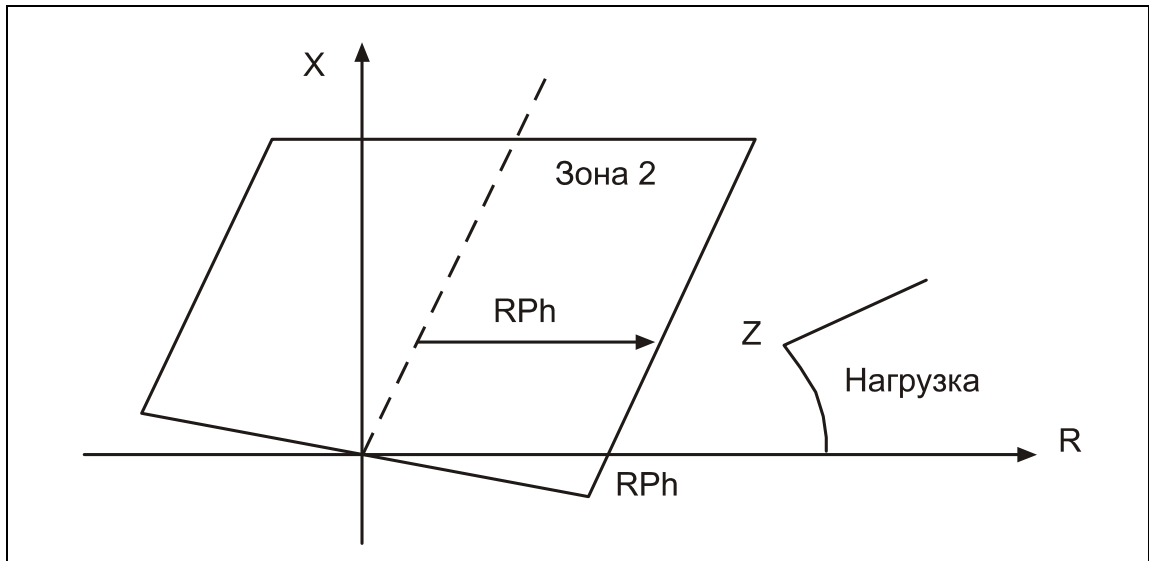


Рис. 16: Уставка резистивного охвата с отстройкой от импеданса нагрузки

Если в работу вводится функция блокировки при качаниях, то наибольшая из зон ДЗ зона 2 окружается еще большей характеристикой связанной с работой данной функции. При выборе уставок резистивного охвата необходимо исключить возможность попадания импеданса нагрузки и в эту зону. По этой причине для уставки R_{Ph} рекомендуется устанавливать значение порядка 60% минимального импеданса нагрузки. В этом случае импеданс нагрузки не попадет в зону связанную с работой блокировки при качаниях.

В первичных величинах резистивный R_{Ph} охват должен охватывать максимальное переходное сопротивление при междуфазном замыкании. В идеальном случае охват R_{Ph} должен быть больше чем максимальное сопротивление дуги при междуфазном замыкании, которое может быть рассчитано по следующей формуле:

$$R_a = (28710 \times L) / I_f^{1.4}$$

Где:

I_f = минимальный расчетный ток междуфазного КЗ (А);

L = максимальное расстояние между фазами (м);

R_a = сопротивление дуги рассчитанное по формуле Уоррингтона (Ом)

Типовые значения R_a (Ом перв.) для различных значений минимального тока междуфазного КЗ приведены в нижеследующей таблице.

Расстояние между фазами (м)	Напряжение сети (кВ)	$I_f = 1\text{кА}$	$I_f = 2\text{кА}$	$I_f = 3\text{кА}$
4	110-132	7.2 Ом	2.8 Ом	1.6 Ом
8	220-275	14.5 Ом	5.5 Ом	3.1 Ом
11	380-400	19.9 Ом	7.6 Ом	4.3 Ом

Таблица 7 : Расчет сопротивление дуги по формуле Ванна Уоррингтона (для прямоугольных характеристик)

Известно, что эффект подпитки места КЗ от двух источников ведет к тому что сопротивление измеряемое реле кажется больше чем фактическое, поскольку каждое реле измеряет лишь ток подпитки со своего конца. Коэффициент кажущегося сопротивления КЗ может быть от 2 до 8 от рассчитанного сопротивления. Поэтому рекомендуется устанавливать значение резистивного охвата зон порядка **4-кратного** первичного рассчитанного сопротивления дуги.

Необходимо помнить что уставка RPh определяет полное сопротивление дуги при коротком замыкании которое может быть при замыкании между фазами. Это означает, что уставка RPh это фактическое (полное) сопротивление а не его половина (как это представляют/выводят большинство установок используемых при проверке).

2.3.3.5 Расчет резистивного охвата ДЗ от замыканий на землю

Уставка резистивного охвата органа дистанционной защиты от замыканий на землю выбирается для обеспечения требуемого уровня охвата при условии несрабатывания при минимальном сопротивлении нагрузки. Сопротивление короткого замыкания на землю включает сопротивление дуги, контура заземления и др.

Типовым значением резистивного охвата может быть значение 40Ом в первичных величинах. При этом необходимо исключить попадание импеданса нагрузки в область характеристики аналогично п.2.3.3.4. Следовательно резистивный охват должен быть задан с запасом (обычно 20%) исключая попадание импеданса нагрузки Z в область характеристики дистанционной защиты. Для повышения точности измерений, резистивный охват обычно не должен более чем в 10 раз превышать соответствующий охват петли измерения импеданса однофазных замыканий.

2.3.3.6 Влияние взаимоиנדукции на уставки дистанционной защиты

Если воздушные линии электропередачи подключены параллельно или проходят в определенной близости на всем протяжении линии или частично, между двумя цепями возникает явление взаимоиנדукции. Сопротивление взаимоиנדукции прямой или обратной последовательности мало и им можно пренебречь. Сопротивление взаимоиנדукции нулевой последовательности является более значительным и оказывает влияние на измерения импеданса замыкания на землю при включенной параллельной линии.

Взаимоиנדукция нулевой последовательности приводит к недоохвату или переохвату органов дистанционной защиты от замыканий на землю в зависимости от направления тока нулевой последовательности протекающего по параллельной линии. Однако может быть показано что этот недоохват или переохват не оказывает влияния на работу защит при включенной параллельной

линии (т.е. переохват невозможен при КЗ за пределами защищаемой линии а также невозможен недоохват до такой степени что бы не было перекрытия 1-й зоны). Некоторые случаи применения, где эффект взаимной индукции должен приниматься во внимание, описаны в следующих разделах.

2.3.3.7 Влияние эффекта взаимной индукции на уставки 1-й зоны

В системе показанной на рис. 17, где одна из параллельных линий выведена из работы и заземлена с обеих сторон, замыкание на землю на шинах удаленной подстанции может привести к неправильной работе органа дистанционной защиты работающего при замыканиях на землю. Для такого случая применения необходимо снизить уставку охвата ДЗ от замыканий на землю. Это может быть достигнуто путем использования альтернативной группы уставок в реле P540, в которой коэффициент компенсации нулевой последовательности KZN имеет меньшее значение чем используемое при работе в нормальном режиме.

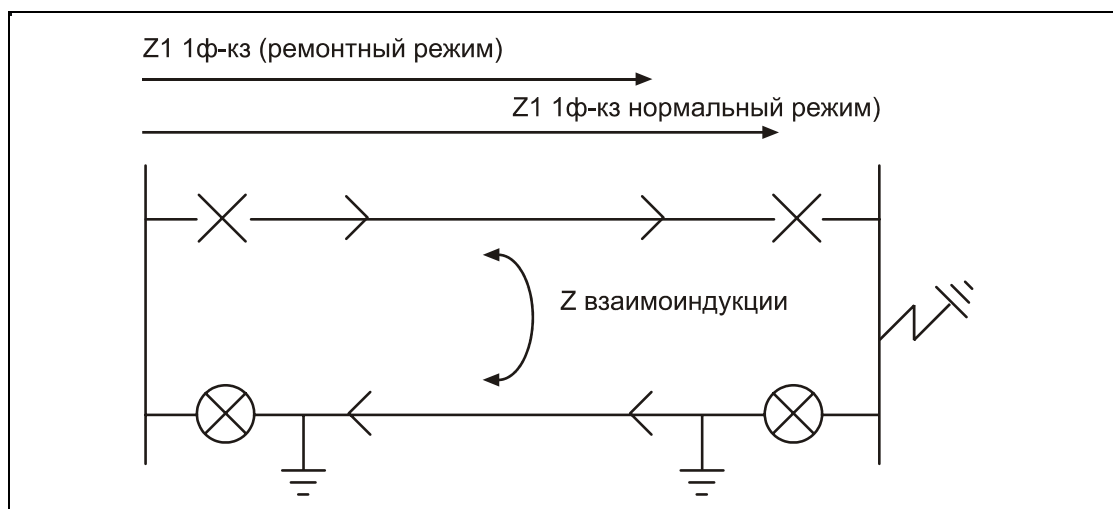


Рис.17: Уставки 1-й зоны ДЗ от КЗ на землю при наличии параллельной линии

2.3.3.8 Влияние взаимной индукции на уставки 2-й и 3-й зон направленных в линию

При работе параллельной линии органы 2-й и 3-й зон ДЗ от замыкания на землю имеют тенденцию к недоохвату. Следовательно необходимо увеличивать уставки органов ДЗ работающих при замыканиях на землю с тем чтобы они были сопоставимы с охватом ДЗ при междуфазных замыканиях. Однако если защищаемая линия подверженная влиянию взаимной индукции параллельной линии относительно длинная а смежная линия относительно коротка, то невозможно задать уставки охвата для 2-й и 3-й зон на уровне 120% длины защищаемой линии от всех видов КЗ и в то же время менее 50% от смежной линии. Эта проблема увеличивается если при этом необходимо обеспечить значительный дополнительный запас для учета влияния взаимной индукции нулевой последовательности при замыканиях на землю. Если одна из цепей выведена из работы и отсутствует влияние взаимной индукции, то органы 2-й и 3-й зон ДЗ от замыканий на землю могут охватывать более 50% смежной линии, то возникает необходимость согласования по времени с вторыми и третьими зонами ДЗ от замыканий на землю реле смежных линий. Следовательно, в режиме работы по одной цепи, требуется снижение уставок охвата ДЗ от замыканий на землю до величин сопоставимых с уставками охвата ДЗ от междуфазных замыканий, как показано на рис. 18. Изменение уставок дистанционной защиты в реле P540

может быть реализовано переключением на другую группу уставок. Изменение охвата при однофазных замыканиях выполняется путем соответствующего изменения уставки коэффициента компенсации нулевой последовательности.

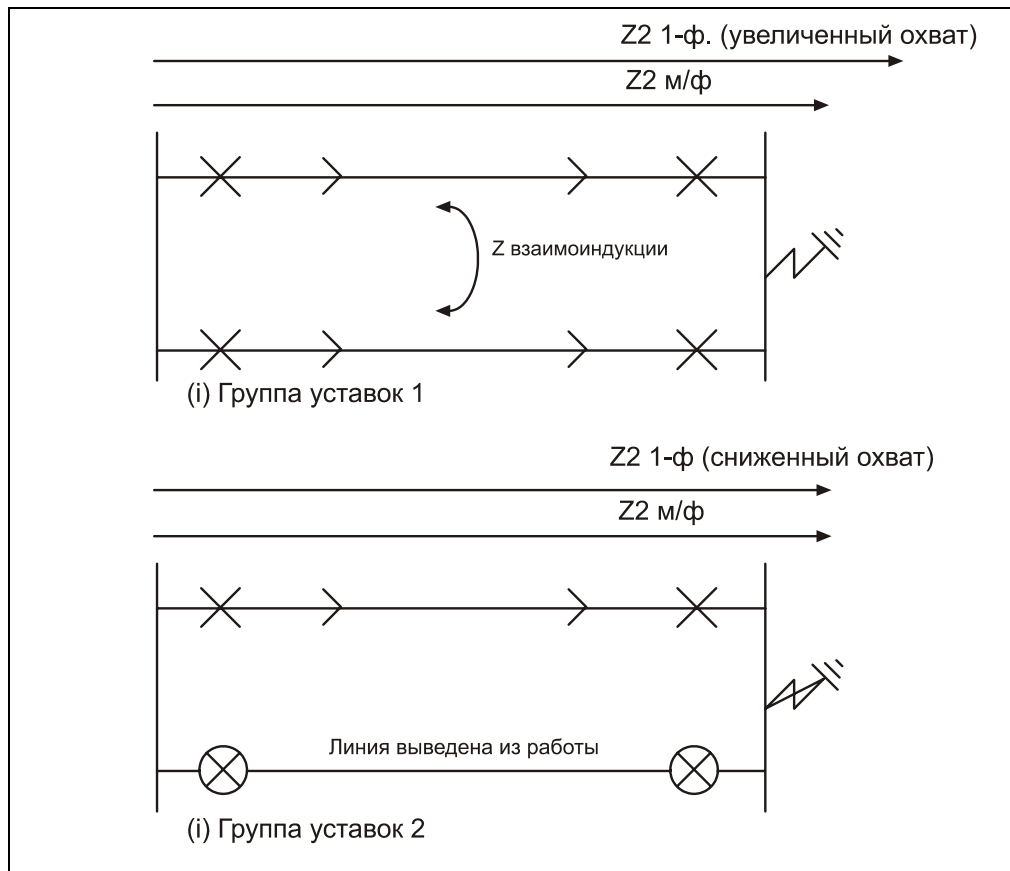


Рис.18: Пример изменения уставки 2-й зоны ДЗ от 1-ф КЗ в зависимости от влияния взаимоиנדукции нулевой последовательности.

2.3.4 Блокировка при качаниях

Качаниями мощности принято считать колебания потока мощности по линии которые могут возникнуть при нарушениях работы системы. Причиной колебаний мощности могут быть отключения коротких замыканий, нарушения синхронизма в системе или изменения направления потока мощности при переключениях. Подобные нарушения режима работы могут привести к ускорению или замедлению генераторов для адаптации к новым режимам перетоков мощности, что в свою очередь ведет к возникновению качаний мощности. Качания мощности могут привести к тому что импеданс измеряемых реле из области нагрузочных режимов переходит в область характеристик дистанционных органов защиты. В случае устойчивых качаний мощности очень важно чтобы реле оставалось стабильным, т.е. не действовало на отключение. В зависимости от стратегии работы энергосистемы, в некоторых случаях, во избежание серьезных нарушений работы сети может намеренно использоваться деблокирование дистанционных защит на отдельных реле для разделения энергосистемы в определенных местах.

2.3.4.1 Орган блокировки при качаниях мощности

Меню конфигурации органа блокировки при качаниях позволяет задать блокирование для любой из зон дистанционной защиты или не блокировать разрешая возможное отключение от данной зоны при качаниях. Орган блокировки при качаниях использует характеристику полного сопротивления окружающую полную характеристику ДЗ от междуфазных замыканий. На рис. 19 зона работы органа блокировки при качаниях обозначена как ΔR и ΔX .

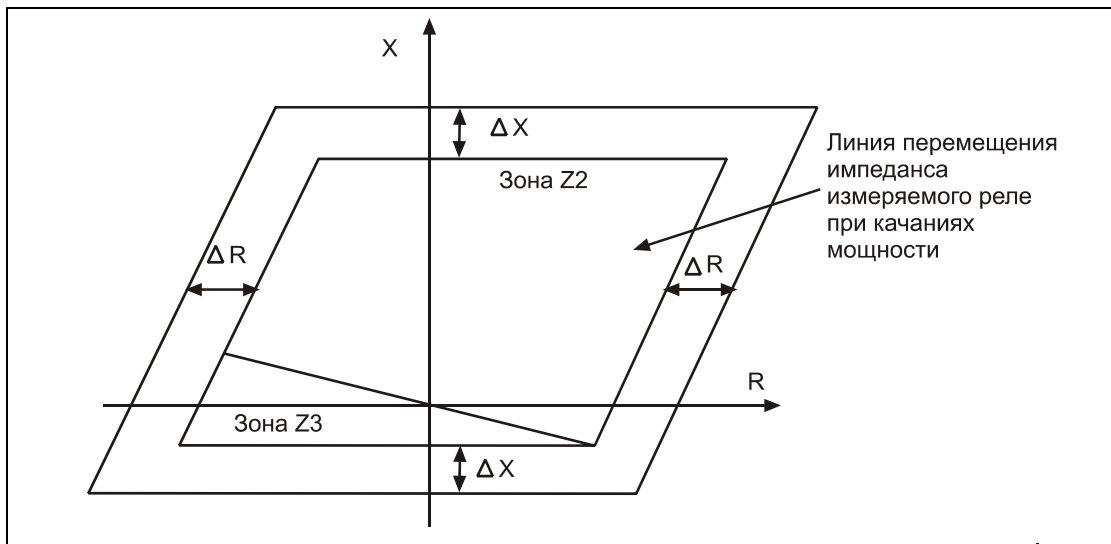


Рис.19: Характеристика блокировки при качаниях

ПРИМЕЧАНИЕ: Зона Z3 может быть направлена вперед (в линию)

При коротком замыкании происходит быстрое изменение импеданса измеряемого реле. При качаниях мощности изменение импеданса происходит значительно медленнее. Качаниями считается процесс при котором импеданс петли измерения для междуфазных замыканий находится в области ограниченной ΔR и ΔZ и областью ограниченной зонами Z2 или Z3 больше времени таймера $tZ6$ PSB. Следует принимать во внимание что область работы органа блокировки при качаниях всегда окружает область характеристики введенных в работу зон дистанционной защиты, другими словами если в работу введена только зона Z1 то характеристика органа блокировки при качаниях будет окружать только область Z1.

2.3.4.2 Деблокирование реле при коротких замыканиях в режиме качаний

Реле может нормально работать при любых несимметричных КЗ которые возникают во время качаний мощности, если выполняются условия деблокирования дистанционной защиты:

- Превышение уставки по току обратной последовательности – это обеспечивает отключение КЗ между двумя фазами или КЗ на землю при качаниях мощности. Это условие деблокирования ($I2 >$) может быть снято поскольку оно доступно при программировании логики работы реле (PSL).

Уставка деблокирована имеет фиксированное значение равное удвоенной чувствительности зоны Z1 (см. главу Технические характеристики P54x/RU TD).

2.3.5 Защита 3-концевой линии

Использование реле для защиты трехконцевой линии электропередачи является вполне обычным случаем применения реле. Однако необходимо уделить должное внимание расчетам уставок дистанционной защиты, учитывая кажущееся значение импеданса измеряемого реле в результате подпитки КЗ от третьего конца.

На рис. 20 показано типовое применение реле для защиты трехконцевой линии.

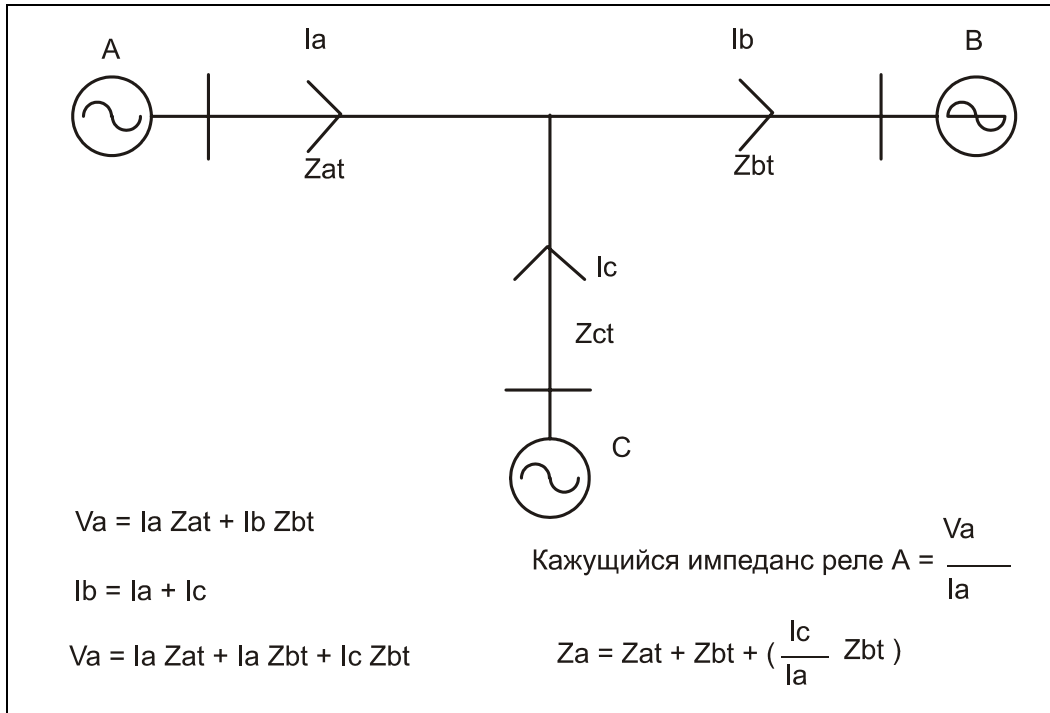


Рис. 20: Применение для 3-концевой линии – иллюстрация кажущегося импеданса измеряемого реле.

При коротком замыкании на шинах конца линии B, импеданс измеряемый реле установленном на конце A будет равен:

$$Z_a = Z_{at} + Z_{bt} + [Z_{bt} * (I_c/I_a)]$$

Реле A будет работать с недохватом при коротких замыканиях за точкой ответвления при подпитке КЗ со стороны C. Если со стороны C имеется относительно мощный источник, то эффект недохвата может быть значительным. Для зоны Z2 с уставкой охвата заданной на уровне 120% от импеданса защищаемой линии, это может привести к тому что данная зона не будет реагировать на короткое замыкание в конце линии. Следовательно, в тех случаях, когда присутствует подпитка необходимо убедиться в том что орган зоны Z2 охватывает полностью оба противоположных конца линии с достаточным запасом при подпитке КЗ с третьего конца линии. Аналогичным образом уставки дистанционного органа зоны Z1 должна быть установлена на уровне 80% длины защищаемой линии с учетом возможного эффекта недохвата при подпитке КЗ от третьего конца линии. Возможно, для этого потребуются изменять уставки охвата органов дистанционной защиты в зависимости от изменения конфигурации (режима работы) сети. Это может быть реализовано с использованием альтернативных групп уставок.

2.3.6 Формирование характеристик зон дистанционных органов

Линия определяющая направление КЗ (в линию или к шинам) для дистанционных органов защиты использует комбинацию из напряжений поврежденных фаз (напряжение самополяризации) и напряжения неповрежденной фазы (напряжение перекрестной поляризации). В случае включения на повреждение может оказаться что из-за забытого оперативного заземления выключатель включается на трехфазное короткое замыкание. В этом случае напряжение подводимое к реле может быть ниже 1В что делает невозможным правильный выбор направления КЗ. Для такого случая необходимо в дополнение к дистанционным органам рассмотреть возможность дополнительных органом максимального тока.

Верхняя линия (уставка охвата по оси X) четырехугольной характеристики дистанционных органов защиты от замыканий на землю имеет функцию динамического изменения наклона (спад). Данная линия может отклониться вниз или вверх в зависимости от тока нагрузки для предотвращения недоохвата или переохвата. В режиме минимальных нагрузок линия охвата по оси X имеет фиксированный спад в 3 градуса для учета допустимых погрешностей ТТ и ТН.

2.3.7 Пример расчета уставок

Дистанционная защита доступна для применения в реле P543, P544, P545 и P546. Эти модели реле наиболее часто используются для защиты магистральных и межсистемных линий электропередачи высокого напряжения. В рассматриваемом примере на рис.21 приведена линия длиной 100км и напряжением 230кВ.

Длина линии: 100км

Импедансы : $Z1 = 0.089 + j0.476 = 0.484 \angle 79.4^{\circ}$ Ом/км

$Z0 = 0.486 + j1.576 = 1.632 \angle 79.8^{\circ}$ Ом/км

$Z0/Z1 = 3.372 \angle -4.76^{\circ}$

Ктт: 1200/5

Ктн: 230000/115

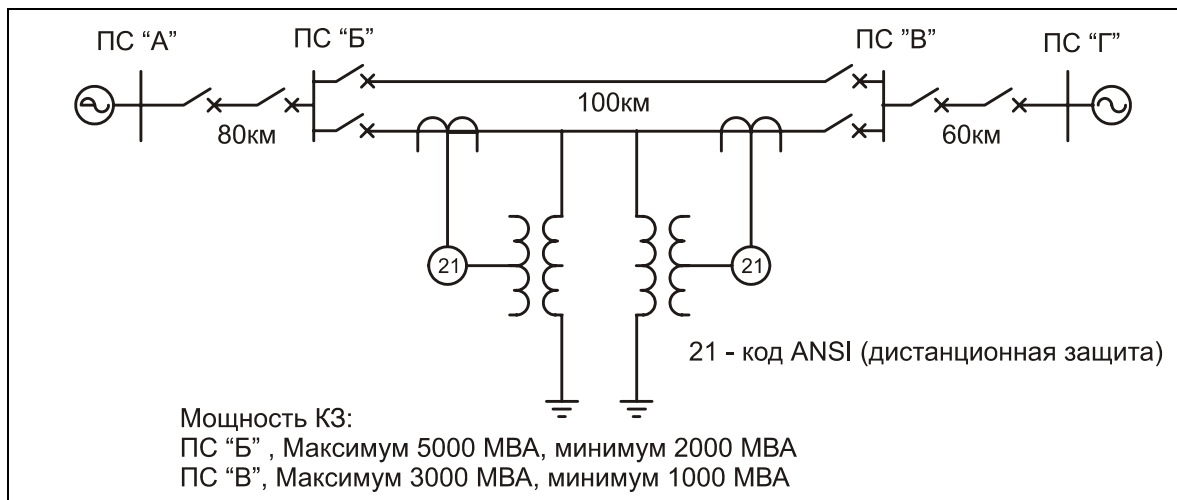


Рис.21: Пример системы

Уставки в реле могут быть установлены в первичных или вторичных величинах а импедансы могут быть выражены в полярных координатах (по выбору в меню). В нашем примере использованы вторичные величины уставок.

2.3.7.1 Уставка охвата по оси X для зоны Z1

Требуется установить зону охвата на уровне 80% линии между ПС «Б» и «В». Это необходимо для выполнения защиты без выдержки времени на возможно большей части длины линии.

Отношение первичного и вторичного импедансов =

$$\begin{aligned} \text{Требуемый охват зоны Z1} &= 0.8 \times 100 \times 0.484 \angle 79.4^{\circ} \times 0.12 \\ &= 4.64 \angle 79.4^{\circ} \text{ Ом вторичных} \end{aligned}$$

Диапазон уставки характеристического угла (угол линии) от 20° до 85° с шагом 1°

$$\text{Следовательно Z1} = 4.64$$

$$\text{Угол линии} = 80^{\circ}$$

2.3.7.2 Уставка охвата по оси X для зоны Z2

Требуемый охват зоны Z2 =

$$\begin{aligned} &\text{Импеданс ВЛ ПС «Б» - ПС «В»} + 50\% \text{ импеданса ВЛ ПС «В» - ПС «Г»} = \\ &= (100 + 30) \times 0.484 \angle 79.4^{\circ} \times 0.12 = \\ &= 7.56 \angle 79.4^{\circ} \text{ Ом вторичных} \end{aligned}$$

$$\text{Следовательно Z2} = 7.56$$

$$\text{Угол линии} = 80^{\circ}$$

2.3.7.3 Уставка охвата по оси X для зоны Z3

Требуемый охват зоны Z3 = 25% от уставки «вперед» зоны Z1

$$\begin{aligned} &= 0.25 * 4.64 \angle 80^{\circ} \\ &= 1.16 \angle 80^{\circ} \text{ Ом вторичных} \end{aligned}$$

$$\text{Следовательно Z3} = 1.16$$

$$\text{Угол линии} = 80^{\circ}$$

2.3.7.4 Отстройка от нагрузочных режимов

Уставки охвата зон дистанционной защиты должны быть меньше минимального импеданса нагрузки (при максимальной нагрузке по линии).

Минимальный импеданс нагрузки = [(Напряжение линии кВ²) / максимальная нагрузка МВА].

Принимая в качестве базового тока номинальный вторичный ток трансформатора тока для выражения максимального тока нагрузки, минимальный импеданс нагрузки на зажимах реле будет:

$$\begin{aligned} Z_{\min} &= (\text{Номинальное напряжение } V_n) / 5 \\ &= 66.4 / 5 = 13.3 \text{ Ом (вторичных)} \end{aligned}$$

2.3.7.5 Резистивный охват (по оси R) ДЗ от м/ф замыканий

В приведенном примере, минимальная мощность КЗ при междуфазном замыкании составляет 1000 МВА. Это соответствует эффективному импедансу короткого замыкания:

$$Z = \sqrt{\text{кВ}^2 / \text{МВА}} = 230^2 / 1000 = 53 \text{ Ом (первичных)}$$

Минимальный ток короткого замыкания между фазами составляет:

$$\begin{aligned} I_{\text{кз}} &= (\text{МВА} \times 1000) / (\sqrt{3} \times \text{кВ}) \\ &= (1000 \times 1000) / (\sqrt{3} \times 230) = 2.5 \text{ кА} \end{aligned}$$

Согласно формуле Уоррингтона сопротивление дуги при этом токе составит:

$$R_{\text{дуги}} = 4 \text{ Ом}$$

Поскольку это сопротивление относительно мало по сравнению с сопротивлением "Z" рассчитанным выше, нет необходимости выполнять ряд итераций для вычисления фактического значения тока КЗ ($I_{\text{кз}}$), который будет несколько меньше рассчитанного значения, т.к. сопротивление дуги добавляется к сопротивлению петли измерения импеданса до точки КЗ. Будет достаточно увеличить рассчитанное сопротивление дуги $R_{\text{дуги}}$ в 4 раза, как рекомендовано ранее, и учесть что фактический ток КЗ будет несколько меньше рассчитанного. Итак в нашем случае минимальная уставка $5 \times R_{\text{дуги}}$, что составит 20 Ом (перв).

Совершенно очевидно что уставка более 20 Ом первичных может быть установлена на реле. Обычно резистивный охват всех зон дистанционной защиты устанавливается больше этого значения и в идеальном случае меньше импеданса нагрузки (см. п. «Отстройка от режимов нагрузки»).

Минимальная уставки резистивного охвата = $20 \times 0.12 = 2.4$ Ом (вторичных)

Для случаев применения реле на параллельных линиях дистанционная защита отстраивается от минимального импеданса нагрузки с запасом в 50%, если это возможно.

Максимальное значение резистивного охвата = $0.5 \times 13.3 = 6.65$ Ом (вторичных)

2.3.7.6 Уставки компенсации нулевой последовательности

Коэффициент компенсации $k_{ZN} = (Z_{L0} - Z_{L1}) / 3 Z_{L1}$

$$\begin{aligned} Z_{L0} - Z_{L1} &= (0.426 + j 1.576) - (0.089 + j0.476) \\ &= 0.337 + j1.1 \\ &= 1.15 \angle 72.9^\circ \end{aligned}$$

$$k_{ZN} = (1.15 \angle 72.9^\circ) / (3 \times 0.484 \angle 79.4^\circ) = 0.79 \angle - 6.50$$

диапазон регулирования уставок k_{ZN} от 0 до 7, шаг 0.01

Угол k_{ZN} = от -180° (13-я версия ПО и более поздние) или -90° (12-я версия ПО и более поздние) до $+90^\circ$ с шагом 1°

2.3.7.7 Резистивный охват ДЗ от 1-ф замыканий

Резистивный охват дистанционных органов от однофазных замыканий должен быть установлен, обычно, для охвата сопротивления дуги и сопротивления заземления опоры. В данном примере типовым значение можно считать значение 40 Ом.

$$RG > 40 * 0.12 \text{ Ом вторичных}$$

$$> 4.8 \text{ Ом вторичных}$$

$$\text{Уставка } RG = 4.8 \text{ Ом вторичных}$$

Данная уставка будет менее минимального сопротивления нагрузки рассчитанного для данного примера:

Максимально допустимый резистивный охват по условию отстройки от минимального импеданса нагрузки составляет $= 0.5 \times 13.3 = 6.65 \text{ Ом вторичных}$.

2.4 Максимальная токовая защита от междуфазных замыканий

Максимальная токовая защита от междуфазных замыканий представляет альтернативный вариант резервной защиты. В моделях реле P541 и P542 имеется четыре ступени МТЗ. Первая и вторая ступень защиты по выбору пользователя может работать как с независимой (DT) так и с инверсно зависимой (IDMT) время токовой характеристикой срабатывания. Для третьей и четвертой ступеней предусмотрены только независимые характеристики срабатывания. Ступени МТЗ интегрированные в моделях реле P543, P544, P545 и P546 идентичны описанным выше, по желанию пользователя могут быть направленными вперед/назад или ненаправленными. Ступени защиты независимы друг от друга и могут быть введены в работу по выбору пользователя. Кроме этого имеется возможность индивидуального ввода в работу ступеней МТЗ при обнаружении неисправности канала используемого для связи полуккомплектов дифференциальной защиты.

Орган контроля исправности цепей ТН, по выбору пользователя, может либо блокировать орган определения направления КЗ либо снимать контроль направленности (т.е. делать МТЗ ненаправленной).

Органы защиты максимального тока должны быть согласованы с другими защитами в системе, для обеспечения селективного отключения КЗ. В таблице 7 приведена колонка меню защиты максимального тока.

OVERCURRENT	Уставка по умолчанию	Мин	Макс	Шаг
I>1 Status (Статус I>1)	Enabled (Введено)	Disabled, Enabled, Enabled Ch Fail (Выведено, Введено, Ввод при неисправности канала защиты)		
I>1 Function	IEC S Inverse	DT (независимая), IEC S Inverse (МЭК Стандартная инв.), IEC V Inverse (МЭК Очень инв.), IEC E Inverse (МЭК Чрезвычайно инв.), UK LT Inverse (UK Продолжительно инв.), IEEE M Inverse (IEEE Умеренно инв.), IEEE E Inverse (IEEE Чрезвычайно инв.), US Inverse (US Инверсная), US ST Inverse (US Кратковременно инверсная)		

I>1 Directional {P543, P544, P545, P546}	Non-directional	Non-directional (Ненаправленная), Directional Fwd (Направленная вперед), Directional Rev (Направленная назад)		
I>1 Current Set (Ток срабат.)	1 In	0.08 In	4.0 In	0.01 In
I>1 Time Delay (Время срабат.)	1 сек	0 сек	100 сек	0.01 сек
I>1 TMS	1	0.025	1.2	0.025
I>1 Time Dial	7	0.5	15	0.1
I> Reset Char (хар-ка возвр.)	DT	DT (Независимая), Inverse (инверсная)		
I> t RESET	0 сек	0 сек	100 сек	0.01 сек
I>2	Аналогично ступени I>1			
I>3 Status (Статус I>3)	Enabled (Введено)	Disabled, Enabled, Enabled Ch Fail (Выведено, Введено, Ввод при неисправности канала защиты)		
I>3 Directional {только P543, P544}	Non-directional	Non-directional (Ненаправленная), Directional Fwd (Направленная вперед), Directional Rev (Направленная назад)		
I>3 Current Set (Ток срабат.)	1 In	0.8 In	32 In	0.01 In
I>3 Time Delay (Время срабат.)	1 сек	0 сек	100 сек	0.01 сек
I>3 Intertrip (телеоткл-е)	Enabled (Введено)	Disabled, Enabled, (Выведено, Введено)		
I>4	Аналогично I>3 за исключением функции Intertrip (телеотключение)			
I> Char Angle (Угол м.ч.) (Только P543, P544, P545, P546)	30 ⁰	-95 ⁰	+95 ⁰	1 ⁰
I> Function link (Функц. связь)	00001111	00000000	11111111	1

Таблица 8. Уставки МТЗ

Функциональная связь (I> Function Link) МТЗ служит следующим целям:

VTS Block (Блокировка при неисправности цепей ТН) – если соответствующий бит установлен в «1», то при срабатывании функции контроля исправности цепей ТН (VTS) блокирует соответствующую ступень МТЗ если она направленная. Если данный бит установлен в «0» то данная ступень становится ненаправленной при срабатывании функции контроля исправности цепей ТН.

A/R Block (Блокировка от АПВ) – логика функции АПВ может быть конфигурирована на блокирование МТЗ после заданного количество попыток автоматического повторного включения. Если функция АПВ действует на

блокирование МТЗ то будут заблокированы только те ступени для которых соответствующий бит установлен в «1» в меню "I> Function Link" (Функциональная связь функции I>).

При работе с зависимыми характеристиками доступны следующие опции.

При использовании кривых IEC/UK используется формула:

$$t = T \times \left(\frac{K}{(I/I_s)^\alpha - 1} + L \right)$$

При использовании кривых IEEE/US используется формула:

$$t = TD \times \left(\frac{K}{(I/I_s)^\alpha - 1} + L \right)$$

t = время срабатывания

K = постоянная величина

I = измеряемый ток

I_s = уставка тока срабатывания

α = постоянная величина

L = константа формулы ANSI/IEEE (равна нулю для кривых IEC)

T = коэффициент множителя времени (TMS) кривых IEC/UK

TD = коэффициент кратности времени (TD) кривых IEEE/US

Характеристики IDMT (инверсно зависимые)

Тип кривой IDMT	Стандарт	Константа K	Константа α	Константа L
SI (Стандартная инв.)	IEC	0.14	0.02	0
VI (Очень инверсная)	IEC	13.5	1	0
EI (Чрезвычайно инв.)	IEC	80	2	0
LTI (Продолжительно инв.)	UK	120	1	0
MI (Умеренно инверсная)	IEEE	0.0515	0.02	0.114
VI (Очень инверсная)	IEEE	19.61	2	0.491
EI (Чрезвычайно инв.)	IEEE	28.2	2	0.1217
I (Инверсная)	US – CO 8	5.95	2	0.18
STI (Кратковременно инв.)	US – CO 2	0.16758	0.02	0.11858

Таблица 9.

ПРИМЕЧАНИЕ:

Обратите внимание на то, что параметры кривых IEEE и US задаются отлично от кривых IEC/UK в части уставок времени срабатывания. Для кривых IEC используется коэффициент множителя времени (TMS) в то время как для кривых IEEE/US используется коэффициент кратности времени (TD). Оба коэффициента действуют

как кратность времени по отношению к базовой характеристике с той разницей что диапазон значений коэффициента TD примерно в 10 раз больше чем у коэффициента TMS, как видно из предыдущего меню. Меню выполнено таким образом что если выбрана одна из кривых IEC/UK ячейка “I> Time Dial” становится невидимой а видимой становится ячейка “TMS” и наоборот.

2.4.1 Телеотключение при работе МТЗ

Если третья ступень МТЗ конфигурирована на работу с высокой уставкой срабатывания по току и без выдержки времени то возможна конфигурация реле на посылку сигнала телеотключения на противоположный конец линии при срабатывании данной ступени. Данная команда телеотключения является фазоселективной и следовательно может быть использована в сочетании со схемой однофазного отключения.

При использовании органов МТЗ работающих без выдержки времени необходимо обеспечить селективность при отключении повреждений. Это требование может быть выполнено если уставка срабатывания данной ступени МТЗ будет больше максимального тока в конце защищаемой линии в максимальном режиме работы системы (минимальный импеданс источника мощности). Это обеспечивает срабатывание ступени только при замыканиях в пределах линии.

2.4.2 Резервная МТЗ при неисправности связи дифф. защиты

Преимущество ввода максимальной токовой защиты при неисправности канала связи дифференциальной защиты заключается в том, что это позволяет сократить время отключения короткого замыкания от резервной защиты при отказе основной защиты. Пояснение к этому приведено на примере использования реле для защиты кольцевой сети, показанному на рис.22.

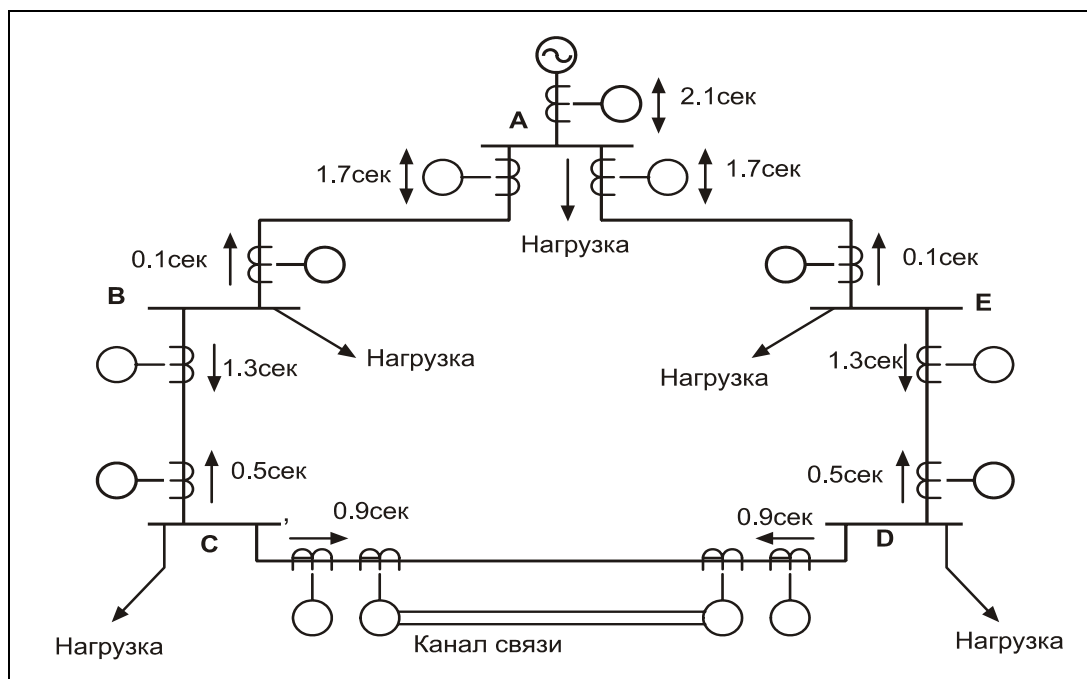


Рис.22: Применение резервной МТЗ для защиты кольцевой сети

Если для защиты кольцевой сети применяется МТЗ, то традиционные принципы согласования реле ведут к типовым временам срабатывания реле, как показано на приведенном выше рисунке. Это обуславливает установку больших выдержек времени особенно вблизи источников питания (на ПС на отходящих фидерах установлена выдержка времени 1,7 сек.).

Если для каждой из линий в качестве основной защиты использована дифференциальная защита с направленной МТЗ в качестве резервной, это позволит существенным образом сократить времена отключения от направленных МТЗ. В качестве примера рассмотрим линию электропередачи между ПС «С» и «D» на которой с каждой стороны направленная МТЗ работает с выдержкой времени 0,9сек. Если эта защита будет вводиться только при неисправности канала связи дифференциальной защиты то время работы МТЗ в рассматриваемой сети могут быть уменьшены. В работе остаются только МТЗ связанные с линией «С-D» и источником питания на ПС «А». Следовательно необходимо выполнять согласование только между этими реле. Таким образом выдержки времени на реле между 'С' и 'D' могут быть установлены 0,1 сек, а на вводе (источник питания), например 0,5 сек. Данный принцип равным образом применим к другим цепям (линиям) вдоль кольцевой сети, то позволяет установить на всех реле (МТЗ) подстанций 'В', 'С', 'D' и 'Е' могут иметь типовую выдержку времени 0,1 сек.

Этот принцип также применим для линий с ненаправленными защитами максимального тока, поскольку селективное определение и локализация места повреждения выполняется дифференциальными защитами этих линий.

Приведенные выше времена можно рассматривать лишь как типовые. При выборе времени срабатывания этих максимальных токовых защит необходимо обеспечивать селективность с защитами на фидерах нагрузки.

2.4.3 Пример выбора уставок

Выбранные уставок ступеней МТЗ с выдержками времени на срабатывание должны обеспечивать селективное отключение КЗ. В данном разделе не приводится пример согласования защит. Описание известных принципов согласования токовых защиты можно найти в «Руководстве по релейной защите и автоматике» (издание АРЕВА), а также других специализированных материалов и руководящих указаниях действующих в энергосистеме. В примере уставок приведенном ниже, рассматривается лишь вопрос применения второй ступени для обеспечения быстродействующей (без выдержки времени) защиты.

Во первых необходимо обеспечить работу ступени лишь при коротких замыканиях на защищаемой линии. Рассматриваемая система показана на рис.21. Худшим случаем для данной сети можно считать ситуацию когда в работе находится только одна цепь по которой будет протекать наибольший ток.

Следует рассмотреть два случая. Первый случай это короткое замыкание на шинах ПС «Б», при этом реле измеряют ток питания КЗ со стороны ПС «В». Второй случай это КЗ на шинах ПС «В», при котором реле измеряют ток питания КЗ со стороны ПС «Б».

Случай 1:

$$\text{Импеданс системы} = (230^2 \text{ кВ}) / 5000 \text{ МВА} = 10.58 \text{ Ом}$$

$$\text{Импеданс линии} = 48.4 \text{ Ом}$$

$$\text{Ток измеряемый реле} = 230000 / (\sqrt{3} \times [10.58 + 48.4]) = 2251 \text{ A}$$

Случай 2:

$$\text{Импеданс системы} = (230^2 \text{ кВ}) / 3000 \text{ MVA} = 17.63 \text{ Ом}$$

$$\text{Импеданс линии} = 48.4 \text{ Ом}$$

$$\text{Ток измеряемый реле} = 230000 / (\sqrt{3} \times [17.63 + 48.4]) = 2011 \text{ A}$$

Следовательно уставка МТЗ должна быть не менее 2251А. Для обеспечения необходимого минимального запаса задается уставка в 130% (т.е 1,3 x 2251А = 2961А).

Реле подключено к ТТ с Ктт 1200/5А. Уставка выраженная в кратности к номинальному вторичному току составляет $(2961/1200) \times I_n = 2.468 I_n$.

Уставка задаваемая в реле для ступени I>2 (Current Set) = 2.47 I_n

2.4.4 Уставки угла максимальной чувствительности направленной МТЗ

Направленная МТЗ в реле P540 использует 90° градусную схему подключения. Обычно задаются следующие значения характеристического угла (φ м.ч.):

+30° для «чистых» (без трансформаторов в зоне защиты) фидеров, источник нулевой последовательности находится «за спиной» реле.

+45° для трансформаторных фидеров, источник нулевой последовательности находится впереди по отношению к реле.

2.5 Защита от теплового перегруза

Защита от теплового перегруза служит для защиты первичного оборудования от режимов работы с температурой активных частей превышающей максимально допустимую рабочую температуру. Продолжительная работа при повышенной температуре ведет к преждевременному старению изоляции и в крайнем случае к пробое изоляции.

Для моделирования теплового состояния защищаемого объекта (нагревание/остывание) в реле используются данные измеряемого тока нагрузки защищаемой линии. Функция теплового перегруза имеет ступень сигнализации и отключения.

Тепловая энергия выделяющаяся на активных частях оборудования, будь то кабель или трансформатор, представляет собой активные потери ($I^2R \times t$). Отсюда следует, что нагрев прямо пропорционален квадрату тока. Следовательно характеристика защиты от теплового перегруза используемая в реле базируется на квадрате тока интегрированного по времени. В реле автоматически используется наибольший из фазных токов в качестве входа для функции защиты от тепловой перегрузки.

Оборудование рассчитано на постоянную работу при температуре соответствующую номинальной нагрузке при которой наступает баланс между выделяющейся и рассеиваемой в атмосферу тепловой энергией. При токе превышающем номинальный в течении некоторого времени наступает состояние температурной перегрузки. Известно, что рост температуры и ее снижение происходит по экспоненциальному закону.

Для использования защиты от теплового перегруза требуется ввод в реле тепловых постоянных защищаемого оборудования.

В следующем разделе показано что различные виды оборудования имеют различные тепловые характеристики объясняемые различиями конструкции. В реле представлены два типа тепловых характеристик, которые могут быть использованы в зависимости от применения реле.

2.5.1 Характеристика с одной постоянной времени

Данная характеристика может быть использована для защиты кабелей, сухих трансформаторов (например типа AN) и конденсаторных батарей.

Тепловая характеристика времени работы описывается формулой:

$$\exp(-t/\tau) = (I^2 - (k \times I_{FLC})^2) / (I^2 - I_P^2)$$

Где:

- t = время до отключения, после появления тока перегрузки I;
- τ = постоянная времени нагрева и остывания защищаемого объекта;
- I = наибольший из фазных токов
- I_{FLC} = максимально допустимый ток нагрузки (уставка реле 'Thermal Trip')
- k = константа 1.05, допускающая длительная работа с током $<1.05 I_{FLC}$
- I_P = установившийся ток режима предшествующего режиму перегрузки

Время до отключения зависит от кратности перегрузочного режима и тока предшествующего режиму перегрузки, т.е. переход в режим перегрузки был из «холодного» или «горячего» состояния объекта.

2.5.2 Характеристика с двумя постоянными времени

Данная характеристика может быть использована для защиты маслонаполненного трансформатора (например типа ONAN). Тепловая модель формируемая по данной характеристике аналогично предыдущей за исключением того что при расчете теплового состояния используются две постоянных времени. Характеристика срабатывания описывается следующей формулой:

$$0.4 \exp(-t/\tau_1) + 0.6 \exp(-t/\tau_2) = (I^2 - (k \times I_{FLC})^2) / (I^2 - I_P^2)$$

Где:

- τ_1 = постоянная времени нагрева/остывания обмотки трансформатора
- τ_2 = постоянная времени нагрева/остывания изолирующего масла

При незначительных перегрузках, тепловая энергия выделяющаяся в обмотках передается большому объему масла в трансформаторе. Таким образом при незначительных перегрузках тепловое состояние объекта рассчитывается по большой постоянной времени нагрева масла. Это обеспечивает защиту при общем повышении температуры масла.

При значительных перегрузках тепловая энергия выделяемая в обмотках не успевает передаться полностью в окружающее обмотки масло. Следовательно при больших кратностях перегрузки тепловое состояние рассчитывается с использованием постоянной времени нагрева обмоток трансформатора. Это обеспечивает защиту от перегрева обмотки в трансформаторе.

Таким образом защита от теплового перегруза использующая две постоянных времени служит для предотвращения преждевременного старения изоляции обмоток и снижения газообразования при перегреве масла. Однако следует помнить, что данная функция защиты не учитывает влияние температуры окружающей среды.

В следующей таблице приведены уставки конфигурирования тепловой защиты:

THERMAL (ТЕПЛ. ПЕРЕГР.)	Уставки по умолчанию	Мин	Макс	Шаг
Thermal Char (Тип хар-ки тепловой з-ты)	Single	Disable (Выведено), Single (одна постоянная времени), Dual (две постоянных времени)		
Thermal Trip (Тепл. на откл.)	In	0.08 In	3.2 In	0.01 In
Thermal Alarm (Тепл. на сигнал)	70%	50%	100%	1%
Time Constant 1 (Пост. врем. 1)	10 мин	1 мин	200 мин	1 мин
Time Constant 2 (Пост. врем. 2)	5 мин	1 мин	200 мин	1 мин

Таблица 10. Уставки защиты от теплового перегруза

Функция защиты от теплового перегруза обеспечивает индикацию на дисплее текущего теплового состояния защищаемого объекта в меню ИЗМЕРЕНИЯ. Текущее тепловое состояние может быть обнулено либо сигналом по опто изолированному входу реле (если таковой назначен для этого средствами программирования логической схемы реле) либо из меню с передней панели реле. Функция сброса теплового состояния находится в меню ИЗМЕРЕНИЯ, в ячейке текущего теплового состояния.

2.5.3 Рекомендации по выбору уставок

2.5.3.1 Одна постоянная времени

Уставка тока срабатывания тепловой защиты (Thermal Trip):

Thermal Trip = Длительно допустимый ток защищаемого оборудования / Ктт

Уставка реле 'Time Constant 1' (1-я постоянная времени). Типовые значения постоянных времени в минутах приведены в следующих таблицах.

Кабель с бумажной изоляцией в свинцовой оболочке или кабели с полиэтиленовой изоляцией, проложенные по поверхности и в кабельных лотках. В таблице приведены постоянные времени τ в минутах для кабелей различных классов напряжения и для различных сечения проводников.

Сечение мм ²	6-11кВ	22кВ	33кВ	66кВ
25-50	10	15	40	-
70-120	15	25	40	60
150	25	40	40	60
185	25	40	60	60
240	40	40	60	60
300	40	60	60	90

Таблица 11.

Другие виды оборудования:

	Постоянная времени τ (минуты)	Ограничения
Сухие трансформаторы	40 60-90	Мощность <400 кВА Мощность 400-800 кВА
Сухие реакторы без сердечника	40	
Батареи конденсаторов	10	
Воздушные линии	10	Сечение ≥ 100 мм ² медь или 150 мм ² алюминий
Шины	60	

Таблица 12.

При необходимости при достижении теплового состояния соответствующего уставке сигнализации тепловой защиты задаваемой в процентах от теплового состояния отключения реле действует на сигнал. Типовое значение уставки сигнализации 'Thermal Trip' = 70% от тепловой емкости объекта.

2.5.3.2 Две постоянных времени

Уставка тока срабатывания тепловой защиты (Thermal Trip):

Thermal Trip = Длительно допустимый ток защищаемого оборудования / Ктт

Типовые значения постоянных времени:

	τ_1 (минуты)	τ_1 (минуты)	Ограничения
Маслонаполненные трансформаторы	5	120	Мощность от 400 до 1600кВА

Таблица 13.

При необходимости при достижении теплового состояния соответствующего уставке сигнализации тепловой защиты задаваемой в процентах от теплового состояния отключения реле действует на сигнал. Типовое значение уставки сигнализации 'Thermal Trip' = 70% от тепловой емкости объекта.

Приведенные выше в таблицах постоянные времени можно рассматривать лишь как типовые значения. Во всех случаях применения данной функции необходимо

использовать материалы предоставляемые изготовителем оборудования для защиты которого предполагается использовать данную функцию реле.

2.6 Защита от замыканий на землю

В реле P540 интегрирована резервная защита от замыканий на землю. Для использования доступны две органа защиты ЗНЗ; первый орган использует вычисленное значение тока (ток нулевой последовательности вычисляется методом векторного суммирования значений трех фазных токов), второй орган высокой чувствительности (имеется только в моделях реле P543, P544, P545 и P546) может использоваться в случае необходимости очень низких уставок срабатывания по току. Чувствительная ЗНЗ имеет отдельный токовый вход, который нормально подключается к трансформатору тока с магнитным суммированием токов (ТТ нулевой последовательности). Каждый из органов защиты от замыканий на землю (ЗНЗ и ЧЗНЗ) имеет по четыре независимые ступени защиты. Первые две ступени могут быть конфигурированы на работу с независимыми или инверсно зависимыми характеристиками. Третья и четвертая ступени работают только с независимыми от тока характеристиками срабатывания. Каждая из ступеней может быть направленной вперед или назад или ненаправленной (только в моделях реле P543, P544, P545 и P546).

Защита от замыканий на землю (за исключением ЧЗНЗ) может, по желанию пользователя, вводиться в работу при обнаружении неисправности канала дифференциальной защиты.

Орган контроля исправности цепей напряжения может либо блокировать направленные ступени защиты либо делать их ненаправленными.

Ступени защиты от замыканий на землю должны быть согласованы с другими защитами установленными в сети для обеспечения селективной работы.

В таблицах 14 и 15, приведены меню уставок ЗНЗ и ЧЗНЗ.

EARTH FAULT (ЗНЗ)	Уставка по умолчанию	Мин	Макс	Шаг
IN>1 Status (Статус IN>1)	Enabled (Введено)	Disabled, Enabled, Enabled Ch Fail (Выведено, Введено, Ввод при неисправности канала защиты)		
IN>1 Function	IEC S Inverse	DT (независимая), IEC S Inverse (МЭК Стандартная инв.), IEC V Inverse (МЭК Очень инв.), IEC E Inverse (МЭК Чрезвычайно инв.), UK LT Inverse (UK Продолжительно инв.), IEEE M Inverse (IEEE Умеренно инв.), IEEE E Inverse (IEEE Чрезвычайно инв.), US Inverse (US Инверсная), US ST Inverse (US Кратковременно инверсная)		
IN>1 Directional {P543, P544, P545, P546}	Non-directional	Non-directional (Ненаправленная), Directional Fwd (Направленная вперед), Directional Rev (Направленная назад)		
IN>1 Current Set (Ток срабат.)	0.2 In	0.08 In	4.0 In	0.01 In
IN>1 Time Delay	1 сек	0 сек	100 сек	0.01 сек

EARTH FAULT (ЗНЗ)	Уставка по умолчанию	Мин	Макс	Шаг
(Время срабат.)				
IN>1 TMS	1	0.025	1.2	0.025
IN>1 Time Dial (30-я версия ПО и позднее)	1	0.1	100	0.05
IN>1 Time Dial	7	0.5	15	0.1
IN> Reset Char (хар-ка возвр.)	DT	DT (Независимая), Inverse (инверсная)		
IN>1 t RESET	0 сек	0 сек	100 сек	0.01 сек
IN>2 Аналогично ступени IN>1	По умолчанию ступень IN>2 выведена			
IN>3 Status (Статус IN>3)	Disabled (Выведено)	Disabled, Enabled, Enabled Ch Fail (Выведено, Введено, Ввод при неисправности канала защиты)		
IN>3 Directional {только P543, P544, P545, P546}	Non-directional	Non-directional (Ненаправленная), Directional Fwd (Направленная вперед), Directional Rev (Направленная назад)		
IN>3 Current Set (Ток срабат.)	10 In	0.08 In	32.0 In	0.01 In
IN>3 Time Delay (Время срабат.)	0 сек	0 сек	200 сек	0.01 сек
IN>4 (Аналогично IN>3)				
IN> Function Link (Функц. связь)	00001111	00000000	11111111	1
IN DIRECTIONAL {только P543, P544, P545, P546}	Подзаголовок			
IN> Char Angle (Угол м.ч.)	-60 ⁰	-95 ⁰	+95 ⁰	1 ⁰
IN> Polarisation (поляризация IN>)	Zero Sequence (U ₀)	Zero Sequence (U ₀), Neg sequence (U ₂)		
IN> Vn _{pol} Set (напр. поляр. U ₀)	5B	0.5B	25B	0.5B
IN> V2 _{pol} Set (напр. поляр. U ₂)	5B	0.5B	25B	0.5B
IN> I2 _{pol} Set (ток поляризации I ₂)	0.08 In	0.08 In	1 In	0.01 In

Таблица 14. Уставки защиты работающей по вычисленному значению $3I_0$

Функциональная связь (IN> Function Link) ЗНЗ служит следующим целям:

VTS Block (Блокировка при неисправности цепей ТН) – если соответствующий бит установлен в «1», то при срабатывании функции контроля исправности цепей ТН

(VTS) блокирует соответствующую ступень ЗНЗ если она направленная. Если данный бит установлен в «0», то данная ступень становится ненаправленной при срабатывании функции контроля исправности цепей ТН.

A/R Block (Блокировка от АПВ) – логика функции АПВ может быть конфигурирована на блокирование ЗНЗ после заданного количество попыток автоматического повторного включения. Если функция АПВ действует на блокирование ЗНЗ, то будут заблокированы только те ступени для которых соответствующий бит установлен в «1» в меню “IN> Function Link” (Функциональная связь функции IN>).

Инверсно зависимые характеристики ЗНЗ аналогичны с характеристиками используемыми для МТЗ от междуфазных замыканий.

SENSITIVE E/F (ЧЗНЗ) {только P543, P544, P545, P546}	Уставка по умолчанию	Мин	Макс	Шаг
Sens E/F Option (Режим ЧЗНЗ)	SEF Enabled (ЧЗНЗ Введена)	SEF Enabled (ЧЗНЗ Введена), Wattmetric SEF (Ваттметрическая ЧЗНЗ – защита по мощности нулевой последовательности)		
I SEF >1 Function	DT	Disabled (Выведена), DT (независимая), IEC S Inverse (МЭК Стандартная инв.), IEC V Inverse (МЭК Очень инв.), IEC E Inverse (МЭК Чрезвычайно инв.), UK LT Inverse (UK Продолжительно инв.), IEEE M Inverse (IEEE Умеренно инв.), IEEE E Inverse (IEEE Чрезвычайно инв.), US Inverse (US Инверсная), US ST Inverse (US Кратковременно инверсная)		
I SEF>1 Direction (Направленность)	Non-directional	Non-directional (Ненаправленная), Directional Fwd (Направленная вперед), Directional Rev (Направленная назад)		
I SEF>1 Current Set (Ток срабат.)	0.05 In	0.005 In	0.1 In	0.00025 In
I SEF>1 Time Delay (Время срабат.)	1 сек	0 сек	200 сек	0.01 сек
I SEF>1 TMS	1	0.025	1.2	0.025
I SEF>1 Time Dial (30-я версия ПО и позднее)	1	0.1	100	0.05
I SEF>1 Time Dial	7	0.5	15	0.1
I SEF>1 Reset Char (хар-ка возвр.)	DT	DT (Независимая), Inverse (инверсная)		
I SEF>1 t RESET (время возврата)	0 сек	0 сек	100 сек	0.01 сек
I SEF >2 Аналогично ступени I SEF >1	По умолчанию ступень I SEF>2 выведена			
I SEF>3 Status	Disabled	Disabled (Выведено), Enabled (Введено)		

SENSITIVE E/F (ЧЗНЗ) {только P543, P544, P545, P546}	Уставка по умолчанию	Мин	Макс	Шаг
(Статус I SEF>3)	(Выведено)			
I SEF >3 Directional (направленность)	Non-directional	Non-directional (Ненаправленная), Directional Fwd (Направленная вперед), Directional Rev (Направленная назад)		
I SEF >3 Current Set (Ток срабат.)	0.4 In	0.005 In	0.8 In	0.001 In
I SEF >3 Time Delay (Время срабат.)	0.5 сек	0 сек	200 сек	0.01 сек
I SEF >4 (Аналогично ISEF>3)	По умолчанию степень I SEF>4 выведена			
I SEF > Function Link (Функц. связь)	00001111	00000000	11111111	1
ISEF DIRECTIONAL	Подзаголовок			
I SEF > Char Angle (Угол м.ч.)	-60 ⁰	-95 ⁰	+95 ⁰	1 ⁰
I SEF > Polarisation (поляризация)	Zero Sequence (U ₀)	Zero Sequence (U ₀), Neg sequence (U ₂)		
I SEF > VN pol Set (напр. поляр. U ₀)	5B	0.5B	22B	0.5B
Wattmetric SEF	Подзаголовок			
PN> Setting (Уставка PN)	9Вт	0.9 In Вт	20.0 In Вт	0.05 In Вт

Таблица 15. Уставки чувствительной защиты от замыканий на землю

Функциональная связь (I SEF> Function Link) ЧЗНЗ служит следующим целям:

VTS Block (Блокировка при неисправности цепей ТН) – если соответствующий бит установлен в «1», то при срабатывании функции контроля исправности цепей ТН (VTS) блокирует соответствующую степень ЧЗНЗ если она направленная. Если данный бит установлен в «0», то данная степень становится ненаправленной при срабатывании функции контроля исправности цепей ТН.

A/R Block (Блокировка от АПВ) – логика функции АПВ может быть конфигурирована на блокирование ЧЗНЗ после заданного количество попыток автоматического повторного включения. Если функция АПВ действует на блокирование ЧЗНЗ, то будут заблокированы только те ступени для которых соответствующий бит установлен в «1» в меню “IN> Function Link” (Функциональная связь функции IN>).

Инверсно зависимые характеристики ЧЗНЗ аналогичны с характеристиками используемыми для МТЗ от междуфазных замыканий.

2.6.1 Направленная защита от замыканий на землю (только P543, P544, P545 и P546)

Как сказано в предыдущем разделе каждая из четырех ступеней стандартной или чувствительной защиты от замыканий на землю может быть направленной или ненаправленной, по желанию пользователя. Соответственно при использовании направленных защит необходимо подведение к реле напряжения поляризации.

Для стандартной ЗНЗ ($IN>$) имеются два варианта поляризации (выбора направления); напряжением нулевой последовательности или параметрами (ток и напряжение) обратной последовательности.

2.6.1.1 Поляризация напряжением нулевой последовательности

При замыканиях на землю необходимо иметь параметры позволяющие достоверно определить направление короткого замыкания (параметры поляризации). Поскольку всякое однофазное замыкание сопровождается появлением напряжения нулевой последовательности, этот параметр чаще всего используется для поляризации реле защиты от замыканий на землю. Это напряжение вычисляется в реле по трем напряжениям поступающим по трем входам напряжения питающимся от пятистержевого трансформатора напряжения или трех однофазных ТН. Эти типы трансформаторов напряжения позволяют выполнять вычисление напряжения нулевой последовательности программным способом. Средняя точка трех фазных трансформаторов должна быть заземлена. В трехстержевом ТН нет пути для замыкания суммарного потока и следовательно такие трансформаторы не должны использоваться для питания реле.

В нормально режиме работы сети возможно наличие небольшого напряжения нулевой последовательности вызванного несимметрией нагрузки, погрешностью ТН, неточностью измерения и т.п. Поэтому в реле имеется уставка ($IN> VN Pol Set$) минимального напряжения нулевой последовательности используемого для поляризации защиты от замыканий на землю, которая должна быть превешена для работы органа определения направления КЗ. На практике при нормальном режиме работы системы напряжение нулевой последовательности (U_0) составляет около 1% (т.е. $3U_0$ 3%), а ошибка ТН также может достигать 1%. Это говорит, что суммарный небаланс может достигать 5% от напряжения фаз-нейтраль, хотя типовые значения данной уставки задаются в диапазоне от 2% до 4%. В системах с резистивным заземлением нейтрали или с изолированной нейтралью данная уставка может быть повышена до 10% - 20% фазного напряжения, соответственно. Результат измерения напряжения нулевой последовательности ($3U_0$) выводимый на дисплей в меню «ИЗМЕРЕНИЯ» в период наладочных испытаний, может быть использован для выбора уставки минимального напряжения поляризации, поскольку данный параметр характеризует несимметрию системы в режиме нормальной работы.

Напряжение нулевой последовательности находится примерно в противофазе с током нулевой последовательности (сдвиг 180°). Соответственно реле направленной защиты от замыкания на землю поляризуются величиной ' $-3U_0$ '. Этот сдвиг в 180° выполняется в реле автоматически.

2.6.1.2 Поляризация параметрами обратной последовательности

В некоторых случаях использование напряжения нулевой последовательности для поляризации направленной защиты от замыканий на землю либо не

представляется возможным либо слишком затруднительно. Это может быть в том случае если отсутствует подходящий трансформатор напряжения, например в распоряжении имеется только трехстержевой ТН. Примером проблемы с поляризацией ЗНЗ может быть применение реле на параллельных линиях высокого или сверхвысокого напряжения с сильным влиянием взаимоиндукции нулевой последовательности.

В обоих из упомянутых случаев проблема может быть решена путем использования для поляризации ЗНЗ параметров обратной последовательности. Метод основан на поляризации напряжением и током обратной последовательности. Однако параметром по которому работает ЗНЗ остается ток нулевой последовательности (3I₀).

Данный выбор параметров поляризации доступен лишь для стандартной ЗНЗ и недоступен для ЧЗНЗ. Орган направления мощности определяет направленность КЗ если напряжение ток обратной последовательности превышают заданные значения 'IN> V2pol Set' и 'IN> I2pol Set', соответственно.

2.6.2 Общие принципы выбора уставок направленной защиты от замыканий на землю (DEF)

При задании уставки характеристического угла реле (φ м.ч.) для направленной МТЗ используются положительные значения углов. Это объясняется тем фактом что квадратура напряжения поляризации отстает от тока на 90°, т.е. ток при коротком замыкании опережает напряжение поляризации и следовательно используются положительные значения уставки характеристического угла органа направления мощности. Применительно к направленной ЗНЗ, ток нулевой последовательности при 1-ф КЗ отстает от напряжения поляризации. Таким образом для направленной ЗНЗ задаются отрицательные значения характеристических углов органа направления мощности. Данная уставка задается в ячейке меню 'IN> Char Angle' (Характеристический угол ЗНЗ).

Приводим рекомендуемые значения уставки характеристического угла органа направления мощности ЗНЗ при поляризации напряжением нулевой последовательности:

Системы с резистивным заземлением нейтрали ⇒ 0°

Распределительная сеть с изолированной нейтралью ⇒ -45°

Магистральная сеть с «глухозаземленной» нейтралью ⇒ -60°

При поляризации параметрами обратной последовательности, уставки характеристического угла должны базироваться на угле источника мощности обратной последовательности.

Чувствительная ЗНЗ может также использоваться в сети с заземлением нейтрали через дугогасящую катушку (катушка Петрерсена). Для получения дополнительной информации по такому применению обратитесь в подразделение Автоматизации и Информации отделения AREVA Передача и Распределение.

2.7 Функция определения отказа выключателя (УРОВ)

При возникновении короткого замыкания срабатывают одно или несколько устройств защиты и посылают команду на отключение выключателя присоединения на котором произошло замыкание. Отключение выключателя

должно локализовать повреждение для предотвращения или уменьшения объемов повреждения оборудования. Кроме этого, замедление в отключении короткого замыкания на линиях электропередачи может вызвать нарушение устойчивости системы. Общепринятой практикой является использование устройств резервирования отказа выключателя, контролирующего отключение выключателя в течение заданного времени. Устройство резервирования отказа выключателя срабатывает в случае, если ток короткого замыкания не прекратился по истечении установленного времени после подачи команды на его отключение.

Функция УРОВ может быть использована для локализации повреждения путем отключения вышестоящего выключателя при отказе выключателя ближайшего к месту КЗ. Кроме этого, срабатывание функции УРОВ позволяет деблокировать защиты вышестоящего выключателя путем принудительного возврата своих выходных реле (срабатывающих без выдержки времени от пусковых органов ступеней), использованных для блокирования вышестоящих защит.

В случае использования реле P544 или P546 контролируется работа двух выключателей. Если по соответствующих опто изолированным входам в реле поступает информация о статусе выключателей, функция УРОВ способна определить отказ любого из выключателей.

2.7.1 Конфигурация функции УРОВ

Функция УРОВ имеет два таймера 'CB Fail 1 Timer' и 'CB Fail 2 Timer', что позволяет выполнить несколько вариантов конфигурации функции:

Упрощенная конфигурация, с использованием только одного таймера 'CB Fail 1 Timer'. Данный таймер начинает отсчет выдержки времени при каждом срабатывании защиты на отключение и при нормальной работе выключателя отсчет выдержки времени прекращается после локализации повреждения. Если реле не определяет факт отключения выключателя, то по истечении выдержки времени таймера 'CB Fail 1 Timer' замыкаются контакты выходного реле связанного с работой функции УРОВ (средствами программирования логической схемы реле). Контакт данного выходного реле используется для подачи команды отключения на выключатель смежный с отказавшим, обычно это ввод на ту же секцию шин.

Конфигурация с действием «на себя» и на смежный выключатель. В этом случае с выдержкой таймера 'CB Fail 1 Timer' реле посылает команду отключения через второй соленоид отключения того же выключателя. Данная конфигурация УРОВ предполагает наличие второго соленоида выключателя. Для отключения смежных выключателей используется таймер 'CB Fail 2 Timer', который запускается также при действии защиты на отключение.

Таймеры 'CB Fail 1 Timer' и 'CB Fail 2 Timer' могут быть конфигурированы на запуск как от внутренних защит интегрированных в реле, так по внешнему сигналу отключения подаваемому в реле по опто изолированному входу. Это достигается назначением одного из логических входов реле на прием сигнала внешнего отключения 'External Trip' (Внешнее отключение).

2.7.2 Механизм сброса таймеров УРОВ

Обычной практикой является использование органа минимального тока с низкой уставкой для подтверждения факта отключения тока КЗ или тока нагрузки. Это позволяет преодолеть следующие проблемы:

Ненадежная работа вспомогательных контактов выключателя, или если статус выключателя полученный по положению его вспомогательных контактов считается недостаточной информацией для подтверждения отключенного положения выключателя.

Если выключатель начал выполнять операцию отключения но остановился в промежуточном положении. Это может привести к продолжительному горению дуги между главными контактами выключателя, кроме повреждения оборудования это вносит дополнительное сопротивление (дуги) в цепь протекания тока повреждения. Следовательно возврат защиты (из-за некоторого снижения тока) также не может служить достоверной информацией об отключении выключателя.

Поскольку практически все защиты используют ток в качестве параметра срабатывания, функция УРОВ использует орган минимального тока ($I<$) для подтверждения факта отключения выключателя и сброса таймеров функции. Однако использование только органа минимального тока может, в некоторых случаях применения, оказаться не достаточным для подтверждения отключенного положения выключателя. Доступные опции по сбросу таймеров функции приведены в следующей таблице.

Пуск (выбор в меню)	Механизм сброса таймеров УРОВ
Защиты основанные на токовом принципе (например, 50/51 – МТЗ, 46 – ТЗОП, 21- дистанционная защита, 87 – дифференциальная защита	Фиксированный механизм возврата. [срабатывание $I A<$] И [срабатывание $I B<$] И [срабатывание $I C<$] И [срабатывание $I N<$]
Орган чувствительной ЗНЗ	Фиксированный механизм возврата. [срабатывание $I SEF<$]
Внешняя защита	Доступны три опции. Пользователь может выбрать одну из данных опций. 1. [срабатывание всех $I<$ и $I N<$] 2. [съем внешнего сигнала] И срабатывание всех $I<$ и $I N<$ 3. Выключатель отключен 3 полюсами (по блок-контактам выключателя) И [срабатывание всех $I<$ и $I N<$]

Уставки конфигурации представлены в следующей таблице:

CB FAIL + I< (УРОВ с контролем по току)	Уставка по умолчанию	Мин	Макс	Шаг
Breaker Fail (УРОВ)	(Подзаголовок)			
CB Fail 1 Status (статус таймера tУРОВ 1)	Enabled (Введен)	Enabled (введен), Disabled (выведен)		
CB Fail 1 Timer (tУРОВ 1)	0.2 сек	0 сек	10 сек	0.01 сек
CB Fail 2 Status (статус таймера tУРОВ 2)	Enabled (Введен)	Enabled (введен), Disabled (выведен)		
CB Fail 2 Timer (tУРОВ 1)	0.4 сек	0 сек	10 сек	0.01 сек
Under Current (Минимальн. ток)	(Подзаголовок)			
I< Current Set (уставка I<)	0.1 In	0.02 In	3.2 In	0.01 In
I SEF< Current	0.02 In	0.001 In	0.8 In	0.00025 In
Blocked O/C (Блокирование МТЗ)	(Подзаголовок)			
Reset I> Start (Снять пуск I>)	Disabled (выведен)	Enabled (введен), Disabled (выведен)		
Reset IN> Start (Снять пуск IN>)	Disabled (выведен)	Enabled (введен), Disabled (выведен)		

Таблица 16.

Уставки 'Reset I> Start' и 'Reset IN> Start' используются для снятия пуска ступени МТЗ I> и ступени ЗНЗ IN> по истечению выдержки времени таймера функции УРОВ. Пуски снимаются если в соответствующей ячейке меню установлено 'Enabled' (Введен).

2.7.3 Типовые уставки

2.7.3.1 Уставки функции УРОВ

Типовые уставки таймеров:

Механизм сброса таймеров УРОВ	Выдержка времени таймера (УРОВ) tBF	Типовые выдержки для выключателей с временем отключения 2½ периода
Возврат защит	Время работы выключателя + время возврата защиты +погрешность таймера tBF + запас	50+50+10+50 = 160 мс
Отключение выключателя	Размыкание/замыкание блок-контактов выключателя + погрешность таймера tBF + запас	50+10+50 = 110 мс
Орган минимального тока	Время работы выключателя + макс. время работы I< + запас	50+12+50 = 125 мс

Таблица 17.

Обратите внимание на то что все варианты возврата таймеров функции УРОВ включают работу органа минимального тока. В тех случаях когда используется вариант возврата таймеров УРОВ при возврате защит (пустивших УРОВ) или по факту отключения выключателя (по блок-контактам) рекомендуется использовать возможность задания выдержки времени защиты минимального тока с целью резервирования.

В данном примере уставок предполагается использование выключателя с собственным временем отключения 2½ периода. Если в схеме управления используются промежуточные реле то необходимо добавить 10-15 мс к времени отключения выключателя.

2.7.3.2 Уставки защиты минимального тока функции УРОВ

Уставка органа минимального тока (I<) должна задаваться меньше чем ток нагрузки, для того чтобы срабатывание органа минимального тока говорило о размыкании полюсов выключателя. Типовое значение уставки для воздушных или кабельных линий составляет 20% I_n и 5% для УРОВ генераторных выключателей.

Уставка контроля тока ЧЗНЗ должна быть меньше соответствующей уставки отключения (I SEF> trip). Типовое значение уставки:

$$I_{SEF<} = (I_{SEF>} \text{ trip}) / 2$$

2.8 Защита при обрыве провода (линии)

Большинство повреждений случающихся в системе это замыкание одной фазы на землю или между двумя фазами и землей. Такой вид повреждений известен как шунтовые замыкания, которые могут возникнуть в результате разряда молнии или других перенапряжений вызывающих перекрытие или пробой изоляции. С другой

стороны, причиной таких замыканий могут быть птицы на линиях электропередачи или механические повреждения кабелей и т.п. Такие виды повреждений сопровождаются значительным увеличением тока и в большинстве случаев легко определяются защитами.

Другим типом несимметричных повреждений являются последовательные повреждения или обрыв цепи. Подобные повреждения могут быть результатом обрыва провода, неправильной работой одного из полюсов выключателя или срабатыванием предохранителей. Последовательные повреждения не сопровождаются увеличением тока и следовательно не определяются стандартными максимальными токовыми защитами. Тем не менее, такие повреждения являются причиной появления несимметрии и следовательно вызывают протекание тока обратной последовательности, который может быть использован для определения повреждения.

Токовая защита обратной последовательности может быть использована для определения подобных повреждений. Однако, на слабо нагруженной линии, ток обратной последовательности, появляющийся в результате последовательных (серийных) повреждений, может быть близок или даже меньше чем ток обратной последовательности нагруженной линии, вызванных погрешностями трансформаторов тока, несимметрией нагрузки и т.п. Следовательно, пусковой орган токовой защиты обратной последовательности не будет работать в режиме незагруженной линии.

В реле интегрирован измерительный орган, реагирующий на отношение токов обратной и прямой последовательности (I_2/I_1). Такое измерение в меньшей степени, чем просто измерение тока обратной последовательности, зависит от режима работы линии, поскольку отношение токов примерно постоянная величина при различных нагрузках. Следовательно, обеспечивается большая чувствительность защиты.

2.8.1 Рекомендации по выбору уставок

При размыкании одной из фаз, ток источника прямой последовательности включается последовательно с источниками обратной и нулевой последовательности в месте разрыва цепи.

В сети с единственной точкой заземления, ток нулевой последовательности будет незначителен и, следовательно, отношение токов I_2/I_1 , протекающих в защищаемой цепи, приближается к 100%. В сети с большим числом заземлений (при условии, что импедансы всех последовательностей равны), отношение I_2/I_1 составит 50%.

Отношение I_2/I_1 при различных значениях импедансов системы можно рассчитать по формуле:

$$I_{1F} = \frac{E_g(Z_2 + Z_0)}{Z_1 Z_2 + Z_1 Z_0 + Z_2 Z_0}$$

$$I_{2F} = \frac{-E_g Z_0}{Z_1 Z_2 + Z_1 Z_0 + Z_2 Z_0}$$

Где :

E_g = Напряжение системы

Z_0 = Импеданс нулевой последовательности

Z_1 = Импеданс прямой последовательности

Z_2 = Импеданс обратной последовательности

Следовательно :

$$I_{2F}/I_{1F} = Z_0/(Z_0+Z_2)$$

Отсюда следует, что для разомкнутой цепи в заданной точке системы, отношение I_2/I_1 может быть определено из отношения импедансов нулевой и обратной последовательностей. Однако следует отметить, что это отношение может изменяться в зависимости от места повреждения. Следовательно, желательно иметь уставку обеспечивающую максимально возможную чувствительность защиты. На практике минимальное значение уставки ограничивается уровнем тока обратной последовательности присутствующего в системе в нормальном режиме. Эта величина может быть определена путем анализа системы или измерена с помощью реле на стадии наладочных работ. Если последний метод считается приемлемым то измерения необходимо выполнять в максимальном нагрузочном режиме, что бы учесть всю однофазную нагрузку.

Следует учитывать что для надежной работы функции необходимо чтобы ток обратной последовательности составлял не менее 8%.

При задании чувствительных уставок, пусковой орган защиты будет срабатывать при возникновении любой несимметрии в системе (например, в цикле однофазного повторного включения). Следовательно, защита должна иметь большую выдержку времени, обеспечивающую согласование с другими защитами. Выдержку времени порядка 60с можно считать типовой.

Следует отметить что при неполнофазном режиме работы линии который может наступить вследствие работы 1-ф/3-ф АПВ, функция определения обрыва провода блокируется.

В таблице 17 приведены опции меню функции обрыва проводника, а также диапазоны регулирования уставок и уставки по умолчанию (заводские).

ТЕКСТ МЕНЮ	Уставка по умолчанию	Диапазон регулирования уставки		Шаг
		Мин	Макс	
GROUP 1 BROKEN CONDUCTOR (ГРУППА 1 ОБРЫВ ПРОВОДА)				
Broken Conductor (Обрыв провода)	Disabled (Выведена)	Enabled (Введена), Disabled (Выведена)		
I2/I1	1	0.2	1	0.01
I2/I1 Time Delay (выдержка врем.)	0 сек	0 сек	100 сек	1 сек

Таблица 18.

2.8.2 Пример выбора уставок

Измерения, выполненные при проведении наладочных работ:

$I_{full\ load} = 1000A$ (максимальный ток нагрузки)

$I_2 = 50A$

Отношение токов I_2/I_1 в нормальном режиме:

$I_2/I_1 = 50/1000 = 0.05$

Допуская возможные изменения нагрузки уставку равную 200% от этой величины можно принять как типовую: Следовательно, уставка Ratio $I_2/I_1 = 10\%$

Уставка времени срабатывания: 'I2/I1 Time Delay' = 60с, для обеспечения отключения коротких замыканий защитами с выдержкой времени.

2.9 Функция телеотключения

2.9.1 Разрешающее (Permissive) телеотключение

В реле P540 имеется возможность посылки сигнала разрешающего телеотключения по каналу связи защиты, как показано на рис. 23.

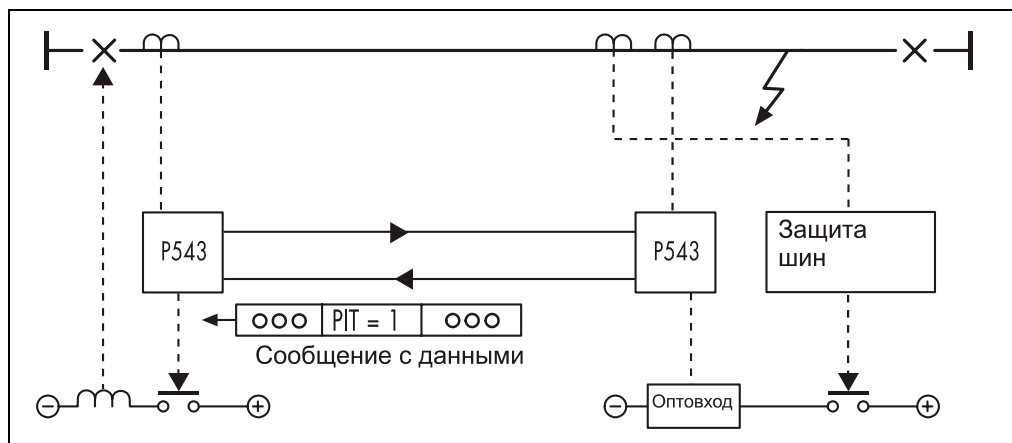


Рис. 23: Разрешающее телеотключение (PIT)

Для реализации этой логики необходимо назначить один из оптовходов. Когда активизируется назначенный таким образом оптовход на КОНЦЕ В, флаг PIT (Permissive Inter Trip) устанавливается в сообщении передаваемом по каналу связи. При получении данного сообщения на КОНЦЕ А, запускается таймер PIT, по истечении выдержки времени которого отключается выключатель при условии что ток превышает базовую уставку дифференциальной защиты ($I_s 1$). Реле при этом выдает сигнал "PERMISSIVE" (РАЗРЕШАЮЩИЙ) в систему сигнализации, который говорит что работала разрешающая логика телеотключения.

Таймер разрешающей логики TO "PIT Time" регулируется в диапазоне от 0 мс до 200 мс. Выдержка времени необходима для согласования времени действия с другими защитами. В примере, приведенном на рис. 23, необходимо установить задержку действия (TO) для того чтобы защита шин успела отработать в случае действительного КЗ на шинах. Типовое время устанавливаемое на этом таймере составляет 100-150мс.

2.9.2 Телеотключение конфигурируемое пользователем/ обмен командами между реле

В P540 предусмотрена возможность передачи по каналу связи защиты до 8 команд с логикой формирования заданной пользователем.

Этими командами могут быть команды прямого телеотключения как описано выше или использованы для построения схем телеускорения дистанционной или направленной защиты от замыканий на землю, командами дистанционного отключения выключателя противоположного конца при работе УРОВ ближнего выключателя, команда принудительного пуска АПВ с противоположного конца для обеспечения успешного АПВ с ближнего, командами передачи сигналов для диспетчерских систем управления (SCADA) с удаленного конца линии и т.д. Для использования данной возможности используется логика формирования логического состояния (с помощью графического редактора логической схемы реле – PSL) для каждого из 8 битов передаваемых данных. Пользователь строит логику для задания логического состояния 8 битов передаваемых на удаленный конец линии, а также логику обработки (реакции реле) при приеме 8 битов логической информации с удаленного конца линии.

2.9.2.1 Прямое (Direct) телеотключение

Ниже приведен пример команды телеотключения конфигурированного пользователем. В реле P540 предусмотрена возможность посылки сигнала прямого телеотключения по каналу связи защиты, как показано на рис. 24.

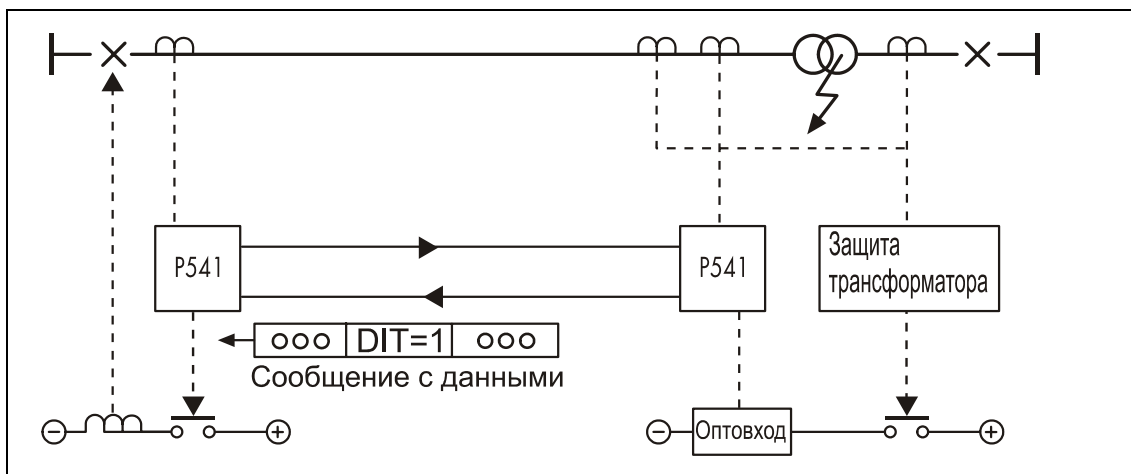


Рис. 24: Прямое телеотключение (DIT)

Для этого должен быть сконфигурирован один из оптовходов. При поступлении сигнала на этот оптовход формируется флаг DIT и включается в сообщение передаваемое по каналу связи. По получению данного сообщения реле на удаленном конце действует на замыкание назначенного для этой цели контакта выходного реле. При этом реле удаленного конца защищаемой линии выдает в схему сигнализации сигнал "DIRECT" (ПРЯМОЙ) говорящий о том что реле получило сигнал прямого телеотключения.

3. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ФУНКЦИЙ

3.1 Трехфазное АПВ (применительно к модели P542)

Анализ повреждений возникающих на линиях электропередач показывает, что 80-90% из них носят неустойчивый характер.

Неустойчивые повреждения, например, перекрытие изоляции, являются самоустраняющимися повреждениями, не наносящими ущерба оборудованию. Повреждения такого типа могут быть устранены путем отключения одного или нескольких выключателей и после восстановления напряжения повреждение отсутствует. Наиболее частой причиной подобных повреждений являются удары молнии. Другими причинами замыканий могут быть схлестывание проводов или мусор, заброшенный на провода ветром. Остальные 10-20% повреждений составляют непостоянные (дуговые) или постоянные.

Непостоянные повреждения могут быть вызваны небольшой веткой дерева упавшей на линию. В таком случае причина вызвавшее замыкание не может быть устранена путем немедленного отключения КЗ, но может быть исчезнуть (сгореть) при локализации повреждения защитами с выдержкой времени.

К постоянным повреждениям можно отнести такие повреждения как обрыв провода, замыкание в трансформаторе, замыкания в кабеле и электрическом двигателе. Такие повреждения должны быть локализованы, а повторная подача напряжения возможна лишь после устранения повреждения.

В большинстве случаев возникновения КЗ, линия вновь ставится под напряжение, если повреждение отключено без замедления и обеспечена достаточная бестоковая пауза необходимая для деионизации изоляционного промежутка. Автоматика повторного включения служит для автоматического повторного включения коммутационного аппарата по истечении заданного времени, истекшего с момента отключения от устройств релейной защиты и применяется в тех случаях, когда преобладают неустойчивые, непостоянные замыкания.

АПВ в распределительной сети высокого и среднего напряжения применяется в основном в сети с радиальной конфигурацией, т.е. там, где не возникает проблема нарушения устойчивости в системе. Основные преимущества в использовании АПВ сводятся к следующему:

- Сокращение времени перерывов в энергоснабжении
- Сокращение эксплуатационных расходов – меньше человеко-часов на ремонт повредившегося оборудования, и возможность эксплуатации подстанций без дежурного персонала. При использовании АПВ, шире используются защиты, работающие без выдержки времени, что сокращает время протекания тока КЗ и, соответственно, уменьшает объем повреждений и снижает количество развития неустойчивых замыканий в устойчивые.

Поскольку 80% замыканий на воздушных линиях электропередачи носят неустойчивый характер, исключение перерывов в энергоснабжении в результате таких повреждений является несомненным преимуществом применения АПВ. Кроме этого, использование АПВ позволяет эксплуатировать часть подстанций без дежурного персонала. При этом сокращается количество посещений необслуживаемых подстанций для ручного включения выключателей после отключения повреждений, что особенно актуально для удаленных объектов.

Важным преимуществом использования АПВ на линиях с защитами согласованными по времени действия состоит в возможности использования ступеней без выдержки времени для первого отключения. При быстром отключении, длительность горения дуги возникшей в результате замыкания, сокращается до минимума, уменьшая тем самым повреждения оборудования или вероятность перехода неустойчивого повреждения в устойчивое. Использование защит с малыми выдержками времени, кроме того, предотвращает перегорание предохранителей и сокращает объем технического обслуживания коммутационных аппаратов из-за меньшего их нагрева токами КЗ.

Следует отметить, что при использовании защит (ступеней) с минимальными выдержками времени в сочетании с устройством многократного АПВ, быстродействующие ступени обычно блокируются после первого отключения. Следовательно, если замыкание не устранилось в цикле АПВ, то последующее отключение выполняется селективными защитами для изолирования лишь поврежденного участка сети. Однако, в некоторых случаях использования многократного АПВ, быстродействующие ступени блокируются после нескольких неселективных отключений.

В некоторых случаях используется несколько попыток включения с отключениями от селективных защит (после первого отключения от неселективной защиты) с целью выжигания причины возникновения непостоянного КЗ. Такие схемы также могут быть использованы для обеспечения перегорания предохранителей на отпаечных фидерах, если по ним протекает недостаточный для перегорания предохранителя ток повреждения.

При рассмотрении вопроса применения АПВ на комбинированных фидерах состоящих из кабельной и воздушных линий, необходимо принимать решение основываясь на вероятности неустойчивых повреждений. Если большая часть повреждений носит устойчивый характер, то применение АПВ не принесет большой выгоды потому, что повторное включение поврежденного кабеля приведет к еще большему повреждению.

В следующей таблице приведены опции меню конфигурирования функции АПВ, включая диапазон регулирования уставки и заводские уставки (по умолчанию).

ТЕКСТ МЕНЮ	Уставка по умолчанию	Диапазон регулирования уставки		Шаг
		Мин	Макс	
CB CONTROL (КОНТРОЛЬ ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ)				
AR Telecontrol (Телеуправление режимом работы АПВ)	No Operation (Не выполнять) ячейка управления	Auto (Автоматическое повторное включение) / Non Auto (не автоматическое повторное включение)		
A/R Status (Статус АПВ)	Auto	Auto / Non Auto	Индикация введенного /выведенного АПВ согласно выбора выполненного командой телеуправления	
Total Reclosures (Общее кол-во циклов АПВ)	X		Общее количество попыток автоматического повторного включения выполненных реле	

ТЕКСТ МЕНЮ	Уставка по умолчанию	Диапазон регулирования уставки		Шаг
		Мин	Макс	
Reset Total A/R (Сброс статистики АПВ)	No (Нет) Ячейка управления		No/Yes (Нет/Да)	
GROUP 1: AUTORECLOSE (ГРУППА 1: АПВ)				
Number of Shots (Кол-во циклов АПВ)	1	1	4	1
Dead Time 1 (tАПВ 1)	10 сек	0.01 сек	300 сек	0.01 сек
Dead Time 2 (tАПВ 2)	60 сек	0.01 сек	300 сек	0.01 сек
Dead Time 3 (tАПВ 3)	180 сек	0.01 сек	9999 сек	0.01 сек
Dead Time 4 (tАПВ 4)	180 сек	0.01 сек	9999 сек	0.01 сек
CB Healthy Time (время готовности выключателя)	5 сек	0.01 сек	9999 сек	0.01 сек
tReclaim Extend (продолжение времени готовности АПВ)	Continue (продолжить)	Suspend (приостановить)/ Continue (продолжить)		
tReclaim Time (время готовности АПВ)	180 сек	1 сек	600 сек	0.01 сек
A/R Inhibit Time (время запрета АПВ)	5 сек	0.01 сек	600 сек	0.01 сек
EEF Maint Lock (блокировка мгновенных защит по тех. состоянию выключателя)	Allow Tripping	Allow Tripping (Разрешено отключение), Block Tripping (Отключение заблокировано)		
Trip 1 Main	No Block (не блокировать)	No Block (не блокировать) / Block Inst Prot (блокировать мгновенные защиты)		
Trip 2 Main	No Block	No Block / Block Inst Prot		
Trip 3 Main	No Block	No Block / Block Inst Prot		
Trip 4 Main	No Block	No Block / Block Inst Prot		
Trip 5 Main	No Block	No Block / Block Inst Prot		
Reset Lockout by (сброс блокировки АПВ при)	User Interface	User Interface (интерфейс пользователя) / Select NonAuto (путем выбора «без АПВ»)		
AR INITIATION (ПУСК АПВ)	Подзаголовок			

ТЕКСТ МЕНЮ	Уставка по умолчанию	Диапазон регулирования уставки		Шаг
		Мин	Макс	
Phase Diff AR (Пуск АПВ от дифф. защиты при м/ф КЗ)	Initiate AR	No Action (не пускать АПВ) / Initiate AR (пускать АПВ/ Block AR (блокировать АПВ)		
Neutral Diff AR (Пуск АПВ от Дифф. защиты при 1/ф КЗ)	No Action	No Action (не пускать АПВ) / Initiate AR (пускать АПВ/ Block AR (блокировать АПВ)		
I>1 AR (пуск от I>1)	No Action	No Action / Initiate AR / Block AR		
I>2 AR (пуск от I>2)	No Action	No Action / Initiate AR / Block AR		
I>3 AR (пуск от I>3)	No Action	No Action / Initiate AR / Block AR		
IN>4 AR (пуск от IN>4)	No Action	No Action (не пускать АПВ) / Initiate AR (пускать АПВ/ Block AR (блокировать АПВ)		
IN>1 AR (пуск от IN>1)	No Action	No Action (не пускать АПВ) / Initiate AR (пускать АПВ/ Block AR (блокировать АПВ)		
IN>2 AR (пуск от IN>2)	No Action	No Action (не пускать АПВ) / Initiate AR (пускать АПВ/ Block AR (блокировать АПВ)		
IN>3 AR (пуск от IN>3)	No Action	No Action (не пускать АПВ) / Initiate AR (пускать АПВ/ Block AR (блокировать АПВ)		
IN>4 AR (пуск от IN>4)	No Action	No Action (не пускать АПВ) / Initiate AR (пускать АПВ/ Block AR (блокировать АПВ)		

Таблица 19.

В дополнение к данным уставкам необходимо задавать функциональные связи в колонках меню OVERCURRENT AND EARTH FAULT (МТЗ И ЗНЗ) для связи логики действия на АПВ на токовые защиты. Обратитесь к разделу МТЗ и ЗНЗ.

Для работы функции АПВ в реле необходимо подать информацию о статусе (положении) выключателя.



Рис. 25: Временная диаграмма работа АПВ в P542

3.1.1 Логические входы/выходы функции АПВ

3.1.1.1 Опто изолированные логические входы функции АПВ

Функция АПВ использует информацию по трем логическим входам, которые должны быть назначены на прием данной информации с помощью графического редактора программирования логической схемы реле. Внешние устройства могут влиять на работу функции АПВ посредством подачи в реле информации по данным входам. Далее приведено описание функционального назначения данных входов с указанием их номера на шине цифровых данных (DDB).

Для подачи внешних сигналов в реле могут использоваться как замыкающиеся так и размыкающиеся контакты (инвертирование выполняется в PSL).

3.1.1.1.1 Готовность выключателя ('CB Healthy')

Большинство выключателей рассчитываются на запас энергии достаточный для выполнении только одного цикла О–ВО. Следовательно до подачи команды включения выключателя от АПВ необходимо информировать реле что запас энергии выключателя достаточен для отключения в случае включения не КЗ. Для этого реле контролирует наличие входного сигнала DDB 296: 'CB Healthy' до подачи команды автоматического повторного включения. Если к моменту истечения выдержки времени таймера длительности бестоковой паузы, в реле будет отсутствовать информация о готовности выключателя (DDB 296: 'CB Healthy'), работа функции АПВ будет заблокирована и выключатель останется в отключенном положении.

Контроль готовности выключателя может быть не использован, при этом ни один оптовход реле не связывается с сигналом DDB 296: 'CB Healthy' и ему автоматически будет присваиваться значение логической «1». Назначение входного сигнала (DDB 296: 'CB Healthy') в PSL без подключения к нему логического входа или подключение к нему инвертированного входа, для функции АПВ будет означать, что выключатель всегда готов (т.е. его привод всегда имеет достаточный запас энергии). Альтернативным вариантом конфигурации может быть связь сигнала DDB 296: 'CB Healthy' с блок-контактов выключателя замыкающимся при отключении выключателя 52b (код ANSI).

3.1.1.1.2 Блокировка АПВ ('BAR')

Вход DDB 308: BAR предназначен для блокировки пуска АПВ или блокировки АПВ в процессе его работы. Данный вход может быть использовать в случае если требуется работа защит без последующего АПВ. Типичным случаем использования данного входа может быть трансформаторный фидер, где допускается пуск АПВ от защит фидера и не допускается АПВ при работе защит от внутренних повреждений в трансформаторе.

3.1.1.1.3 Сброс блокировки АПВ (Reset Lockout)

Вход DDB 306: Reset Lockout может быть использован для деблокирования функции АПВ и сброса сигналов связанных с работой данной функции, при условии что исчез сигнал (условия) вызвавшие блокировку функции АПВ.

3.1.1.2 Логические выходы функции АПВ

Следующие DDB сигналы могут быть назначены на срабатывание выходных реле средствами графического программирования логической схемы (PSL) либо

назначены в качестве контрольных битов для вывода на дисплей в режиме настройки, с целью вывода информации о текущем состоянии и работе функции АПВ. Назначение DDB сигналов и поясняющий текст идентификации сигналов приведены в следующих разделах документа.

3.1.1.2.1 АПВ в процессе работы ('AR in progress')

Сигнал DDB 531: сигнал о работе 3-полюсного АПВ присутствует в течении всего цикла АПВ, т.е. от пуска до окончания отсчета выдержки таймера готовности.

3.1.1.2.2 Успешное включение ('Successful close')

Сигнал DDB 539: Сигнал «Успешное включение» сигнализирует о том, что цикл АПВ успешно завершен. Сигнал успешного включения выдается после включения выключателя отключенного от защиты после чего короткое замыкание устранилось и истекла выдержка времени готовности АПВ к повторному действию. Сигнал «Успешное включение» снимается при следующем отключении выключателя либо одним из методов деблокирования; см. п.3.1.3.6.1 «Съем блокирования».

3.1.1.2.3 Статус АПВ ('AR Status')

Сигнал DDB 542: Выход «Статус АПВ» говорит о том введена или выведена функция АПВ. АПВ в работе если находится в режиме «Автоматическое» (Auto) и соответственно выведено если находится в режиме «Не автоматическое» (Non Auto).

3.1.1.2.4 ('Block main prot')

Сигнал DDB 529: Логический выход говорит о том что мгновенные органы максимальных токовых защит ($I>3$, $I>4$, $IN>3$, $IN>4$) будут заблокированы в цикле АПВ. Блокирование ступеней задается в меню 'DEF Maint Block' и 'Trip 1/2/3/4/5 Main' и выполняется лишь при условии что меню конфигурации ЗНЗ и МТЗ в ячейках меню «Функциональная связь» ('I> Function Link' и 'IN> Function Link') установлены в «1» биты соответствующие выбранным ступеням токовых защит.

3.1.1.2.5 Бестоковая пауза АПВ продолжается ('Dead T in prog')

Сигнал DDB 540: Данный логический выход функции говорит о том что продолжается отсчет таймера бестоковой паузы АПВ. Сигнал может использоваться при выполнении проверки работы функции при наладке.

3.1.1.2.6 Автоматическое включение 'Auto Close')

Сигнал DDB 541: Данный выходной логический сигнал говорит о том что реле выдало сигнал на включение выключателя. Сигнал может быть использован при проверке работы АПВ при наладке. Данный сигнал подается на таймер длительности команды включения и остается активен до включения выключателя. Сигнал может быть полезен при выполнении проверки работы функции при наладке.

3.1.1.3 Сообщения сигнализации при работе функции АПВ

Следующие сигналы DDB генерируют сообщения сигнализации. Ниже приведено описание данных сигналов и текст идентификации среди сигналов DDB.

3.1.1.3.1 Неготовность выключателя для АПВ 'AR CB unhealthy' (фиксируется)

Сигнал DDB 164: информация о неготовности выключателя появляется в том случае если до истечения выдержки времени таймера ожидания готовности выключателя ('CB Healthy Window') не появился сигнал сигнализирующий о его готовности (DDB 296: 'CB Healthy'), что ведет к блокированию функции АПВ. Сигнал DDB 296: 'CB Healthy' сигнализирует от достаточном запасе энергии в приводе выключателя для включения по истечении выдержки таймера бестоковой паузы и последующего отключения (если не устранилось КЗ). Сигнал может быть снят одним из методов описанных в п. 3.1.3.6.1 «Съем блокирования».

3.1.1.3.2 Блокировка АПВ ('AR lockout') (без фиксации)

DDB 163: Появление данного сигнала («АПВ заблокировано») говорит что функция АПВ находится в состоянии «заблокировано» и дальнейших попыток включения от АПВ не последует; более подробная информация приведена в п. 3.1.3.6 «Съем блокирования».

3.1.2 Последовательность работы логики АПВ

Функция обеспечивает многократное трехфазное повторное включение. Возможно выполнение конфигурации для выполнения однократного, двукратного, трехкратного и четырехкратного АПВ в ячейке меню 'Number of Shots' (Количество циклов АПВ). Времена бестоковых пауз задаются индивидуально для каждого из циклов (попыток). Количество попыток повторного включения напрямую зависит от вида наиболее вероятных повреждений на защищаемой линии и уровня напряжения системы. Обычно в сети среднего напряжения, там, где высок процент неустойчивых замыканий, многократное АПВ увеличивает вероятность успешного восстановления энергоснабжения. Более подробная информация приведена в п. 3.1.4 «Рекомендации по выбору уставок».

Цикл АПВ может быть запущен внутренним сигналом при срабатывании функции защиты, при условии, что выключатель включен на момент срабатывания защиты. Таймер бестоковой паузы [79]ВРЕМЯ АПВ1 (Dead Time1), [79]ВРЕМЯ АПВ2 (Dead Time 2), [79]ВРЕМЯ АПВ3 (Dead Time 3) или [79]ВРЕМЯ АПВ4 (Dead Time 4) запускается при возврате защиты. По истечении времени бестоковой паузы, выдается сигнал на включение выключателя, при том, что выполняются необходимые условия. Такими условиями для включения выключателя являются подтверждение наличия синхронизма от внутреннего органа контроля синхронизма и наличие сигнала о готовности привода выключателя (сигнал на входе DDB 296: 'CB Healthy'). Сигнал включения выключателя «АПВ» ('CB Close') снимается сразу после включения выключателя.

После включения выключателя запускается таймер готовности АПВ «ВРЕМЯ ГОТОВНОСТИ АПВ» (Reclaim Time). Если выключатель не отключился вновь, функция АПВ возвращается в исходное состояние по истечению выдержки времени таймера готовности АПВ. Если выключатель отключается от защит до истечения выдержки времени готовности АПВ, запускается очередной цикл АПВ или наступает блокировка АПВ, если исчерпаны все запрограммированные попытки.

Суммарное количество попыток АПВ в каждом из циклов может быть выведено на дисплей реле в меню 'CB Control' (Контроль выключателя) в колонке 'Total Recloses' (Статистика АПВ). Накопленные значения могут быть сброшены путем

нажатия клавиши «С» (Очистить) подачей через меню команды 'Reset Total A/R' (Сброс статистики АПВ).

Более подробная информация приведена в разделе «Рекомендации по выбору уставок АПВ».

3.1.3 Основные параметры работы АПВ

3.1.3.1 Режимы работы

Функция АПВ может находиться в двух режимах работы:

1. AUTO (АВТОМАТИЧЕСКИЙ) АПВ в работе
2. NON AUTO (НЕ АВТОМАТИЧЕСКИЙ) АПВ выведено из работы

Телеуправление режимом работы АПВ (A/R Telecontrol) в колонке меню КОНТРОЛЬ ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ (CB CONTROL) может быть использовано для временного вывода из работы функции АПВ, если это требуется по условиям работы сети. Это обеспечивается заданием уставки 'Non-Auto' (не автоматический) в ячейке A/R Telecontrol (Телеуправление режимом АПВ).

Текущий режим работы функции АПВ может быть установлен проверкой значения в ячейке "AR Status" (Статус АПВ) в меню КОНТРОЛЬ ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ (CB CONTROL).

3.1.3.2 Пуск АПВ

Пуск АПВ выполняется от внутренних защит интегрированных в реле. Каждая ступень МТЗ и ЗНЗ может быть конфигурирована на пуск АПВ путем выбора соответствующей уставки (Пускать АПВ – Initiate AR/Не пускать АПВ – No Action/Блокировать АПВ- Block AR). Мгновенные ступени с высокой уставкой срабатывания которые могут быть использованы для определения КЗ в трансформаторе (для трансформаторных фидеров) конфигурируются на блокирование АПВ. Например, если для ступени I>1 задана уставка 'Initiate Main AR' то при работе этой ступени будет выполнен пуск АПВ, если для ступени IN>1 задана уставка 'No Action', то срабатывание IN>1 будет сопровождаться отключением выключателя без пуска АПВ.

Выбор режима пуска АПВ должен быть сделан для всех введенных в работу ступеней защиты.

3.1.3.3 Блокирование мгновенных защит в цикле АПВ

Мгновенные защиты могут быть заблокированы на работу с действием на отключении в циклах АПВ. Для этого используются уставки 'Trip 1/2/3/4/5 Main'. Это делает возможным блокирование действия на отключение (выводить из работы) мгновенных ступеней МТЗ и ЗНЗ. Например, если в ячейке 'Trip 1 Main' установлено значение 'No Block', а в ячейке 'Trip 2 Main' установлено значение 'Block Inst Prot', то мгновенные органы МТЗ и ЗНЗ будут введены в работу в нормальном режиме работы линии но будут заблокированы при первой попытке автоматического повторного включения последовавшей после срабатывания защит.

Мгновенные защиты также могут быть заблокированы если сработала блокировка при достижении технического состояния выключателя требующего технического обслуживания или сработала функция контроля количества отключений КЗ за

контролируемый (заданный) интервал времени. Например если счетчик количества операций выключателя ('No. CB Ops Lock') установлен на значение 100, а количество операций достигло 'CB Operations=99', мгновенные защиты могут быть заблокированы для того чтобы последнее отключение выключателя после которого наступит блокировка (по техническому состоянию выключателя) было от селективных защит. Выбор осуществляется в ячейке меню 'EEF Maint Lock'. Если в данной ячейке меню задано значение 'Block Inst Protection', то перед последним (до блокировки) отключением мгновенные защиты будут заблокированы.

ПРИМЕЧАНИЕ: Блокируемые мгновенные защиты должны быть идентифицированы в меню уставок 'OVERCURRENT' (МТЗ) и 'EARTH FAULT' (ЗНЗ) в ячейках задания функциональных связей 'I> Function Link' и 'IN> Function Link', соответственно.

3.1.3.4 Пуск таймера готовности АПВ

Уставка 'tReclaim on Strt' предоставляет пользователю возможность выбора работой таймера готовности АПВ к повторному действию. Если в качестве уставки задано значение 'Continue' (Продолжить) то отсчет выдержки таймера начавшийся с момента повторного включения выключателя будет продолжаться до истечения заданной выдержки времени. Следовательно в этом случае выдержка времени таймера готовности должна задаваться больше чем выдержка времени защит действующих с выдержкой времени для того чтобы эти защиты успели подействовать на отключение выключателя до истечения выдержки таймера готовности, после чего АПВ вновь будет в состоянии готовности к повторному действию. Если окажется что выдержка времени таймера готовности истекла до момента истечения выдержки времени защиты с выдержкой времени, то будут вновь введены (блокированные от АПВ) неселективные мгновенные ступени и может произойти неселективная работа защит.

В некоторых случаях применения целесообразно установить значение 'Suspend' (Приостановить). Такая уставка позволит остановить отсчет выдержки времени таймера готовности запущенного после повторного включения выключателя сигналом пуска от основных защит или чувствительной защиты от замыканий на землю. Сигнал «Пуск от основных защит» ('Main Protection Start') генерируется при пуске любой из защит которые работает с уставками 'Initiate AR' (Пускать АПВ) или 'No Action' (не пускать АПВ) заданными в меню пуска АПВ. Работа таймера готовности в этом режиме гарантирует что его выдержка времени истечет и тем самым вновь приведет АПВ в состояние готовности до истечения выдержки времени селективных защит работающих с выдержками времени. Поскольку при пуске защиты отсчет выдержки таймера готовности будет остановлен, нет необходимости в задании его выдержки времени больше времени работы селективных защит (с выдержкой времени). Малое время готовности АПВ позволяет предотвратить ненужный вывод АПВ в случае нескольких последовательных неустойчивых коротких замыканий происходящих за относительно непродолжительный интервал времени, что может случиться во время грозы. Более подробная информация по уставкам приведена в п.3.1.4 «Рекомендации по выбору уставок».

3.1.3.5 Запрет АПВ после ручного включения

Уставка таймера 'AR Inhibit Time' (время запрета АПВ) может быть использована для предотвращения АПВ после ручного включения выключателя на КЗ. Функция АПВ остается выведенной до истечения выдержки времени таймера запрета,

начинающего отсчет выдержки времени с момента ручного (оперативного) включения выключателя.

3.1.3.6 Блокировка АПВ

Если происходит срабатывание защиты во время отсчета выдержки времени таймера готовности АПВ после последней попытки автоматического включения выключателя (может быть задано уставкой до 4 попыток), функция АПВ переводится в состояние блокирования до того как не будет выполнено деблокирование функции. При этом будет генерировано сообщение сигнализации, DDB 163: AR Lockout (АПВ заблокировано). Входной сигнал DDB: BAR (Блокировать АПВ) кроме запрета АПВ переводит данную функцию в состояния блокирования даже если в это время запущен цикл АПВ.

В состоянии блокирования функция АПВ может быть также переведена если в нужный момент отсутствовал сигнал готовности привода выключателя и соответственно выключатель не включен от АПВ, т.е. сигнал 'CB Healthy' (Выключатель Готов) не был активирован к моменту истечения выдержки времени таймера 'CB Healthy Time' (Время готовности выключателя), что также сигнализируется появлением сигнала DDB 164: 'AR CB Unhealthy' (Неготовность выключателя к АПВ).

ПРИМЕЧАНИЕ: Блокирование функции АПВ может быть также вызвано работой функции контроля технического состояния выключателя, функцией контроля количества КЗ за заданный интервал времени, функцией контроля суммы отключенных выключателем токов, при отказе работы выключателя на отключение или включение, отсутствием синхронизма и неготовностью привода выключателя.

3.1.3.6.1 Съём блокирования

Входной сигнал DDB 188: 'Reset Lockout' (Съём блокирования) может быть использован для деблокирования функции АПВ и квитирования сообщений сигнализации связанной с работой функции, при условии что исчезли сигналы (условия) вызвавшие блокировку функции АПВ. Кроме этого съём блокирования может быть выполнен с передней панели реле из меню 'CB CONTROL' (КОНТРОЛЬ ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ) подачей команды 'Lockout Reset' (Съём блокирования) или нажатием клавиши «Сброс».

Для выбора метода сброса блокирования используется уставка задаваемая в ячейке 'Reset Lockout' (Съём Блокирования) меню 'CB CONTROL' (КОНТРОЛЬ ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ). Возможный выбор: 'CB Close' (Включение выключателя) и 'User Interface' (Интерфейс пользователя). При выборе значения 'CB Close' деблокирование АПВ будет происходить автоматически после ручного включения выключателя и истечении выдержки времени таймера запрета АПВ после ручного включения.

3.1.4 Рекомендации по выбору уставок

3.1.4.1 Количество попыток повторного включения

В каждом конкретном случае вопрос о кратности АПВ рассматривается индивидуально, поскольку не существует универсального решения. Обычно в сетях среднего напряжения используют только двукратное или трехкратное АПВ. Однако, в некоторых странах, можно встретить и четырехкратное АПВ. При выполнении четырехкратного АПВ последняя бестоковая пауза задается

достаточно продолжительной для того чтобы гроза успела пройти до последней попытки восстановления энергоснабжения. Такая организация АПВ позволяет избежать ненужной блокировки при нескольких последовательных неустойчивых повреждениях.

Обычно первое и иногда второе отключение выполняется от неселективных защит без выдержки времени, поскольку 80% всех замыканий носит неустойчивый характер. Последующие отключения выполняются от селективных защит согласованных по времени с увеличением времени бестоковой паузы в каждом последующем цикле имея целью устранить причину замыкания, если это непостоянное замыкание.

Для определения необходимого количества циклов АПВ необходимо принять во внимание следующие факторы:

- Возможность выключателя выполнять последовательно несколько операций включения-отключения и эффект от такой работы на периодичность обслуживания.
- Если статистическая информация в рассматриваемой системе дает существенный процент непостоянных замыканий, причина которых может быть сожжена, то использование двух или более попыток АПВ вполне оправдано. В дополнение к этому, если возникнет КЗ с небольшим током замыкания на отпайке, защищенной предохранителями, время перегорания которых больше времени срабатывания основной защиты линии с зависимой характеристикой, также может оказаться полезным иметь несколько попыток автоматического повторного включения. Это позволит разогреть предохранители настолько, что они перегорят до срабатывания основной защиты линии.

3.1.4.2 Уставка таймера бестоковой паузы

Далее рассмотрены факторы влияющие на длительность бестоковой паузы.

3.1.4.2.1 Нагрузка

Благодаря большому разнообразию видов нагрузки встречающейся в системе, определение оптимального времени бестоковой паузы может оказаться трудной задачей. Однако можно рассматривать каждый вид нагрузки индивидуально и таким образом определить типовое время бестоковой паузы. Ниже приведены подходы к различным видам нагрузки.

Наименьшие перерывы питания без потери синхронизма допускают синхронные двигатели. На практике необходимо отключать синхронный двигатель от питающей сети при возникновении КЗ; время перерыва питания должно быть достаточным для срабатывания устройств защиты двигателя при потере питания. Обычно, перерыв питания длительностью 0,2-0,3с можно считать достаточным для срабатывания этих устройств. Асинхронные двигатели с другой стороны способны выдержать перерывы питания до 0,5с с последующим успешным восстановлением нормального режима. Время бестоковой паузы АПВ продолжительностью 3-10с можно считать типовым, но могут быть отдельные случаи, когда потребуются более продолжительное время, необходимое для снятия оперативных команд управления и т.п.

Прекращение питания сетей освещения, например уличного освещения на время 10с и более может оказаться недопустимым из соображений безопасности

движения транспорта. Для многих энергосистем важным критерием в работу является количество минут потерянных для питания потребителей электроэнергии. Этот показатель снижается при использовании фидеров оснащенных АПВ и также зависит от продолжительности бестоковой паузы.

3.1.4.2.2 Выключатель

При быстром автоматическом повторном включении (БАПВ), минимальное время бестоковой паузы зависит от минимального времени за которое выключатель способен выполнить операции отключения и повторного включения.

Поскольку выключатель является механическим устройством, он имеет собственное время размыкания контактов. У современных выключателей это время составляет порядка 50-100мс, но выключатели старых конструкций имеют большие времена.

После выполнения операции отключения, необходимо некоторое время для готовности механизма к выполнению команды включения. Это время зависит от типа выключателя и обычно составляет 0,1с.

Как только механизм выключателя пришел в состояние готовности, выключатель может начинать выполнение операции включения. Интервал времени между подачей напряжения на механизм включения и замыканием контактов называется временем включения. Из-за постоянной времени соленоида включения и инерции якоря, это может занять около 0,3с. выключатели с пружинным приводом выполняют операцию менее чем за 0,2с.

В тех случаях, когда требуется быстрое АПВ, для большинства электроустановок среднего напряжения, минимальное время бестоковой паузы определяется приводом выключателя. Однако, время деионизации изоляционного промежутка также должно приниматься во внимание. Быстрое АПВ может быть необходимо для обеспечения устойчивости в сети с несколькими источниками генерации. Для обеспечения минимального времени нарушения режима в системе помимо БАПВ используются защиты, с временем срабатывания <50мс, такие как, например, дистанционные или дифференциальные защиты, быстродействующие выключатели, с временем отключения <100мс. Быстрое отключение повреждения сокращает время необходимое для деионизации изоляционного промежутка. Для обеспечения устойчивости между двумя источниками генерации, обычно, бестоковая пауза не должна превышать 300мс. Минимальное время перерыва питания, в этом случае, определяется временем готовности привода после отключения и собственным временем включением выключателя, следовательно, выключатели с электромагнитными приводами не могут использоваться для этого, поскольку имеют слишком большое время включения.

3.1.4.2.3 Время деионизации места замыкания

При использовании быстрого АПВ возможно наиболее важным фактором определяющим время бестоковой паузы является время деионизации изоляционного промежутка. Время деионизации это время в течении которого ионизированный воздух рассеется в месте замыкания до такой степени что изоляционные свойства воздуха будут восстановлены.

Упрощенная формула для расчета времени деионизации места КЗ.:

Время деионизации = $(10,5 + ((\text{напряжение сети в кВ})/34,5))/\text{частота}$

Так напряжением 66кВ (50Гц) время составит 0,25с

Для сети напряжением 132кВ (50Гц) - 0,29с

3.1.4.2.4 Возврат защит

Очень важно чтобы устройства релейной защиты полностью вернулись в исходное состояние в течение времени бестоковой паузы, для того чтобы обеспечить последующее срабатывание в соответствии с заданными уставками в случае включения на неустранившееся КЗ. При использовании быстрого АПВ требуется мгновенный возврат защит при отключении КЗ.

Типичные уставки времени АПВ, применяемые в сети 11/33кВ в Великобритании:

1-й цикл АПВ = 5-10с

2-й цикл АПВ = 30с

3-й цикл АПВ = 60-100с

4-й цикл АПВ = 60-100с (обычно не используется в Великобритании, в отличие от некоторых стран, например ЮАР)

3.1.4.3 Время готовности АПВ к повторному действию

К факторам, определяющим выбор уставки таймера готовности АПВ относятся:

Перерывы энергоснабжения – большое время готовности АПВ может привести нежелательному обесточиванию потребителей при неустойчивых КЗ

Вероятность КЗ/Накопленный опыт – в тех случаях, когда высока вероятность замыканий в результате ударов молнии, требуется небольшое время готовности АПВ, во избежание ненужной блокировки при неустойчивых КЗ

Время завода пружин – в случае использования быстрого АПВ, время готовности должно быть достаточным для запаса необходимого количества энергии в приводе выключателя для выполнения операций цикла О-ВО. Для АПВ с выдержкой времени, в этом нет необходимости, поскольку время бестоковой паузы может быть продлено за счет интервала времени отведенного на подтверждение готовности привода (задается уставкой - CB Healthy Time (время готовности выключателя). Блокировка АПВ наступает, если по истечению выдержки таймера бестоковой паузы и затем по истечению выдержки времени таймера CB Healthy Time (время готовности выключателя) реле не получает сигнал готовности выключателя "CB Healthy" (Готовность выключателя).

Техническое обслуживание – излишняя работа коммутационных аппаратов, вызванная малым временем готовности АПВ ведет к сокращению межремонтных сроков. Минимальное время готовности АПВ не менее 5с может потребоваться выключателю, выполнившему операции отключение – включение для повторной готовности к выполнению цикла отключение – включение – отключение. Это время зависит от технических характеристик выключателя.

Время готовности АПВ должно быть достаточным для срабатывания селективных ступеней защиты пускающих АПВ. В противном случае это приведет к деблокированию функции АПВ и вводу неселективных ступеней. Если возникнет такая ситуация, то устойчивое КЗ будет воспринято как последовательность неустойчивых КЗ с повторяющимися безуспешными попытками восстановить питание. Процесс нескончаемых попыток может быть прерван путем ввода

уставки блокирования АПВ при недопустимо большой частоте КЗ. Возможно использование малого времени готовности с блокированием времени готовности сигналами пуска защит. Если используются малые времена готовности АПВ то минимальное время будет определяться возможностями аппаратов распределительного устройства. Преимущество малого времени готовности АПВ является меньшее количество блокирования включения выключателя, однако, увеличение количества операций ведет к сокращению межремонтного периода.

При использовании выключателей с пружинным приводом в сочетании с быстрым АПВ, время готовности АПВ должно задаваться достаточным для запаса энергии в приводе выключателя для выполнения цикла О-ВО.

Типовое время готовности АПВ для сети напряжением 11/33кВ в Великобритании составляет 5-10с, что позволяет избежать излишних продолжительных отключений в случае грозы. Однако, в других странах иногда используются времена готовности 60-180с.

3.2 1-ф и 3-ф АПВ (используется в P543 и P545)

3.2.1 АПВ с задержкой включения и быстрое АПВ

Статистика повреждений на воздушных линиях электропередачи показывает что 80-90% замыканий носят неустойчивый характер.

Неустойчивые повреждения, например, перекрытие изоляции, являются самоустраняющимися повреждениями, не наносящими ущерба оборудованию. Повреждения такого типа могут быть устранены путем отключения одного или нескольких выключателей и после восстановления напряжения повреждение отсутствует. Наиболее частой причиной подобных повреждений являются удары молнии. Другими причинами замыканий могут быть схлестывание проводов или мусор, заброшенный на провода ветром. Остальные 10-20% повреждений составляют непостоянные (дуговые) или постоянные.

В большинстве случаев возникновения КЗ, линия вновь ставится под напряжение, если повреждение отключено без замедления и обеспечена достаточная бестоковая пауза необходимая для деионизации изоляционного промежутка. Автоматика повторного включения служит для автоматического повторного включения коммутационного аппарата по истечении заданного времени, истекшего с момента отключения от устройств релейной защиты и применяется в тех случаях, когда преобладают неустойчивые, непостоянные замыкания.

АПВ в сети высокого и среднего напряжения применяется в основном в сети с радиальной конфигурацией, т.е. там, где не возникает проблема нарушения устойчивости в системе.

При определении длительности бестоковой паузы трехфазного АПВ рассматриваются вопросы длительности перерыва питания нагрузки (в основном электродвигателей), возможности выключателя для выполнения повторного включения и время возврата защит.

Как и для распределительной сети принципиальными выгодами от применения АПВ на воздушных линиях электропередачи является повышение бесперебойности питания потребителей и снижение эксплуатационных расходов (требуется меньшее количество персонала). В некоторых системах использование быстрого АПВ определяется требованием сохранения

динамической устойчивости системы, нарушение которой может произойти при КЗ и разделении системы на части. Использование ОАПВ имеет дополнительные преимущества заключающиеся в сохранении передаваемой мощности по линии и меньшего воздействия на устойчивость системы.

3.2.2 Уставки реле

В следующей таблице приведены уставки функции АПВ интегрированной в P543 и P545, включая диапазон регулирования и заводские значения уставок.

ТЕКСТ МЕНЮ	Уставка по умолчанию	Диапазон регулирования уставки		Шаг
		Мин	Макс	
CB CONTROL (КОНТРОЛЬ ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ)				
Single Pole A/R (1-ф. АПВ)	Disabled (Выведено)	Enabled (Введено), Disabled (Выведено)		
Three Pole A/R (3-ф. АПВ)	Enabled (Введено)	Enabled (Введено), Disabled (Выведено)		
A/R Status (Статус АПВ)	In Service (В работе)	In Service (В работе)	Индикация 1-ф или 3-ф АПВ	
		Out of Service (Выведено из работы)	Индикация ввода или вывода АПВ	
Total Reclosures (Общее кол-во циклов АПВ)	X	Общее количество попыток автоматического повторного включения выполненных реле		
Reset Total A/R (Сброс статистики АПВ)	No (Нет) Ячейка управления	No/Yes (Нет/Да)		
GROUP 1 AUTORECLOSE (ГРУППА 1: АПВ)				
Single Pole Shot (Количество циклов 1-ф АПВ)	1	1	4	1
Three Pole Shot (Количество циклов 3-ф АПВ)	1	1	4	1
1 Pole Dead Time (tОАПВ)	0.5 с	0.2 с	5 с	0.01 с
Dead Time1(tАПВ 1)	0.3 с	0.2 с	30 с	0.01 с
Dead Time2(tАПВ 2)	60 с	1 с	1800 с	1 с
Dead Time3(tАПВ 3)	180 с	1 с	3600 с	1 с
Dead Time4(tАПВ 4)	180 с	1 с	3600 с	1 с
CB Healthy Time (время готовности выключателя)	5 с	1 с	3600 с	1 с
Reclaim Time (время готовности)	180 с	1 с	600 с	1 с

ТЕКСТ МЕНЮ	Уставка по умолчанию	Диапазон регулирования уставки		Шаг
		Мин	Макс	
АПВ)				
AR Inhibit Time (время запрета АПВ после ручного включения)	5 с	0.01 с	600 с	0.01 с
Check Sync Time (время контроля синхронизма)	5 с	0.01 с	9999 с	0.01 с
Sys Chk on Shot 1 (проверка синхронизма при 1 включении от АПВ)	Disabled (Выведено)	Enabled (Введено), Disabled (Выведено)		
Phase Diff AR (АПВ при работе дифф.)	Initiate AR (пускать АПВ)	No Action (не блокировать), Initiate AR (Пускать АПВ) / Block AR (блокировать АПВ)		
Z1 AR (АПВ при работе Z1)	Initiate AR (пускать АПВ)	No Action (не блокировать), Initiate AR (Пускать АПВ) / Block AR (блокировать АПВ)		
Z2T AR (АПВ при работе Z2T)	Initiate AR (пускать АПВ)	No Action (не блокировать), Initiate AR (Пускать АПВ) / Block AR (блокировать АПВ)		
Z3T AR (АПВ при работе Z3T)	Initiate AR (пускать АПВ)	No Action (не блокировать), Initiate AR (Пускать АПВ) / Block AR (блокировать АПВ)		
I>1 AR (АПВ при работе I>1)	Initiate AR (пускать АПВ)	No Action (не блокировать), Initiate AR (Пускать АПВ) / Block AR (блокировать АПВ)		
I>2 AR (АПВ при работе I>2)	Initiate AR (пускать АПВ)	No Action (не блокировать), Initiate AR (Пускать АПВ) / Block AR (блокировать АПВ)		
I>3 AR (АПВ при работе I>3)	Initiate AR (пускать АПВ)	No Action (не блокировать), Initiate AR (Пускать АПВ) / Block AR (блокировать АПВ)		
I>4 AR (АПВ при работе I>4)	Initiate AR (пускать АПВ)	No Action (не блокировать), Initiate AR (Пускать АПВ) / Block AR (блокировать АПВ)		
IN>1 AR (АПВ при работе IN>1)	Initiate AR (пускать АПВ)	No Action (не блокировать), Initiate AR (Пускать АПВ) / Block AR (блокировать АПВ)		
IN>2 AR (АПВ при работе IN>2)	Initiate AR (пускать АПВ)	No Action (не блокировать), Initiate AR (Пускать АПВ) / Block AR (блокировать АПВ)		
IN>3 AR (АПВ при работе IN>3)	Initiate AR (пускать АПВ)	No Action (не блокировать), Initiate AR (Пускать АПВ) / Block AR (блокировать АПВ)		
IN>4 AR (АПВ при работе IN>4)	Initiate AR (пускать АПВ)	No Action (не блокировать), Initiate AR (Пускать АПВ) / Block AR (блокировать АПВ)		
ISEF>1 AR (АПВ при работе ISEF>1)	Initiate AR (пускать АПВ)	No Action (не блокировать), Initiate AR (Пускать АПВ) / Block AR (блокировать АПВ)		
ISEF>2 AR (АПВ при работе ISEF>2)	Initiate AR (пускать АПВ)	No Action (не блокировать), Initiate AR (Пускать АПВ) / Block AR (блокировать АПВ)		
ISEF>3 AR (АПВ при работе ISEF>3)	Initiate AR (пускать АПВ)	No Action (не блокировать), Initiate AR (Пускать АПВ) / Block AR (блокировать АПВ)		
ISEF>4 AR (АПВ	Initiate AR	No Action (не блокировать), Initiate AR (Пускать		

ТЕКСТ МЕНЮ	Уставка по умолчанию	Диапазон регулирования уставки		Шаг
		Мин	Макс	
при работе ISEF>4)	(пускать АПВ)	АПВ) / Block AR (блокировать АПВ)		
Multi Phase AR (АПВ при многофазном КЗ)	BAR 3 Phase (блокировать 3-ф АПВ)	Allow AR (разрешать АПВ) / BAR 2&3 Phase (блокировать АПВ 2 и 3 фаз.) / BAR 3 Phase (блокировать АПВ 3 фаз.)		
Dead Time Start (пуск таймера бестоковой паузы)	Protection Op (при работе защиты)	Protection Op (при работе защиты)/ Protection Reset (при возврате защит)		
Discrim Time (таймер дискрим.) (версия ПО 20 и позднее)	0.1 с	0.1 с	5 с	0.01 с
CheckSync1 Close (Контр. синх.1 при включении) (20-я версия ПО и позд.)	Enabled (введено)	Disabled (выведено), Enabled (введено)		
CheckSync2 Close (Контр. синх.2 при включении) (20-я версия ПО и позд.)	Enabled (введено)	Disabled (выведено), Enabled (введено)		
LiveLine/DeadBus (Напряжение на линии/ нет на шинах) (20-я версия ПО и позд.)	Enabled (введено)	Disabled (выведено), Enabled (введено)		
DeadLine/LiveBus (Напряжение на шинах/нет на линии) (20-я версия ПО и позд.)	Enabled (введено)	Disabled (выведено), Enabled (введено)		
DeadLine/DeadBus (Напряжения нет на шинах/нет на линии) (20-я версия ПО и позд.)	Enabled (введено)	Disabled (выведено), Enabled (введено)		
CS AR Immediate (Проверка синхронизма немедленно) (20-я версия ПО и позд.)	Enabled (введено)	Disabled (выведено), Enabled (введено)		

Таблица 20.

В реле должна подаваться информация о статусе (положении) выключателя.

3.2.3 Логические входы АПВ

3.2.3.1 Готовность выключателя

Большинство выключателей рассчитываются на запас энергии достаточный для выполнении только одного цикла О–ВО. Следовательно до подачи команды включения выключателя от АПВ необходимо информировать реле что запас энергии выключателя достаточен для отключения в случае включения не КЗ. Для этого реле контролирует наличие входного сигнала DDB 296: 'CB Healthy' до подачи команды автоматического повторного включения. Если к моменту истечения выдержки времени таймера длительности бестоковой паузы, в реле будет отсутствовать информация о готовности выключателя (DDB 296: 'CB Healthy'), работа функции АПВ будет заблокирована и выключатель останется в отключенном положении.

Контроль готовности выключателя может быть не использован, при этом ни один оптовход реле не связывается с сигналом DDB 296: 'CB Healthy' и ему автоматически будет присваиваться значение логической «1». Назначение входного сигнала (DDB 296: 'CB Healthy') в PSL без подключения к нему логического входа или подключение к нему инвертированного входа, для функции АПВ будет означать, что выключатель всегда готов (т.е. его привод всегда имеет достаточный запас энергии). Альтернативным вариантом конфигурации может быть связь сигнала DDB 296: 'CB Healthy' с блок-контактов выключателя замыкающимся при отключении выключателя 52b (код ANSI).

3.2.3.2 Блокировка АПВ ('BAR')

Вход DDB 308: BAR предназначен для блокировки пуска АПВ или блокировки АПВ в процессе его работы. Данный вход может быть использовать в случае если требуется работа защит без последующего АПВ. Типичным случаем использования данного входа может быть трансформаторный фидер, где допускается пуск АПВ от защит фидера и не допускается АПВ при работе защит от внутренних повреждений в трансформаторе.

3.2.3.3 Сброс блокировки АПВ (Reset Lockout)

Вход DDB 306: Reset Lockout может быть использован для деблокирования функции АПВ и сброса сигналов связанных с работой данной функции, при условии что исчез сигнал (условия) вызвавшие блокировку функции АПВ.

3.2.3.4 Несоответствие положения полюсов

Обычно на выключателях с приводом на каждой фазе, устанавливается защита от непереключения фаз, которая действует на отключение трех фаз если они находятся в разных положения, т.е. не все полюса во включенном или отключенном положении.

При использовании ОАПВ намеренно устанавливается неполнофазный режим работы и, следовательно, защита от непереключения фаз должна быть заблокирована в этом режиме. Одним из решений может быть установка выдержки на отключение от защиты от непереключения фаз большей чем выдержка времени бестоковой паузы ОАПВ '1 Pole Dead Time' (tOАПВ). Альтернативным решением является блокирование защиты от непереключения фаз сигналом "DDB 532: AR 1 Pole in Progress" (Идет цикл ОАПВ).

Входной сигнал “DDB 311: Pole Discrepancy” (Рассогласование положения полюсов) активируется сигналом от внешнего устройства контролирующего состояние при котором все три полюса выключателя находятся не в одинаковом положении. Сигнал “DDB 311: Pole Discrepancy” (Рассогласование положения полюсов) действует на принудительное отключение 3 полюсов выключателя прекращая тем самым цикл ОАПВ и пускает цикл ТАПВ.

3.2.3.5 Ввод ОАПВ (Enable 1 Pole AR)

Входной сигнал “DDB 309: En 1 Pole Reclose” (Ввести ОАПВ) используется для выбора режима 1-полюсного АПВ.

3.2.3.6 Ввод ТАПВ (Enable 3 Pole AR)

Входной сигнал “DDB 310: En 3 Pole Reclose” (Ввести ТАПВ) используется для выбора режима 3-полюсного АПВ.

3.2.3.7 Внешнее отключение (External Trip)

Входные сигналы “DDB 272: External Trip 3Ph” (Внешнее 3-ф отключение) а также сигналы “DDB 273: External Trip A” (Внешнее отключение ф. А) и “DDB 274: External Trip B” (Внешнее отключение ф. В) и “DDB 275: External Trip C” (Внешнее отключение ф. С) могут быть использованы для пуска 3-полюсного или 1-полюсного АПВ. Следует учитывать, что данные сигналы не действуют на отключение полюсов выключателя, а действуют лишь на пуск АПВ. Для действия непосредственно на отключение выключателя необходимо их также назначить на выходные реле отключения с использованием графического редактора логической схемы реле (PSL).

3.2.4 Внутренние сигналы

3.2.4.1 Сигналы отключения

Логические сигналы “DDB 315: Any Trip A” (Отключение ф.А от любой из введенных защит), “DDB 316: Any Trip B” (Отключение ф.В от любой из введенных защит), “DDB 317: Any Trip C” (Отключение ф.С от любой из введенных защит) используются для инициализации цикла 1-полюсного или 3-полюсного АПВ. Следует учитывать, что для пуска ОАПВ необходимо выполнить их конфигурацию в логической схеме, как показано в логике реле по умолчанию.

3.2.4.2 Статус выключателя

Внутренние логические сигналы “DDB 582: CB Open 3 ph” (Отключены все три полюса выключателя), “DDB 583: CB Open A ph” (Отключен полюс А выключателя), “DDB 584: CB Open B ph” (Отключен полюс В выключателя), “DDB 585: CB Open C ph” (Отключен полюс С выключателя) служат для индикации 3-полюсного или однополюсного отключения выключателя. Эти сигналы формируются с использованием внутренней логики определения отключения полюса и информацией о положении вспомогательных контактов выключателя подаваемой в реле по опто-изолированным логическим входам.

Внутренние логические сигналы “DDB 586: CB Closed 3 ph” (Включены все три полюса выключателя), “DDB 587: CB Closed A ph” (Включен полюс А выключателя), “DDB 588: CB Closed B ph” (Включен полюс В выключателя), “DDB 589: CB Closed C ph” (Включен полюс С выключателя) служат для индикации 3-полюсного или однополюсного включения выключателя.

3.2.4.3 Сигналы «Синхронизм в норме» (Check Synch OK) и «Система в норме» (System Check OK)

Внутренние логические сигналы генерируемые внутренней функцией контроля состояния системы (сети) и внешними устройствами контроля системы используются внутренней логикой функции АПВ для разрешения автоматического повторного включения выключателя. Логика формирования данных сигналов объясняется в п. 3.4.

3.2.5 Логические выходы функции АПВ

Следующие DDB сигналы могут быть назначены на срабатывание выходных реле средствами графического программирования логической схемы (PSL) либо назначены в качестве контрольных битов для вывода на дисплей в режиме наладки, с целью вывода информации о текущем состоянии и работе функции АПВ. Назначение DDB сигналов и поясняющий текст идентификации сигналов приведены в следующих разделах документа.

3.2.5.1 ОАПВ в процессе работы ('AR 1 pole in progress')

Выходной сигнал "DDB 532: AR 1 Pole in Progress" информирует о продолжающемся цикле 1-полюсного АПВ. Сигнал присутствует с момента срабатывания защиты (пускающей АПВ) до окончания отсчета выдержки таймера бестоковой паузы ОАПВ "1 Pole Dead Time" (Время бестоковой паузы ОАПВ).

3.2.5.2 ОАПВ в процессе работы ('AR 1 pole in progress')

Выходной сигнал "DDB 531: AR 1 Pole in Progress" информирует о продолжающемся цикле 1-полюсного АПВ. Сигнал присутствует с момента срабатывания защиты (пускающей АПВ) до окончания отсчета выдержки таймера бестоковой паузы ТАПВ "Dead Time 1,2,3,4" (Время бестоковой паузы ТАПВ 1,2,3,4).

3.2.5.3 Успешное включение ('Successful Reclose')

Выходной сигнал "DDB 539: AR Successful Reclose" («Успешное включение от АПВ») сигнализирует о том, что цикл АПВ успешно завершен. Сигнал успешного включения выдается после включения выключателя отключенного ранее от защиты, после чего короткое замыкание устранилось и истекла выдержка времени готовности АПВ к повторному действию. Сигнал «Успешное включение от АПВ» снимается при следующем отключении выключателя либо одним из методов деблокирования; см. п.3.2.8.5 «Съем блокирования».

3.2.5.4 Режим работы АПВ ('AR Status')

Наличие выходного сигнал "DDB 544: A/R In Status 1P" («АПВ в режиме ОАПВ») говорит о том, что в реле введен режим 1-полюсного АПВ. Сигнал "DDB 543: A/R In Status 3P" («АПВ в режиме ТАПВ») говорит о том, что реле работает в режиме 3-полюсного АПВ.

3.2.6 Сигнализация при работе АПВ

Следующие сигналы DDB генерируют сообщения сигнализации. Ниже приведено описание данных сигналов и текст их идентификации среди сигналов DDB.

3.2.6.1 Не выполняется условия синхронизма для АПВ ('AR No Checksync') (фиксируется)

Выходной логический сигнал "DDB 165: AR No Checksync" (Нет синхронизма для АПВ) сигнализирует от том, что напряжения частот системы включаемых на параллельную работу не удовлетворяют условиям контроля синхронизма вплоть до момента истечения выдержки времени таймера ожидания синхронизма "Check Sync Time" (Время проверки синхронизма), что ведет к состоянию блокирования работы функции АПВ. Данный сигнал может быть снят одним из способов съема состояния блокирования; см. п. 3.2.8.5 «Съем блокирования».

3.2.6.2 Неготовность выключателя для АПВ 'AR CB Unhealthy' (фиксируется)

Сигнал DDB 164: информация о неготовности выключателя, появляется в том случае, если до истечения выдержки времени таймера ожидания готовности выключателя ('CB Healthy Window') не появился сигнал сигнализирующий о его готовности (DDB 296: 'CB Healthy'), что ведет к блокированию функции АПВ. Сигнал DDB 296: 'CB Healthy' используется для информации от достаточном запасе энергии в приводе выключателя до его включения, по истечении выдержки таймера бестоковой паузы и последующего отключения (если не устранилось КЗ). Сигнал может быть снят одним из методов описанных в п. 3.2.8.5 «Съем блокирования».

3.2.6.3 АПВ заблокировано (без фиксации)

Сигнал "DDB 163: AR Lockout" (АПВ Блокировано) сигнализирует о том что функция автоматического повторного включения в реле заблокирована и дальнейший попыток повторного включения выключателя не последует; более подробно в п. 3.2.8.4 «Блокировка АПВ». Этот сигнал может быть снят одним из методов деблокирования; см. п. 3.2.8.5 «Съем блокирования».

3.2.7 Логическая последовательность работы АПВ

Функция АПВ обеспечивает управление процессом многократного однополюсного и/или трехполюсного автоматического повторного включения. Функция может быть конфигурирована на выполнение однократного, двукратного, трехкратного или четырехкратного АПВ, задаваемого в ячейках меню "Single Pole Shot" (1-ф. АПВ) и "Three Pole Shot" (3-ф. АПВ). Времена бестоковой паузы для всех циклов (попыток повторного включения) регулируются независимо друг от друга. Количество циклов АПВ напрямую связано с типом наиболее вероятных повреждений в системе и уровня напряжения сети. Обычно в сети среднего напряжения, там где наиболее высок процент неустойчивых повреждений, использование многократного АПВ повышает вероятность восстановления энергоснабжения потребителей при автоматическом повторном включении выключателя. На линиях высокого напряжения наиболее рациональным решением считается использование ОАПВ. Более подробная информация приведена в п.0 «Рекомендаций по выбору уставок».

Пуск АПВ может выполняться в реле от защит при условии, что выключатель был включен на момент работы защиты.

Выбором соответствующей уставки, пользователь может выбрать режим пуска по возрастающему фронту сигнала (Срабатывание защиты) и по ниспадающему фронту сигнала (Возврат защит), см. рис. 26.

Если в реле введено только 1-ф. АПВ [A/R Status 1P], тогда, если первое КЗ будет однофазным, то при фазоселективной работе защиты на отключение поврежденной фазы линии, по возрастающему или ниспадающему фронту сигнала срабатывания защиты (в соответствии с заданной уставкой) запускается таймер отсчета времени бестоковой паузы 1-ф АПВ ("1 Pole Dead Time") и генерируется сигнал «Продолжается цикл 1-ф. АПВ» [AR 1pole in prog]. Если в реле задана уставка допускающая более одного цикла ОАПВ [Single Pole Shot>1], то последующие однофазные КЗ будут конвертированы в 3-фазные отключения выключателя. Таймеры отсчета бестоковой паузы при трехфазном отключении ("Dead Time 2, Dead Time 3, Dead Time 4") [Dead Time 2, 3, 4] и сигнал «Продолжается цикл 3-ф АПВ» [AR 3pole in prog] запустятся по возрастающему или ниспадающему фронту (в соответствии с заданной уставкой) сигналов срабатывания защиты (с действием на отключение трех полюсов) во втором, третьем или четвертом циклах (попытке включения) АПВ. При многофазном КЗ функция АПВ в реле блокируется восходящим или нисходящим фронтом сигнала трехфазного отключения от защиты (в соответствии с заданной уставкой).

Если в реле введено лишь трехфазное АПВ [A/R Status 3P], тогда при любом виде КЗ будет сигнал трехфазного отключения по восходящему или нисходящему фронту которого (в соответствии с заданной уставкой) будет запускаться таймер ("Dead Time 2, Dead Time 3, Dead Time 4") [Dead Time 2, 3, 4] и генерироваться сигнал «Продолжается цикл 3-ф АПВ» [AR 3pole in prog]. Логика функции выполняет принудительное отключение 3 фаз [Force 3 pole AR] (Принудительное 3-ф отключение логикой АПВ) при любом однофазном или многофазном повреждении если введено только 3-ф АПВ [A/R Status 3P = Enabled].

Если в реле введено ОАПВ [A/R Status 1P= Enabled] и ТАПВ [A/R Status 3P = Enabled], тогда если первое КЗ будет однофазным, то при фазоселективной работе защиты на отключение поврежденной фазы линии, по возрастающему или ниспадающему фронту сигнала срабатывания защиты (в соответствии с заданной уставкой) запускается таймер отсчета времени бестоковой паузы 1-ф АПВ ("1 Pole Dead Time") и генерируется сигнал «Продолжается цикл 1-ф. АПВ» [AR 1pole in prog]. Если же первое КЗ будет многофазным, то возрастающему или ниспадающему фронту сигнала трехфазного отключения от защиты (в соответствии с заданной уставкой) запускается таймер отсчета времени бестоковой паузы при трехфазном отключении первого цикла ("Dead Time 1") и генерируется сигнал «Продолжается цикл 3-ф АПВ» [AR 3pole in prog]. Если в реле задана уставка допускающее более одной попытки повторного включения (при неуспешном первом включении) [Three Polse Shot>1], то любое последующее КЗ будет конвертировано в 3-полюсное отключение выключателя [Force 3 pole AR] (Принудительное 3-ф отключение логикой АПВ). Таймеры отсчета бестоковой паузы при трехфазном отключении ("Dead Time 2, Dead Time 3, Dead Time 4") [Dead Time 2, 3, 4] и сигнал «Продолжается цикл 3-ф АПВ» [AR 3pole in prog] запустятся по возрастающему или ниспадающему фронту (в соответствии с заданной уставкой) сигналов срабатывания защиты (с действием на отключение трех полюсов) во втором, третьем или четвертом циклах (попытке включения) АПВ. Если однофазное КЗ перейдет в многофазное во время отсчета бестоковой паузы ОАПВ [1 Pole Dead Time], то сигнал «Продолжается цикл 1-ф. АПВ» [AR 1pole in prog] снимается и запускается цикл 3-ф. АПВ [AR 3pole in prog] «Продолжается цикл 3-ф АПВ».

По истечении выдержки времени таймера бестоковой паузы соответствующего цикла АПВ, снимается сигнал «Продолжается цикл 1-ф. АПВ» или «Продолжается цикл 3-ф АПВ» и выдается сигнал на включение выключателя, при условии что

выполняются условия контроля системы (сети). Данным условиями, которые должны выполняться являются следующие условия: контролируемые напряжения должны быть синхронны или выполняется условие «Отсутствие напряжения на линии при наличии напряжения на шинах» либо «Наличие напряжения на линии при отсутствии напряжения на шинах» по информации от внутреннего органа контроля синхронизма, привод выключателя имеет достаточный запас энергии по наличию сигнала на входе “DDB 296: CB Healthy” (Выключатель готов к включению). Сигнал на включение выключателя (“CB Close”)прекращается при включении выключателя. При ОАПВ не требуется контроль наличия/отсутствия напряжения на шинах/линии и не требуется проверка наличия синхронизма, поскольку передача мощности по линии продолжается по двум «здоровым» фазам. Контроль синхронизма для первой попытки 3-фазного включения задается соответствующей уставкой.

После включения выключателя запускает таймер готовности АПВ к повторному действию (“Reclaim Time”). Если в течении этого времени выключатель не отключается вновь, функция АПВ приводится в исходное состояние по окончании отсчета таймера готовности. Если же до истечения выдержки времени вновь работает защита то либо происходит переход к работе очередного цикла АПВ в соответствии с заданными уставками, или, если все попытки повторного включения исчерпаны, функция АПВ переходит в заблокированное состояние.

При каждом отключении от реле счетчик контроля количества циклов работы АПВ увеличивается на 1. В реле выполняется сравнение показаний счетчика со значениями уставок “Single Pole Shot” (Количество циклов 1-ф. АПВ) и “Three Pole Shot” (Количество циклов 3-ф. АПВ). Если произошло 1-ф. КЗ и показания счетчика количества циклов больше значения заданного уставкой “Single Pole Shot” (Количество циклов 1-ф. АПВ), то функция АПВ переходит в заблокированное состояние. Если же произошло многофазное КЗ и показания счетчика количества циклов больше значения заданного уставкой “Three Pole Shot” (Количество циклов 3-ф. АПВ), то реле также переводит функцию АПВ в состояние блокирования.

Например, если заданы уставки “Single Pole Shot” = 2 и “Three Pole Shot”= 1, то после отключения двух междуфазных КЗ (устойчивое повреждение), реле перейдет в состояние блокирования функции АПВ, потому что счетчик количества циклов достиг значения =2, что больше чем значение заданное уставкой “Three Pole Shot”= 1 а второе КЗ было также многофазным. В случае появления устойчивого 1-ф. КЗ, реле отключит повреждение и сделает две попытки повторного включения и затем при третьем 1-ф. КЗ работа АПВ будет заблокирована. Это произойдет потому что при третьем отключении 1-ф. КЗ показания счетчика количества циклов достигло значения (3) превышающего значение уставки “Single Pole Shot” = 2, а третье КЗ было снова однофазным. Блокировка АПВ не наступила после второго отключения, т.к. это было вновь 1-ф КЗ и в этот момент показания счетчика циклов не превышало значение установленное для количества попыток ОАПВ (“Single Pole Shot” = 2). Если бы второе 1-ф. КЗ перешло в замыкание типа фаза-фаза-земля, то реле подействовало бы на отключение и повторное включение выключателя на второе многофазное КЗ привело бы к блокированию дальнейшей работы АПВ. Это произойдет потому что при повтором отключении короткого замыкания показания счетчика циклов (2) будет больше чем значение уставки количества попыток повторного включения при многофазных замыканиях (“Three Pole Shot”= 1).

Общее количество попыток повторного включения задается в меню ‘CB Control’ (Контроль выключателя) уставкой “Total Reclosures” (Общее число циклов АПВ).

Это значение может быть обнулено командой “Reset Total A/R” (Сброс общего количества циклов АПВ).

Выбор защит используемых для пуска АПВ (дифференциальная токовая, зоны дистанционной защиты, МТЗ, ЗНЗ и ЧЗНЗ) выполняется путем задания соответствующей уставки “Initiate AR (Пускать АПВ), No Action (Не пускать АПВ) или Block AR (Блокировать АПВ) в меню уставок “AUTORECLOSE” (АПВ).

Стандартная логика работы функции АПВ конфигурирована на управление одним выключателем. АПВ для двух, 1½ выключателей или для схема типа «четыреугольник» и т.п не поддерживаются стандартной логикой функции.

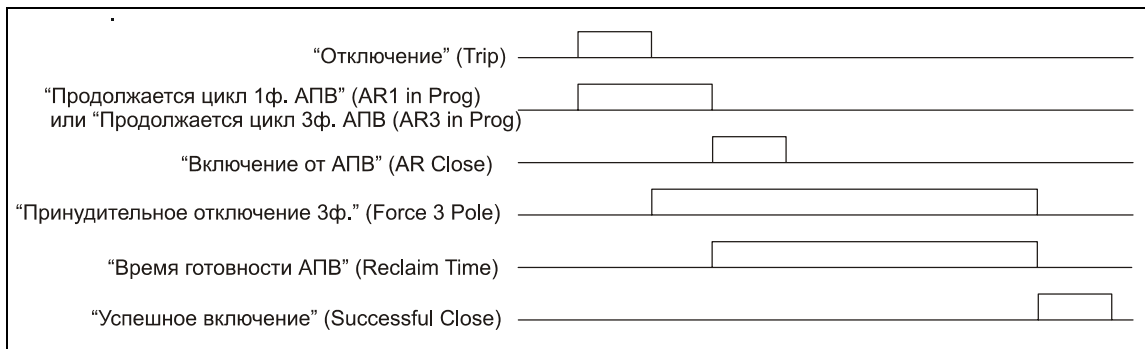


Рис. 26: Диаграмма сигналов функции АПВ

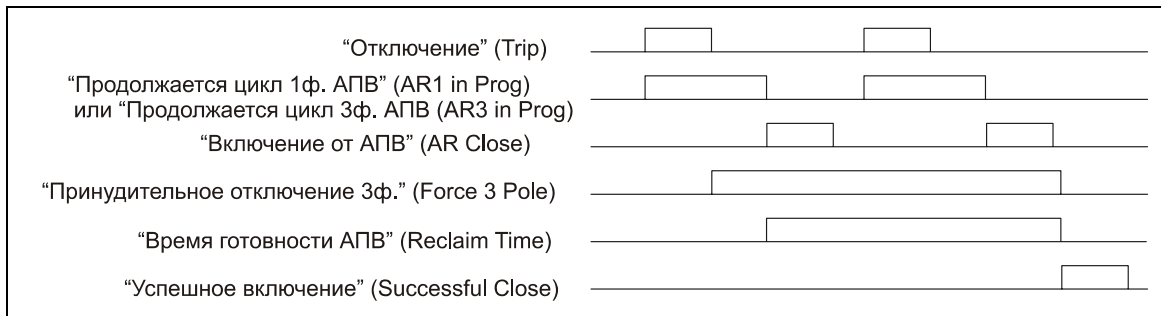


Рис. 27: Диаграмма сигналов функции АПВ

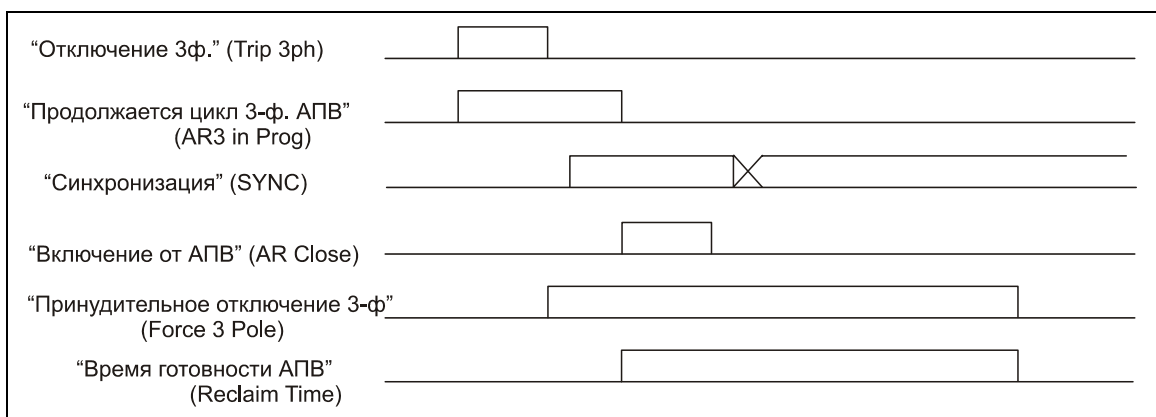


Рис. 28: Диаграмма сигналов функции АПВ

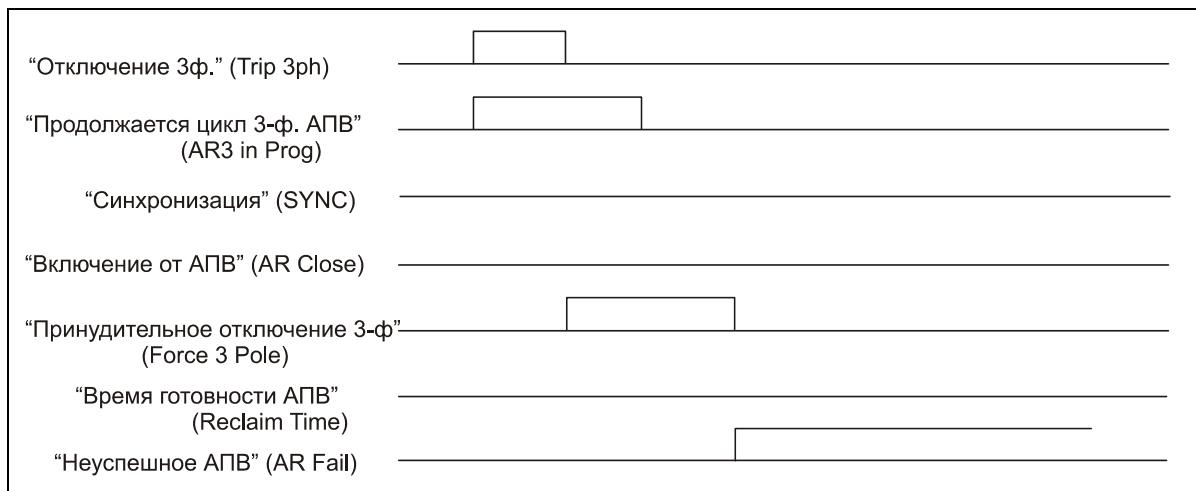


Рис. 29: Диаграмма сигналов функции АПВ

3.2.8 Основные параметры функции

3.2.8.1 Режимы работы АПВ

1. 1-фазное АПВ
2. 3-фазное АПВ
3. 1ф./3ф. АПВ

Режимы 1-ф. и 3-ф. АПВ могут быть выбраны сигналом по оптовходу связанного средствами PSL с входным сигналом “DDB 309: En 1Pole Reclose” (Ввести 1-ф. АПВ) и “DDB 310: En 3Pole Reclose” (Ввести 3-ф. АПВ), соответственно. Активирование обоих входов устанавливает режим 1-ф./3-ф. АПВ. Кроме этого режим работы АПВ может быть установлен заданием требуемой уставки (‘Enabled’ – Введено или ‘Disabled’ – Выведено) в ячейках меню “Single Pole A/R” (1-ф АПВ) и “Three Pole A/R” (3-ф АПВ), соответственно. Каким образом выбранный режим влияет на логику функции АПВ описано в предыдущем разделе.

3.2.8.2 Пуск АПВ

АПВ пускается в реле при срабатывании защит. Для пуска могут быть выбраны дифференциальная токовая защита, зоны дистанционной защиты, МТЗ, ЗНЗ и ЧЗНЗ путем выбора уставки Initiate AR (Пускать АПВ), No Action (Не пускать АПВ) или Block AR (Блокировать АПВ) в меню уставок “AUTORECLOSE” (АПВ). Для пуска быстродействующего АПВ обычно выбирается только дифференциальная токовая защита. Это делается потому, что для сохранения динамической устойчивости системы необходимо возможно быстрое отключение короткого замыкания с обеих сторон линии и быстрое повторное включение выключателей. Резервная дистанционная защита (Зона 2 и Зона 3) и токовые защиты не обеспечивают быстрое отключение всех видов КЗ на линии и не пригодны для быстродействующего АПВ.

Для пуска АПВ с выдержкой времени может также использоваться дифференциальная токовая защита. Если дифференциальная защита будет выведена из работы, например, из-за неисправности канала связи, резервная дистанционная защита и токовые защиты могут выполнить пуск АПВ с выдержкой времени на включение выключателя. Изменение режима пуска АПВ может быть

выполнено путем перехода на другую группу уставок по сигналу неисправности канала связи дифференциальной защиты (выполняется средствами PSL).

3.2.8.3 Запрет АПВ после ручного включения выключателя

Задержка ввода АПВ на время установленное на таймере 'AR Inhibit Time' (Время запрета АПВ) используется для предотвращения повторного включения выключателя при ручном включении на КЗ. Таймер запрета АПВ пускается при ручном включении выключателя.

3.2.8.4 Блокировка АПВ

Если происходит срабатывание защиты во время отсчета выдержки времени таймера готовности АПВ после последней попытки автоматического включения выключателя, функция АПВ переводится в состояние блокирования до того как не будет выполнено деблокирование функции. При этом будет генерировано сообщение сигнализации, DDB 163: AR Lockout (АПВ заблокировано).

Входной сигнал "DDB 308: BAR" (Блокировать АПВ), связанный с одним из опто изолированных входов реле, кроме запрета АПВ переводит данную функцию в состояния блокирования даже если в это время запущен цикл АПВ. Логика функции АПВ может быть конфигурирована на блокирование АПВ при 2-фазных и 3-фазных КЗ или только при 3-фазных КЗ. Это выполняется выбором требуемой из возможных уставок 'Allow AR' (Разрешать АПВ) / 'BAR 2&3 Phase' (Блок. АПВ при 2 и 3ф. КЗ) / 'BAR 3 Phase' (Блок. АПВ при 3ф. КЗ) в меню "Multi Phase AR" (Пуск АПВ при многофазных КЗ). Кроме этого дифференциальная токовая защита, зоны дистанционной защиты, МТЗ, ЗНЗ и ЧЗНЗ могут быть индивидуально конфигурированы на блокирование АПВ путем выбора требуемой уставки Initiate AR (Пускать АПВ), No Action (Не пускать АПВ) или Block AR (Блокировать АПВ) в меню уставок "AUTORECLOSE" (АПВ).

Состояние блокирования функции АПВ может произойти если по сигналу от АПВ не включился выключатель, по причине неготовности привода выключателя (низкое давление газа, не заведены пружины и т.п.) или отсутствия синхронизма что также сигнализируется появлением сигналов «DDB 164: 'AR CB Unhealthy» (Неготовность выключателя к АПВ) и "DDB 165: AR No Checksync" (не выполняются условия синхронизма для работы АПВ).

Блокирование АПВ наступает если выключатель отключен до истечения выдержки времени таймера готовности АПВ.

ПРИМЕЧАНИЕ: Блокирование функции АПВ может быть также вызвано работой функции контроля технического состояния выключателя, функцией контроля количества КЗ за заданный интервал времени, функцией контроля суммы отключенных выключателем токов, при отказе работы выключателя на отключение или включение, отсутствием синхронизма и неготовностью привода выключателя. Эти сигналы блокирования собраны в объединенный сигнал "DDB 546: CB Lockout" (Блокирование по условиям включения выключателя).

3.2.8.5 Съем блокирования

Входной сигнал "DDB 306: Reset Lockout" (Съем блокирования) может быть использован для деблокирования функции АПВ и квитирования сообщений сигнализации связанной с работой функции, при условии что исчезли сигналы (условия) вызвавшие блокировку функции АПВ. Кроме этого съем блокирования

может быть выполнен с передней панели реле из меню 'CB CONTROL' (КОНТРОЛЬ ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ) подачей команды 'Lockout Reset' (Съем блокирования) или нажатием клавиши «Сброс».

Для выбора метода сброса блокирования используется уставка задаваемая в ячейке 'Reset Lockout' (Съем Блокирования) меню 'CB CONTROL' (КОНТРОЛЬ ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ). Возможный выбор: 'CB Close' (Включение выключателя) и 'User Interface' (Интерфейс пользователя). При выборе значения 'CB Close' деблокирование АПВ будет происходить автоматически после ручного включения выключателя и истечении выдержки времени таймера запрета АПВ после ручного включения.

3.2.8.6 Контроль системы в первом цикле АПВ ('System check on shot 1')

Уставка "SysChk on Shot 1" (Контроль системы в первом цикле АПВ) (начиная с 13-й версии ПО введено новое наименование «Проверка синхронизма для быстросрабатывающего 3-ф. АПВ» - "Check Synchronising for fast 3 phase reclose") используется для Ввода/Вывода (Enable/Disabled) контроля условий включения (синхронизма) выключателя от АПВ после трехфазного отключения от защиты. Если задано значение уставки "SysChk on Shot 1 (Контроль системы в первом цикле АПВ) = Disabled' (Выведено), не выполняется контроль выполнения условий синхронного включения выключателя. Данная уставка является предпочтительной при выполнении быстросрабатывающего АПВ, поскольку контроль системы (условий синхронизма) требует определенного времени. Последующие попытки (2-й, 3-й, 4-й циклы АПВ) повторного включения требуют проверки условий синхронизма (контроль системы) перед включением выключателя.

3.2.8.7 Немедленное АПВ при наличии синхронизма (начиная с 20-й версии ПО)

Уставка 'CS AR Immediate' (немедленное АПВ при наличии синхронизма) используется для немедленного повторного включения выключателя не ожидая окончания отсчета таймера бестоковой паузы, при условии что в реле не сработала ни одна защита на определяет наличие КЗ (КЗ устранилось) и выполняется условия контроля синхронизма. Это может быть использовано для немедленного включения второго выключателя линии, если успешно включился выключатель противоположного конца и выполняются условия контроля синхронизма.

Данная функция применяется, если Введена (Enabled), ко всем временам бестоковых пауз, только для трехфазного АПВ и только для условия «Наличие напряжения на линии и на шинах» (LiveLine/LiveBus) (плюс условия контроля синхронизма по сдвигу фаз, разности частот и т.д.).

Если для функции 'CS AR Immediate' (немедленное АПВ при наличии синхронизма) задано значение Выведено (Disabled) то АПВ работает с соблюдением заданных значений времени бестоковых пауз (Dead Time).

3.2.9 Рекомендации по выбору уставок

3.2.9.1 Количество циклов АПВ

Не существует строгого правила выбора количества циклов для каждого случая применения АПВ. При определении количества циклов необходимо принять во внимание следующие факторы:

Способность выключателя к выполнению нескольких операций включения/отключения в течении короткого интервала времени и влияние такой работы на периодичность технического обслуживания выключателя.

Тот факт, что согласно статистическим данным, 80-90% замыканий носят неустойчивый характер, говорит от целесообразности применения однократного АПВ. Если же накопленный опыт показывает, что значительный процент повреждений носят относительно неустойчивых характер (устраняются после нескольких попыток включения или через некоторое время), то использование АПВ с задержкой повторного включения может повысить надежность энергоснабжения потребителей электрической энергии. Следует учитывать, что АПВ с задержкой включения (DAR) всегда 3-фазное.

3.2.9.2 Уставка таймера бестоковой паузы

Быстродействующее АПВ может быть востребовано для обеспечения устойчивости режима сети с двумя и более источниками мощности. Для схемы быстродействующего АПВ необходимо минимизировать время аномального режима работы сети, и следовательно, БАПВ должно пускаться быстродействующими защитами, такими как дифференциальная токовая или дистанционная защита, с временами срабатывания не более 50мс, а также выключатели с временем срабатывания не более 100мс. Для обеспечения устойчивости параллельной работы двух источников мощности максимальное время бестоковой паузы обычно не должно превышать 300мс. Минимальное время бестоковой паузы для системы если рассматривать только выключатель состоит времени восстановления готовности привода плюс время включения выключателя.

Уставка минимально времени паузы АПВ в реле определяется двумя факторами:

- Время требуемое для деионизации места перекрытия;
- Характеристики выключателя.

Кроме того очень важно чтобы защита подействовавшая на отключение и пуск АПВ успела вернуться за время бестоковой паузы, для того чтобы в случае включения на КЗ работали только селективные защиты. Для схемы с быстродействующим АПВ требуется мгновенный (без замедления) возврат защит.

В сети с многочисленными поперечными связями маловероятно нарушение синхронизма при отключении одной из линий. В этом случае более рациональным считается АПВ с большей выдержкой на повторное включение выключателя для того чтобы снизились колебания мощности вызванные коротким замыканием.

3.2.9.3 Время деионизации

Время деионизации места горения дуги зависит от напряжения сети, расстояния между фазами, уровня и длительности протекания тока замыкания, а также от скорости ветра и емкости по отношению к соседним проводникам. Поскольку наиболее влиятельным фактором является напряжение сети, в таблице 20 приведены времена деионизации в зависимости от уровня напряжения.

ПРИМЕЧАНИЕ: При использовании БАПВ, необходимо принимать во внимание, что емкостный ток от «здоровых» фаз может увеличивать время требуемое для деионизации места горения дуги.

Напряжение линии (кВ)	Минимальное время деионизации (сек)
66	0.1
110	0.15
132	0.17
220	0.28
275	0.3
400	0.5

Таблица 21. Минимальное время деионизации (трехфазное отключение)

3.2.9.4 Пример расчет минимального времени паузы АПВ

В пример рассмотрены выключатель и система со следующими параметрами:

Время срабатывания выключателя:

(Подача напряжения на соленоид отключения → Гашение дуги) : 50 мс (а);

Отключение выключателя + Готовность привода (Подача напряжения на соленоид отключения → Готовность привода): 200 мс (b);

Время возврата защиты: < 80 мс (с);

Время включения в-ля (Команда включения → Замыкание контактов): 85 мс (d)

Время деионизации для линии 220кВ:

280 мс (е) для трехфазного отключения. (560 мс для 1-ф. отключения).

Минимальна уставка паузы АПВ заданная в реле больше чем:

(а) + (с) = 50+80 = 130мс, для обеспечения возврата защиты;

(а) + (е) – (d) = 50+280 – 85 = 245 мс, для деионизации (3-ф. отключение);

= 50+ 560 – 85 = 525 мс, для деионизации (1-ф. отключение).

На практике необходимо добавить несколько периодов для отстройки от погрешностей, таким образом **tАПВ1 3-ф. (Dead Time 1)** должно быть \geq 300 мс, и **tАПВ1 1-ф. (1Pole Dead Time 1)** должно быть \geq 600 мс. Общее время бестоковой паузы для системы может быть определено путем добавления времени (d) к выбранной уставке, а затем вычесть время (а). (Это дает времена 335мс и 635мс, соответственно).

3.2.9.5 Уставка таймера дискриминации (начиная с 20-й версии ПО)

Однофазное КЗ может привести к однофазному отключению и последующему пуску цикла ОАПВ. Однако во время бестоковой паузы КЗ может развиваться и привести к замыканию еще одной фазы. При развивающемся КЗ защита выполняет трехфазное отключение линии.

Таймер дискриминации запускается одновременно с таймером отсчета паузы АПВ и используется для отчета интервала времени по истечении которого второе замыкание не рассматривается как развитие первого замыкания, а как другое замыкание, не связанное с первым. Если второе замыкание происходит до истечения выдержки времени таймера дискриминации, то после отключения трех

фаз в реле запускается цикл 3-ф. АПВ (если 3-ф. АПВ не запрещены соответствующими уставками). Если же второе замыкание происходит после истечения выдержки времени таймера дискриминации, то функция автоматического повторного включения блокируется и АПВ переводится в состояние блокировки (AR Lockout).

3.2.9.6 Уставки таймера готовности

Уставка таймера готовности зависит от ряда факторов, таких как:

Вероятность КЗ/Накопленный опыт – в тех случаях, когда высока вероятность замыканий в результате ударов молнии, требуется небольшое время готовности АПВ, во избежание ненужной блокировки при неустойчивых КЗ

Время завода пружин – в случае использования быстродействующего АПВ, время готовности должно быть достаточным для запаса необходимого количества энергии в приводе выключателя. Минимальное время >5сек требуется для восстановления после выполнения операции О-В, прежде чем он будет вновь готов для выполнения операций цикла О-ВО. Это время определяется техническими характеристиками выключателя. Для АПВ с выдержкой времени, в этом нет необходимости, поскольку время бестоковой паузы может быть продлено за счет интервала времени отведенного на подтверждение готовности привода (задается уставкой - CB Healthy Time (время готовности выключателя).

Техническое обслуживание – излишняя работа коммутационных аппаратов, вызванная малым временем готовности АПВ ведет к сокращению межремонтных сроков.

В общем случае время готовности АПВ должно задаваться больше чем выдержка времени 2-й зоны ДЗ (tZ2).

ПРИМЕЧАНИЕ: Таймер готовности АПВ в P543 не блокируется сигналами пуска от защит с выдержкой времени. Это объясняется тем что обычно основная защита которая пускает функцию АПВ это дифференциальная токовая защита действующая на отключение без выдержки времени и следовательно, в этом случае, не требуется блокировать таймер готовности.

3.3 Контроль системы (применительно к P543 и P545)

3.3.1 Контроль системы (начиная с 20-й версии ПО)

3.3.1.1 Общие вопросы

В некоторых случаях при отключенном выключателе напряжение присутствует как на шинах так и на линии, например, если линия имеет двустороннее питание. Следовательно при включении выключателя необходимо проконтролировать состояние с обеих сторон выключателя до подачи команды на его включение. Это относится как ручному так и автоматическому включению выключателя. Если выключатель включить при наличии напряжения на линии и на шинах при значительном сдвиге фаз между напряжениями или большой разнице амплитуд или частот, то система будет подвержена большому возмущающему воздействию, который может привести к нарушению устойчивости и повреждению оборудования.

Функция контроля системы включает мониторинг напряжений по обоим сторонам выключателя и если присутствуют напряжения с обеих сторон, выполняется

проверка условий синхронизма включающая определение допустимых значений разности фаз, амплитуд и частот между векторами синхронизируемых напряжений.

Условия включения выключателя для конкретного выключателя зависят от конфигурации первичной сети, а для функции АПВ еще и от выбранной логической схемы функции. Например, для линии оснащенной АПВ с выдержкой времени, обычно выбираются уставки обеспечивающие включение выключателей с разными интервалами времени. Условиями при которых включается первый выключатель является наличие напряжения на шинах и отсутствие напряжения на линии. При включении первого выключателя линия ставится под напряжение. Если параллельно с отключенной линией имеются другие связи, то скорее всего нарушение синхронизма не будет, т.е. частоты напряжений будут одинаковы, однако, увеличение импеданса связи между источниками по концам линии может быть причиной увеличения сдвига фаз между напряжениями. Следовательно, для включения второго выключателя должен выполняться контроль синхронизма, для подтверждения того что разность фаз не превышает значение допустимое для безопасного включения.

При отсутствии параллельных связей между подстанциями связанными отключенной линией, то может произойти нарушение синхронизма выражающееся в том что вектора напряжения «скользят» друг относительно друга. В этом случае при проверке синхронизма перед включением второго выключателя должен контролироваться не только угол между векторами напряжения но и частота скольжения.

Если линия не имеет источника мощности с одной из сторон то второй выключатель включается при наличии напряжения на линии и отсутствии напряжения на шинах. В этом случае при включении второго выключателя под напряжение ставятся шины от линии питающейся с противоположного конца.

3.3.1.2 Выбор ТН

В реле P543 и P545 предусмотрены аналоговые входы для подключения трех фаз напряжения от основного ТН ("Main VT") и один вход для подключения ТН используемого для проверки синхронизма ("Check Sync VT"). В зависимости от первичной схемы подстанции, основной ТН используемый реле может быть подключен как со стороны шин так и со стороны линии, а ТН используемый для синхронизации, соответственно, с противоположной стороны. Следовательно, реле должно быть запрограммировано в соответствии с фактическим подключением основного ТН. Это выполняется заданием соответствующего значения уставки в ячейке "Main VT Location" (Расположение основного ТН) в меню "CT&VT RATIOS" (КЭФФ. ТТ И ТН).

Напряжение получаемое от ТН синхронизации может быть как фаза-фаза так и фаза-нейтраль, и, следовательно, для правильного контроля синхронизации реле должно быть запрограммировано в соответствии с фактическим подключением цепей синхронизации. Значение уставки в ячейке "C/S Input" (Вход контроля синхронизации) меню "CT&VT RATIOS" (КЭФФ. ТТ И ТН) должно быть установлено в соответствии с подключением. Возможные значения уставки: А-N, В-N, С-N, А-В, В-С или С-А.

3.3.1.3 Принцип работы

Общий Ввод или Вывод функции контроля системы, при необходимости, выполняется задание требуемого значения уставки в ячейке "System Checks"

(Контроль системы) меню CONFIGURATION (ПОСТРОЕНИЕ). Связанные с данной функцией уставки доступны для конфигурирования в SYSTEM CHECKS (КОНТРОЛЬ СИСТЕМЫ), подменю VOLTAGE MONITORS (МОНИТОРИНГ НАПРЯЖЕНИЙ), CHECK SYNC (ПРОВЕРКА СИНХРОНИЗМА) и SYSTEM SPLIT (ДЕЛЕНИЕ СИСТЕМЫ). Если задано System Checks = Disabled (выведено), то связанное с данной функцией меню SYSTEM CHECKS (КОНТРОЛЬ СИСТЕМЫ) становится невидимым и устанавливается (генерируется) логический сигнал DDB **Sys checks Inactive (Контроль системы не выполняется)**.

Если же функция контроля в P543 и P545 вводится, т.е. System Checks = Enabled (Введено), то выходные сигналы функции принимают значения в соответствии со статусом (состоянием) контролируемых напряжений, как показано ниже.

Line Live (DDB 647) («линия под напряжением») – сигнал появится, если напряжение на линии не менее напряжения заданного в меню VOLTAGE MONITORS уставкой 'Live Voltage' (контроль наличия напряжения)

Line Dead (DDB 648) («линия без напряжения») – сигнал появится, если напряжение на линии меньше напряжения заданного в меню VOLTAGE MONITORS уставкой 'Dead Voltage' (контроль отсутствия напряжения)

Bus Live (DDB 649) («шины под напряжением») - сигнал появится, если напряжение на шинах не менее напряжения заданного в меню VOLTAGE MONITORS уставкой 'Live Voltage' (контроль наличия напряжения)

Bus Dead (DDB 650) («шины без напряжения») – сигнал появится, если напряжение на шинах меньше напряжения заданного в меню VOLTAGE MONITORS уставкой 'Dead Voltage' (контроль отсутствия напряжения)

Check Sync 1 OK (DDB 651) (Контр. синх. 1 в норме) – данный сигнал появится если: Check Sync 1 = Enabled (введен), определено наличие напряжения на линии и на шинах, а также выполняются условия контроля синхронизма заданные уставками в меню CHECK SYNC - Check Sync 1 (Контр. синх. 1).

Check Sync 2 OK (DDB 652) (Контр. синх. 2 в норме) – данный сигнал появится если: Check Sync 2 = Enabled (введен), определено наличие напряжения на линии и на шинах, а также выполняются условия контроля синхронизма заданные уставками в меню CHECK SYNC - Check Sync 2 (Контр. синх. 2).

System Split (DDB 186) (Деление системы) - сигнал появится, если: 'SS Status = Enabled (введен), определено наличие напряжения на линии и на шинах, а также угол между контролируемыми векторами напряжения равен или превышает уставку заданными в меню SYSTEM SPLIT – SS Phase Angle (Угол деления системы).

Все перечисленные выше сигналы доступны как DDB сигналы для использования при программировании логической схемы реле (PSL). Следует отметить что выходные сигналы функции контроля синхронизма (Check Sync 1 & 2) «жестко» интегрированы в логику работы АПВ.

В большинстве случаев необходимости контроля синхронизма, вполне достаточно той функциональности которую предоставляет функция 'Check Sync 1', и следовательно выходные сигналы функций 'Check Sync 2' и 'System Split' могут быть игнорированы.

Меню "SYSTEM CHECKS" (КОНТРОЛЬ СИСТЕМЫ) в котором содержатся все уставки контроля синхронизма для автоматического или ручного включения

выключателя приведено в следующей таблице, с указанием уставок по умолчанию:

ТЕКСТ МЕНЮ	Уставка по умолчанию	Диапазон регулирования		Шаг
		Мин	Макс	
SYSTEM CHECKS (КОНТРОЛЬ СИСТЕМЫ)				
Voltage Monitoring (Мониторинг напряжений)	Подзаголовок			
Live Voltage (Наличие напряжения)	32 В	5.5 В	132 В	0.5 В
Dead Voltage (Отсутствие напряжения)	13 В	5.5 В	132 В	0.5 В
Check Sync (Контроль синхронизма)	Подзаголовок			
Stage 1 (1-й уровень)	Enabled (Введен)	Enabled (Введен), Disabled (Выведен)		
CS 1 Phase Angle (Синх.1 контроль угла)	20.00 ⁰	5 ⁰	90 ⁰	1 ⁰
CS 1 Slip Control (Синх.1 контроль скольжения)	Frequency (Частота)	Frequency (Частота)/ Both (Оба)/ Timer (Таймер) / None (Нет)		
CS 1 Slip Freq (Синх.1 частота скольжения)	50 мГц	20 мГц	1 Гц	10 мГц
CS 1 Slip Timer (Синх.1 таймер контр. скольжения)	1 сек	0 сек	99 сек	0.1 сек
Stage 2 (1-й уровень)	Enabled (Введен)	Enabled (Введен), Disabled (Выведен)		
CS 2 Phase Angle (Синх.2 контроль угла)	20.00 ⁰	5 ⁰	90 ⁰	1 ⁰
CS 2 Slip Control (Синх.2 контроль скольжения)	Frequency (Частота)	Frequency (Частота)/ Both (Оба)/ Timer (Таймер) / None (Нет)		
CS 2 Slip Freq (Синх.2 частота скольжения)	50 мГц	20 мГц	1 Гц	10 мГц
CS 2 Slip Timer (Синх.2 таймер контр. скольжения)	1 сек	0 сек	99 сек	0.1 сек
CS Undervoltage (Контр. синх. мин. напряжение)	54 В	10 В	132 В	0.5 В
CS Overvoltage (Контр. синх. макс. напряжение)	130 В	60 В	185 В	0.5 В
CS Diff Voltage (Контр. синхр. дифф. напр.)	6.5 В	1 В	132 В	0.5 В

ТЕКСТ МЕНЮ	Уставка по умолчанию	Диапазон регулирования		Шаг
		Мин	Макс	
SYSTEM CHECKS (КОНТРОЛЬ СИСТЕМЫ)				
CS Voltage Block (Блок. по напр.)	V<	V< / V> / Vdiff> / V< и V> / V< и Vdiff / V> и Vdiff> / V< V> и Vdiff / None (Нет)		
System Split (Деление системы)	Подзаголовок			
SS Status (Статус Дел.сист.)	Enabled (Введен)	Enabled (Введен), Disabled (Выведен)		
SS Phase Angle (Угол Дел. Сист.)	120 ⁰	90 ⁰	175 ⁰	1 ⁰
SS Under V Block (Блок. Дел. Сист. по напряжению)	Enabled (Введен)	Enabled (Введен), Disabled (Выведен)		
SS Undervoltage (Мин. напр. Дел. Сист.)	54 В	10 В	132 В	0.5 В

Таблица 22. Уставки Контроля системы

3.3.1.4 Логические входы функции контроля системы

В дополнение к активации функций с помощью выбора соответствующих уставок в меню, с помощью логических входов могут активироваться следующие функции:

- Ввод функции 'Check Sync 1' (Контроль синхронизма 1)
- Ввод функции 'Check Sync 2' (Контроль синхронизма 2)
- Ввод функции 'Sys Split' (Деление системы)

3.3.1.5 Логические выходы функции контроля системы

Если функция контроля системы (Sys Check = Enabled), то в реле серии P54x выходные сигналы функции устанавливаются в соответствии со статусом контролируемых напряжений.

Line Live («линия под напряжением») – сигнал появится, если напряжение на линии не менее напряжения заданного в меню VOLTAGE MONITORS уставкой 'Live Voltage' (контроль наличия напряжения)

Line Dead («линия без напряжения») – сигнал появится, если напряжение на линии меньше напряжения заданного в меню VOLTAGE MONITORS уставкой 'Dead Voltage' (контроль отсутствия напряжения)

Bus Live («шины под напряжением») - сигнал появится, если напряжение на шинах не менее напряжения заданного в меню VOLTAGE MONITORS уставкой 'Live Voltage' (контроль наличия напряжения)

Bus Dead («шины без напряжения») – сигнал появится, если напряжение на шинах меньше напряжения заданного в меню VOLTAGE MONITORS уставкой 'Dead Voltage' (контроль отсутствия напряжения)

Check Sync 1 OK (Контр. синх. 1 в норме) – данный сигнал появится если: Check Sync 1 = Enabled (введен), определено наличие напряжения на линии и на шинах, а также выполняются условия контроля синхронизма заданные уставками в меню CHECK SYNC - Check Sync 1 (Контр. синх. 1).

Check Sync 2 OK (Контр. синх. 2 в норме) – данный сигнал появится если: Check Sync 2 = Enabled (введен), определено наличие напряжения на линии и на шинах, а также выполняются условия контроля синхронизма заданные уставками в меню CHECK SYNC - Check Sync 2 (Контр. синх. 2).

System Split (Деление системы) - сигнал появится, если: 'SS Status = Enabled (введен), определено наличие напряжения на линии и на шинах, а также угол между контролируемыми векторами напряжения равен или превышает уставку заданными в меню SYSTEM SPLIT – SS Phase Angle (Угол деления системы).

Все перечисленные выше сигналы доступны как DDB сигналы для использования при программировании логической схемы реле (PSL). Следует отметить что выходные сигналы функции контроля синхронизма (Check Sync 1 & 2) «жестко» интегрированы в логику работы АПВ.

3.3.1.6 Функции «Контроль синхронизма 2» и «Деление системы»

Функции «Контроль синхронизма 2» (“Check Sync 2”) и «Деление системы» (“System Split”) включены для случаев применения когда максимально допустимые значения частоты скольжения и величины разности фаз контролируемых напряжений могут меняться в зависимости от режима работы системы. Типовым применением может быть система с параллельными связями, в которой при отключении одной линии синхронизм сохраняется, но если параллельные связи выведены из работы, может наступить нарушение синхронизма при отключении линии от защиты. В зависимости от системы и характеристик нагрузки и генерации, требованиями безопасного включения выключателя могут быть, например, следующие условия:

Ситуация 1: для синхронно работающих систем, с нулевым или очень малым скольжением: Частота скольжения ≤ 50 мГц; разность фаз $\leq 30^\circ$

Ситуация 2: для несинхронно работающих систем, со значительным скольжением: Частота скольжения ≤ 250 мГц; разность фаз $\leq 10^\circ$ (и уменьшение)

Реле P543 и P545 может быть конфигурировано таким образом, чтобы при включении выключателя, в зависимости от того какая из ситуаций определена в реле для Ситуации 1 вводились условия проверки синхронизма по уставкам функции ‘Check Sync 1’, а для Ситуации 2 по уставкам функции ‘Check Sync 2’,

В некоторых энергосистемах отдают предпочтение работать только по условиям проверки синхронизма по уставкам для Ситуации 1 при ручном включении выключателя. Однако, если создадутся условия для срабатывания функции Деление Системы (System Split) до того как будут выполнены условия включения выключателя по уставкам для Ситуации 1, реле автоматически переключит контроль синхронизма на работу по уставкам для Ситуации 2 исходя из предположения что для выполнения условий срабатывания функции Деления Системы (System Split) уровень скольжения должен быть значительным. Это может быть реализовано при помощи использования сигналов DDB средствами программирования логической схемы реле (PSL).

3.3.1.7 Проверка синхронизма

Функции 'Check Sync 1' и 'Check Sync 1' являются двумя логическими модулями проверки наличия синхронизма, которые аналогичны по функциональности но независимы друг от друга по уставкам.

Для работы каждого из модулей необходимо:

Ввод в работу функции 'System Checks' (Контроль системы) уставкой

И

Индивидуальный ввод в работу модуля 'Check Sync 1 (2) Status' уставкой

И

Модуль должен также быть индивидуально конфигурирован в логической схеме реле (с помощью PSL) путем задания связей сигналов DDB соответствующих 'Check Sync 1 (2)'

Будучи введенным, каждый из логических модулей устанавливает (логическая «1») свой выходной сигнал если:

Определено наличие напряжения на шинах и на линии (оба сигнала 'Line Live' и 'Bus Live' установлены в логические «1»)

И

Измеряемая разность фаз меньше уставки заданной в 'Check Sync 1(2) Phase Angle'

И

(только для модуля 'Check Sync 2'), величина разности фаз уменьшается (модуль 'Check Sync 1' может работать как с увеличивающейся так и с уменьшающейся разностью фаз если при этом выполняются остальные условия)

И

Если для модуля 'Check Sync 1(2) Slip Control' задан режим работы 'Frequency' (Частота) или 'Frequency+Timer' (Частота+Таймер) и измеряемая частота скольжения меньше чем значение уставки 'Check Sync 1(2) Slip Freq'

И

Если для режима блокировки по напряжению функции контроля синхронизма ('Check Sync Voltage Blocking') задана одна из следующих возможных уставок OV (Макс. напр.), UV+OV (Мин. напр.+Макс. напр.), OV+ DiffV (Макс. напр. + Дифф. напр.) или UV+OV+ DiffV (Мин. напр. + Макс. напр. + Дифф. напр.) и оба напряжения (линии и шин) не превышают значения уставки блокировки функции по максимальному напряжению заданному уставкой 'Check Sync Overvoltage'.

И

Если для режима блокировки по напряжению функции контроля синхронизма ('Check Sync Voltage Blocking') задана одна из следующих возможных уставок UV (Мин. напр.), UV+OV (Мин. напр.+Макс. напр.), UV+ DiffV (Мин. напр. + Дифф. напр.) или UV+OV+ DiffV (Мин. напр. + Макс. напр. + Дифф. напр.) и оба напряжения (линии и шин) не меньше значения уставки блокировки функции по минимальному напряжению заданному уставкой 'Check Sync Undervoltage'.

И

Если для режима блокировки по напряжению функции контроля синхронизма ('Check Sync Voltage Blocking') задана одна из следующих возможных уставок DiffV (Дифф. напр.), UV+ DiffV (Мин. напр. + Дифф. напр.), OV+ DiffV (Макс. напр. + Дифф. напр.) или UV+OV+ DiffV (Мин. напр. + Макс. напр. + Дифф. напр.), то величина разности напряжений между напряжением шин и напряжением линии не превышает значения уставки блокировки функции по дифференциальному напряжению заданному уставкой 'Check Sync Diff Voltage'.

И

Если для модуля 'Check Sync 1(2) Slip Control' задан режим работы 'Timer' (Таймер) или 'Frequency+Timer' (Частота+Таймер) и условия, перечисленные выше, выполняются в течение времени большим или равном уставке таймера 'Check Sync 1(2) Slip Timer'.

ПРИМЕЧАНИЕ: Функционирование в для режимов Live Line / Dead Bus (Наличие напряжения на линии при отсутствии напряжения на шинах) и Dead Bus / Live Line (наличие напряжения на шинах при отсутствии напряжения на линии) представлено в логической схеме реле (PSL) установленной по умолчанию (см. рис. 32).

3.3.1.8 Контроль скольжения по таймеру

Если задана уставка контроля скольжения по таймеру или по частоте + таймер, то максимальное допустимое значение частоты скольжения определяется комбинацией уставок по углу сдвига фаз и таймера по следующей формуле:

$$(2 \times A) / (T \times 360) \text{ Гц} \quad \text{для модуля "Check Sync 1"}$$

или

$$A / (T \times 360) \text{ Гц} \quad \text{для модуля "Check Sync 2"}$$

Где

A = Уставка по углу разности фаз ($^{\circ}$)

T = Уставка таймера контроля скольжения (секунды)

Например, при заданной уставке "Check Sync 1 Phase Angle" = 30° и уставке таймера 3.3 сек, «скользящий» вектор должен находиться в пределах сдвига фазе $\pm 30^{\circ}$ не менее чем 3.3 секунды. Следовательно, данный модуль не выдаст сигнал подтверждающий выполнение условий синхронизма если частота скольжения будет больше чем $2 \times 30^{\circ}$ за 3.3 секунды. Используя формулу получим: $2 \times 30 \div (3.3 \times 360) = 0.0505 \text{ Гц}$ (50.5 мГц).

Для модуля Check Sync 2, с уставками Phase Angle = 10° и Timer = 0.1 сек, «скользящий» вектор должен находиться в пределах сдвига фазе 10° с тенденцией к уменьшению не менее чем 0.1 секунды. После снижения угла сдвига фаз до нуля, с последующим его увеличением, выход модуля «контроля синхронизма 2» (Check Sync 2) блокируется. Следовательно выходной сигнал не будет выдан если частота скольжения будет больше чем 10° за 0.1 секунды. Используя формулу получим: $10 \div (0.1 \times 360) = 0.278 \text{ Гц}$ (278 мГц).

Контроль частоты скольжения по таймеру практически не используется в для случаев «большое скольжение/малый угол сдвига фаз», т.к. это требует очень

малой выдержки времени таймера контроля скольжения, порой менее 0.1 сек. В таких случаях рекомендуется контролировать величину по частоте.

Если выбрана уставка контроля величины скольжения «Частота + Таймер», то для того чтобы появился выходной сигнал функции величина скольжения должна не превышать ОБА ограничения: 1) определяемое уставкой максимальной допустимой частоты скольжения (Slip Freq) и 2) значение получаемое по уставкам угла сдвига (Phase Angle) и таймера (Timer) (см. выше).

3.3.1.9 Деление системы

Для работы модуля “System Split” (Деление системы) необходимо:

Уставкой должна быть введен в работу функция “System Checks” (контроль системы)

И

Статус модуля «Деление системы» (SS Staus) должен быть ВВЕДЕН (Enabled)

И

Модуль должен быть индивидуально конфигурирован (введен в логическую схему) средствами графического программирования логики реле (PSL) путем активирования DDB сигнала ‘System Split Enabled’

Будучи введен в работу, модуль «Деление системы» (System Split) генерирует выходной сигнал при условии что:

Определено наличие напряжения на шинах и на линии (оба сигнала ‘Line Live’ и ‘Bus Live’ установлены в логические «1»)

И

Измеренный угол сдвига фаз превышает заданную уставку ‘SS Phase Angle’

И

Если блокирование функции задано по минимальному напряжению. (‘SS Volt Blocking = Undervoltage’), напряжения на линии и напряжение на шинах должно быть больше уставки блокирования (‘SS Undervoltage’).

Логический сигнал на выходе модуля ‘System Split’ сохраняется пока выполняются перечисленные выше условия либо до истечения выдержки времени таймера ‘SS Timer’, в зависимости от того что дольше.

Работа модулей “Check Synch” (проверка синхронизма) и “System Split” (деление системы) проиллюстрирована на рис. 30.

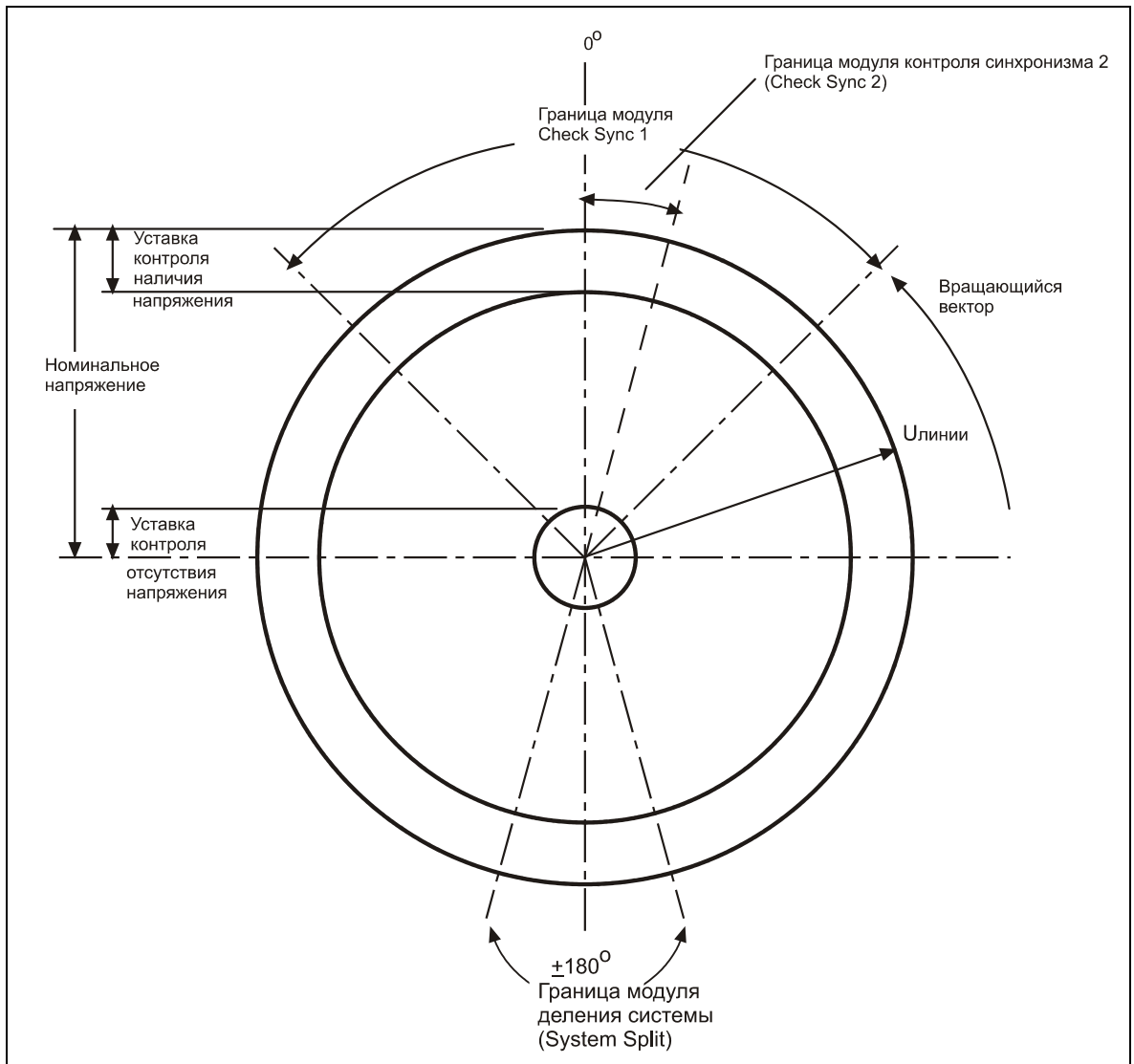


Рис. 30: Пояснения к работе функций контроля синхронизма и деления системы

3.3.2 Проверка синхронизма (применительно к P543 и P545) для 13-й и более ранних версий ПО

Функция контроля синхронизма служит для подтверждения возможности включения выключателя таким образом, что бы это произошло при условии синхронности напряжений со стороны шин и со стороны линии. Если выключатель будет включен при отсутствии синхронизма, т.е. разницы по амплитуде, фазе или при недопустимо большом скольжении, система будет подвергнута серьезному воздействию которое может привести к нарушению устойчивости и возможному повреждению оборудования.

Функция контроля системы включает мониторинг напряжений по обоим сторонам выключателя и если присутствуют напряжения с обеих сторон, выполняется проверка условий синхронизма включающая определение допустимых значений разности фаз, амплитуд и частот между векторами синхронизируемых напряжений. Такая проверка может быть использована как для автоматического так и для ручного включения выключателя, при этом условия проверки синхронизма могут быть различными для каждого из случаев. По этой причине в

реле предусмотрена возможность отдельного задания уставок контроля синхронизма для автоматического и ручного включения выключателя. При ручном включении выключателя, команда включения подается в логическую схему АПВ в виде импульса, с тем чтобы избежать ситуации когда оператор вынужден удерживать ключ управления выключателем в ожидании выполнения условий синхронного включения. Этот принцип зачастую считается включением с ожиданием синхронизма при котором обеспечивается автоматическое прерывание команды включения и повторная ее подача при неуспешной попытке включения.

Модуль контроля синхронизма обеспечивает два «выходных» сигнала которые поступают в схему ручного управления и в логику АПВ, соответственно. Эти сигналы разрешают повторное включение выключателя при условии что выполняются соответствующие условия синхронного включения. Следует учитывать, что если функция контроля синхронизма выведена, то разрешение на включение дается автоматически.

В системе с параллельными связями отключение одной из линий не приведет к значительному сдвигу фаз напряжения между шинами и напряжением линии (включенной с одной стороны). Наличие параллельных связей обеспечивает сохранение синхронизма и следовательно АПВ достаточно безопасно. Однако при отсутствии (или выводе из работы) параллельных связей, частоты между частями разделенной системы начнут «скользить» одна относительно другой. Таким образом, контроль синхронизма при наличии напряжения на шинах и на линии должен гарантировать что при включении выключателя сдвиг фаз, частота скольжения и разница амплитуд напряжений на шинах и линии находятся в допустимых пределах исключая недопустимое воздействие на систему. Если не выполняется хотя бы одно из условий, включение выключателя может быть заблокировано.

Обратите внимание на то что для функции может быть задано блокирование по минимальному напряжению, либо по максимальной разности напряжений шин и линии либо по обоим этим условиям или не блокировать.

Меню 'SYSTEM CHECKS' (КОНТРОЛЬ СИСТЕМЫ), приведенное ниже, включает все уставки функции контроля синхронизма для автоматического или ручного управления выключателем, с указанием уставок по умолчанию:

ТЕКСТ МЕНЮ	Уставка по умолчанию	Диапазон регулирования		Шаг
		Мин	Макс	
SYSTEM CHECKS (КОНТРОЛЬ СИСТЕМЫ)				
C/S Phase Angle (сдвиг фаз)	20°	5°	90°	1°
Voltage Blocking (Блокировка по напряжению)	Undervoltage (по мин.напр.)	None (Не блокировать), Undervoltage (по мин. напр.), Differential (по дифф. напр.), Both (по обоим напряжениям)		
Undervoltage (Мин. напряжение)	54 В	22 В	132 В	0.5 В
Diff Voltage (Дифференц. напр.)	6.5 В	0.5 В	50 В	0.5 В
Slip Control	Frequency	None (Нет), Timer (Таймер), Frequency		

ТЕКСТ МЕНЮ	Уставка по умолчанию	Диапазон регулирования		Шаг
		Мин	Макс	
SYSTEM CHECKS (КОНТРОЛЬ СИСТЕМЫ)				
(контроль скольжения)	(Частота)	(Частота), Both (Оба)		
Slip Frequency (частота скольжения)	0.05 Гц	0.02 Гц	1 Гц	0.01 Гц
Slip Timer (Таймер скольжения)	1 сек	0 сек	99 сек	0.1 сек
Live Voltage (Наличие напряжения)	32 В	5.5 В	132 В	0.5 В
Dead Voltage (Отсутствие напряжения)	13 В	5.5 В	132 В	0.5 В
MAN CLOSE CHK (КОНТР.СИНХ.ПУЧ.ВКЛ.)	Подзаголовок			
Check Synch (Контроль синхронизма)	Enabled (Введено)	Enabled (Введено), Disabled (Выведено)		
Dead Line/Live Bus (Нет напряжения на линии/есть напряжение на шинах)	Enabled (Введено)	Enabled (Введено), Disabled (Выведено)		
Live Line/Dead Bus (Есть напряжение на линии/нет напряжения на шинах)	Enabled (Введено)	Enabled (Введено), Disabled (Выведено)		
Dead Line/Dead Bus (Нет напряжения на линии/нет напряжения на шинах)	Disabled (Выведено)	Enabled (Введено), Disabled (Выведено)		
A/R CHECK (КОНТР.СИНХ.АПВ)	Подзаголовок			
Check Synch (Контроль синхронизма)	Enabled (Введено)	Enabled (Введено), Disabled (Выведено)		
Dead Line/Live Bus (Нет напряжения на линии/есть напряжение на шинах)	Enabled (Введено)	Enabled (Введено), Disabled (Выведено)		
Live Line/Dead Bus (Есть напряжение на линии/нет напряжения на шинах)	Enabled (Введено)	Enabled (Введено), Disabled (Выведено)		
Dead Line/Dead Bus (Нет напряжения на линии/нет напряжения на шинах)	Disabled (Выведено)	Enabled (Введено), Disabled (Выведено)		

Таблица 22А

Метод контроля частоты скольжения задается в ячейке 'Slip Control' (Контроль скольжения). Если выбрана уставка 'Frequency' (Частота), то предельно допустимая частота скольжения непосредственно задается в ячейке 'Slip Frequency' (Частота скольжения). Таким образом если измеренная частота скольжения будет меньше чем заданное предельное значение, немедленно выдается «разрешение» в схему включения выключателя. Если задано значение 'Timer' (Таймер), то «разрешение» на включение выключателя от модуля контроля синхронизма будет получено лишь если разность фаз напряжений будет находиться в пределах диапазона ограниченного уставкой 'C/S Phase Angle' (сдвиг фаз) в течении времени установленного на таймере 'Slip Timer' (Таймер скольжения).

Следует учесть, что комбинация уставок 'Slip Timer' (Таймер скольжения) и 'C/S Phase Angle' (сдвиг фаз) может быть приравнена к допустимой частоте скольжения, как показано ниже:

Уставка 'C/S Phase Angle' = $\pm 20^\circ$, уставка 'Slip Timer' = 1 сек

Следовательно полный диапазон по углу сдвига фаз составляет 40° , что соответствует $40/360$ периода промышленной частоты или 0.11 Гц (110 мГц).

Если бы уставка таймера была задана равной 2 сек, то это в два раза уменьшило бы пороговое значение частоты скольжения, т.е. составило бы 55.5 мГц.

Если же выбрана уставка контроля частоты 'Slip Control' была 'Both' (Оба), то для получения разрешения на включение частота скольжения должна быть меньше заданного значения а угол сдвига фаз должен не превышать уставку по углу в течении времени отсчета выдержки времени таймера контроля скольжения.

Уставки 'Live Voltage' и 'Dead Voltage' задают пороговые значения контроля наличия или отсутствия напряжения на шинах/линии используемые в логике контроля синхронизма. В ситуации когда либо на линии либо на шинах либо там и там отсутствует напряжение контроль наличия синхронизма не выполняется и включение выключателя может быть разрешено или не разрешаться в соответствии с заданными уставками. Для этого предусмотрены различные варианты уставок для обеспечения возможностей ручного или автоматического включения выключателя для различных случаев наличия/отсутствия напряжения. В следующих разделах приводится описание подобных случаев.

Наличие напряжения на шинах и отсутствие напряжения на линии

При выполнении защиты фидера радиальной сети, отключение выключателя ведет к потере источника питания нагрузки удаленного конца линии и фидер становится без напряжения. Если на удаленном конце линии отсутствуют резервные источники питания, то для повторного включения выключателя может быть применена логика «Наличие напряжения на шинах/отсутствие напряжения на линии». Эта же уставка может быть использована и для сети с параллельными связями для постановки линии под напряжение если линия была отключена с обоих концов. Уставка «Наличие напряжения на шинах/отсутствие напряжения на линии» используется в логике повторного включения первого выключателя для постановки линии под напряжение. Второй выключатель, в этом случае будет включаться с использованием контроля синхронизма по уставке «Наличие напряжения на линии/Наличие напряжения на шинах».

Отсутствие напряжения на шинах и наличие напряжения на линии

Если рассмотреть удаленный конец линии радиальной сети, упомянутой ранее, то этот выключатель может включаться вторым по условию «Отсутствие напряжения на шинах/Наличие напряжения на линии».

В зависимости от первичной схемы, основной ТН, используемый реле, может быть подключен либо со стороны шин либо со стороны линии. Следовательно в реле необходимо задать в виде соответствующей уставки место подключения основного ТН. Это выполняется в ячейке 'Main VT Location' (Место подключения основного ТН) в меню 'CT & VT RATIOS' (КЭФФ. ТТ И ТН). Доступный выбор уставок 'Line' (Линия) 'Bus' (Шины) позволяет обеспечить правильную логику работы функции описанную выше.

Напряжение получаемое от ТН синхронизации может быть как фаза-фаза так и фаза-нейтраль, и, следовательно, для правильного контроля синхронизации реле должно быть запрограммировано в соответствии с фактическим подключением цепей синхронизации. Значение уставки в ячейке "C/S Input" (Вход контроля синхронизации) меню "CT&VT RATIOS" (КЭФФ. ТТ И ТН) должно быть установлено в соответствии с подключением. Возможные значения уставки: A-N, B-N, C-N, A-B, B-C или C-A.

При работе внешнего устройства контроля исправности цепей ТН, модуль контроля синхронизма блокируется на выдачу разрешения на включение выключателя 'Allow Reclosure' (Разрешение повторного включения). Это позволяет избежать повторного включения выключателя с уставками контроля напряжений при определении функцией контроля цепей ТН недостоверности измеряемых напряжений.

Результаты измерений величин напряжений используемых при контроле синхронизма а также угла сдвига фаз, частоты скольжения доступны для вывода на дисплей в колонке меню 'MEASUREMENTS 1' (ИЗМЕРЕНИЯ 1).

3.4 Интерфейс функций АПВ/Контроль синхронизма (действительно для 20-й версии ПО и более поздних)

Выходные сигналы внутренней функции контроля синхронизма и сигналы от внешних устройств контроля синхронизма комбинированы и сделаны доступными как два внутренних входных сигнала функции АПВ. Один из внутренних входных сигналов разрешающий АПВ базируется на выполнении условий контроля системы. Второй внутренний вход разрешает мгновенное АПВ (минуя уставки таймеров бестоковой паузы) базируется на выполнении условий контроля синхронизма, если конечно такой режим работы АПВ разрешен ('CS AR Immediate' = Enabled) (Немедленное АПВ при наличии синхронизма = Введено).

При необходимости использования внешнего устройства контроля системы (синхронизма) для работы с внутренней функцией АПВ, в реле предусмотрена возможность конфигурирования опто изолированных входов реле на прием сигналов для логики АПВ. Такими логическими входами являются следующие входы:

- 'AR Check Synch OK' (Наличие синхронизма для работы АПВ)
- 'AR Check Synch OK/SYNCH' (Наличие синхронизма для работы АПВ/СИНХ.)

3.5 Контроль исправности цепей ТН (только P543, P544, P545 и P546)

Функция контроля ТН (VTS) служит для обнаружения неисправности вторичных цепей ТН подключенных к аналоговым входам реле. Неисправность цепей может быть вызвана закорачиванием или обрывами жил контрольного кабеля. Обычно это приводит к перегоранию одного или нескольких предохранителей или отключению автомата вторичных цепей ТН. Результатом неисправности цепей может быть ошибочное измерение напряжений системы, что в свою очередь может вызвать неправильную работу реле.

При обнаружении неисправности логика функции контроля цепей ТН предусматривает в реле автоматическое изменение конфигурации защит работа которых связана с данными измерений напряжений сети. Кроме этого функция с заданной выдержкой времени генерирует соответствующее сообщение сигнализации.

При выполнении контроля цепей ТН необходимо предусмотреть три следующих ситуации:

1. исчезновение одного или двух фазных напряжений
2. исчезновение всех трех фазных напряжений в режиме нагрузки на линии
3. отсутствие всех трех фазных напряжений при постановке линии под напряжение

3.5.1 Исчезновение одного или двух фазных напряжений

Функция контроля цепей ТН срабатывает по появлению напряжения обратной последовательности если при этом отсутствует ток обратной последовательности. Это принцип обеспечивает определение обрыва одной или двух фаз напряжения. Модуль контроля цепей ТН остается в стабильном состоянии при коротких замыканиях в сети, сопровождающихся появлением как напряжения так и тока обратной последовательности. Использование в качестве рабочего параметра симметричные составляющие обратной последовательности гарантирует правильную работу даже при использовании трехстержневых ТН или ТН с соединением обмоток 'V'.

Орган обратной последовательности функции контроля цепей ТН:

Пороговое значение напряжения обратной последовательности $V_2=10V$, уставка по току обратной последовательности регулируется в диапазоне от 0.05 до 0.5 I_n , (значение уставки по умолчанию 0.05 В).

3.5.2 Исчезновение всех трех фазных напряжений в режиме нагрузки линии

При исчезновении на напряжений всех трех фаз, отсутствует напряжение обратной последовательности необходимое для срабатывания органа контроля цепей ТН. Однако если реле обнаружит исчезновение всех трех фаз напряжения и при этом не обнаружит изменения тока хотя бы в одной из фаз (что могло бы сигнализировать о появлении короткого замыкания в первичной сети), орган контроля цепей ТН также сработает. На практике реле при коротком замыкании реле обнаруживает сигнал разностного тока, который и говорит о наличии изменения тока. Данный сигнал генерируется при сравнении текущего значения

тока (измеряемого в данный момент) с током ровно один период назад. Следовательно в нормальном режиме разностный ток должен быть близок к нулю. При возникновении короткого замыкания появляется сигнал обнаружения разностного тока что предотвращает ложную работу органа контроля цепей ТН.

Детекторы уровня напряжения фаз имеют фиксированное значение возврата, равное 10В и срабатывания, равное 30В.

Чувствительность органа обнаружения разностного тока также фиксирована и составляет 0.1 In.

3.5.3 Отсутствие трех фазных напряжений при постановке линии под напряжение

Если по ошибке цепи напряжения по какой либо причине изолированы от реле, то при постановке линии под напряжение может быть неправильная работа защит связанных с измерением напряжения. Описанный в предыдущем разделе метод позволяет обнаружить неисправность цепей ТН если исчезновение трех фаз напряжения не сопровождается изменением токов фаз. Однако при включении линии отмечается бросок тока вызванный либо током нагрузки либо током заряда линии. Следовательно для обнаружения неисправности цепей напряжения при постановке линии под напряжение требуется альтернативным методом.

Отсутствие измерений трех фазных напряжений при постановке линии под напряжение может результатом одной из двух ситуаций. Первая это неисправность цепей всех трех фаз и вторая это включение линии на близкое трехфазное КЗ. В первом случае требуется блокировка всех защит связанных с измерением напряжения а во втором случае требуется немедленное отключение. Для различия между двумя описанным случаями функция контроля цепей ТН использует орган максимального тока ('VTS I> Inhibit') (Запрет контроля ТН при превышении I>), который используется для предотвращения блокирования органа контроля цепей ТН при токе превышающем заданную уставку. Значение уставки выбирается большим чем максимально возможный ток по линии при постановке ее под напряжение (нагрузка, ток заряда линии, бросок тока намагничивания трансформатора) но в то же время меньшим чем ток близкого трехфазного замыкания. Таким образом при постановке линии под напряжение и наличии при этом неисправности цепей ТН, орган максимального тока данной функции не сработает и последует блокировка защит связанных с измерениями напряжения. Включение на КЗ приведет к срабатыванию органа максимального тока и блокирование защит от данной функции не последует.

Эта логика будет вводиться в работу лишь при включении выключателя (по данным от логики определения отключения полюса) для предотвращения срабатывания при отсутствии напряжения в системе, т.е. при отсутствии всех напряжений и не срабатывании органа максимального тока 'VTS I> Inhibit'.

3.5.4 Меню уставок

Уставки функции контроля цепей ТН находятся в колонке меню 'SUPERVISION' (КОНТРОЛЬ). Уставки относящиеся к функции контроля цепей ТН приведены ниже.

ТЕКСТ МЕНЮ	Уставка по умолчанию	Диапазон уставки		Шаг
		Мин	Макс	
SUPERVISION (КОНТРОЛЬ)				
VTS Status (Статус контроля цепей ТН)	Blocking (блокировка)	Blocking (блокировка), Indication (индикация)		
VTS Reset Mode (Режим возврата)	Manual (ручной)	Manual (ручной), Auto (автоматический)		
VTS Time Delay (время срабатывания)	5 сек	1 сек	10 сек	0.1 сек
VTS I> Inhibit (уставка деблокирования по I>)	10 In	0.08 In	32 In	0.01 In
VTS I2> Inhibit (уставка деблокирования по I2>)	0.05 In	0.05 In	0.5 In	0.01 In

Таблица 23.

Реле может реагировать на работу функции контроля цепей ТН следующим образом:

- Только работа сигнализации, если для функции задана уставка 'Indication';
- Выборочная блокировка защит связанных с цепями напряжения;
- Выборочный перевод токовых защит из направленных в ненаправленные (опция доступна лишь если задана уставка 'Blocking'). Выбор защит выполняется в ячейке 'Function Links' (Функциональные связи) в меню соответствующих защит.

Органы 'VTS I>' и 'VYS I2>' служат для деблокирования функции контроля цепей ТН при КЗ в случае срабатывания блокировки. Однако, при срабатывания блокировки при неисправности цепей ТН было бы нежелательно чтобы последующие короткие замыкания всякий раз ее снимали. Поэтому срабатывание блокировки фиксируется по истечении выдержки времени установленной на таймере 'VTS Time Delay'. Как только блокировка встала на «самоподхват» метод снятия с «подхвата» определяется уставкой заданной в ячейке 'VTS Reset Mode' (Режим возврата). Возможны два варианта уставки 'Manual' (ручной) и 'Auto' (автоматический). Первый вариант уставки предусматривает съем «подхвата» через интерфейс передней панели реле (или средствами удаленной связи с реле) при условии что сняты условия срабатывания функции контроля цепей ТН, а второй вариант 'Auto' (автоматический) снимает «подхват» подачей трех фазных напряжений превышающих уставку детектора напряжения фаз (см. п.3.5.2).

Сигнализация срабатывания органа контроля цепей ТН появляется по истечении выдержки времени таймера 'VTS Time Delay'. В тех случаях когда задано действие функции только на сигнал, возможна неправильная работа защиты, в зависимости от того какие защиты введены в работу. В этом случае при работе защит на отключение индикация работы органа контроля цепей ТН появляется до истечения выдержки времени таймера 'VTS Time Delay'.

В тех случаях когда для защиты ТН используется автомат, обычной практикой является использование его вспомогательных контактов для подачи в реле сигнала об отключении автомата в цепях ТН. Как описано ранее, функция контроля цепей ТН способна правильно работать и без использования данного входного сигнала. Однако такая возможность в реле предусмотрена, для того, чтобы облегчить адаптацию реле к различным вариантам организации вторичных цепей ТН встречающихся на практике в энергосистемах. Таким образом активирование опто изолированного входа связанного в логической схеме реле с 'DDB 298: MCB/VTs' обеспечивает необходимую блокировку защит связанных с измерением напряжения.

Если при срабатывании органа контроля цепей ТН используется уставка перевода максимальных токовых защит из направленных в ненаправленные, то уставка срабатывания таких защит должна устанавливаться выше тока максимального нагрузочного режима линии.

3.6 Мониторинг состояния выключателя

Дежурный персонал на удаленном диспетчерском пункте должен располагать надежной информацией о положении коммутационных аппаратов в системе. Без информации о включенном или отключенном положении каждого выключателя он не имеет достаточной информации для выполнения операций по переключениям в контролируемой сети. В реле предусмотрена возможность мониторинга положения связанного с ним выключателя, с выдачей информации о его положении и сигнализации если положение выключателя не может быть определено.

3.6.1 Контроль положения выключателя

Реле MiCOM может быть конфигурировано на мониторинг положения выключателя по состоянию вспомогательных контактов (52a – разомкнут при отключенном выключателе и 52b – замкнут при отключенном выключателе). При нормальной работе выключателя вспомогательные контакты всегда находятся в противоположных положениях. Если же оба контакта оказались разомкнуты то это может быть одна из следующих ситуаций:

- Повреждение вспомогательных контактов или контрольных кабелей
- Неисправность выключателя
- Выключатель изолирован от вторичных цепей

Если же оба контакта оказались замкнуты, то возможна только одна из следующей ситуаций:

- Повреждение вспомогательных контактов или контрольных кабелей
- Неисправность выключателя

Если возникает одна из описанных выше ситуаций, реле выдает сигнал с задержкой в 5 сек. Назначение НО и НЗ вспомогательных контактов выполняется средствами графического программирования логической схемы реле. Выдержка времени на сигнал необходима для излишней работы функции контроля положения выключателя при выполнении переключений.

В колонке меню 'CB CONTROL' (КОНТРОЛЬ ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ) предусмотрена уставка задаваемая в ячейке 'CB Status Input' (Вход контроля статуса

включателя). Возможные варианты уставки приведены в таблице следующей далее:

None (нет) 52A 52B Both 52A & 52B	P541 и P542	Или	None	P543 P544 P545 P546
			52A 3 pole (3-ф) 52B 3 pole (3-ф) Both 52A & 52B 3 pole 52A 1 pole (1-ф) 52B 1 pole (1-ф) Both 52A & 52B 1 pole	

Логические входы реле, используемые для индикации статуса выключателя, могут использовать контакты 52a и/или 52b выключателей с трехфазным или пофазным приводом для одного выключателя или для двух выключателей при использовании реле P544 и P546.

Например, при конфигурировании ОАПВ для реле P544 или P546 при использовании обоих контактов (52a и 52b) от каждого выключателя, необходимо от каждого выключателя подключить к реле следующие контакты:

Q1 52A-a, 52A-b, 52A-c и 52B-a, 52B-b, 52B-c

Q2 52A-a, 52A-b, 52A-c и 52B-a, 52B-b, 52B-c

Если выбрана уставка 'None' (никакой), то информация о статусе выключателя становится недоступной. Это непосредственно влияет на все функции для работы которых требуется информация о статусе выключателя, например, функция контроля выключателя, АПВ и т.п. Если используется только один контакт 52A, то в реле автоматически воспроизводится положение входа 52B как противоположное входу 52A. В такой конфигурации становится доступной информация о положении выключателя но при этом остается недоступна информация несоответствия положения контактов. Все сказанное выше относится в случае использования только одного контакта 52B. Если для информации о статусе выключателя используются оба контакта то кроме информации о статусе выключателя становится доступной информация о несоответствии положения вспомогательных контактов (согласно приведенной ниже таблице). Назначение входов 52A и 52B выполняется средствами программирования логической схемы (PSL).

Положение вспомогательных контактов		Определено положение выключателя	Действие
52A	52B		
Разомкнут	Замкнут	Отключен	Выключатель исправен
Замкнут	Разомкнут	Включен	Выключатель исправен
Замкнут	Замкнут	Выключатель неисправен	Сообщение сигнализации если положение сохраняется более 5 сек
Разомкнут	Разомкнут	Статус неопределен	Сообщение сигнализации если положение сохраняется более 5 сек

Таблица 24

При использовании ОАПВ (доступно лишь в некоторых моделях реле) информация об отключении выключателя выдается при условии что имеется информация об отключении всех трех фаз выключателя. Соответственно индикация включенного положения выключателя выдается при условии информации о включенном положении всех полюсов выключателя. При использовании ОАПВ необходимо использовать вспомогательные контакты каждого полюса выключателя. 52A-a, 52A-b и 52A-c и/или 52B-a, 52B-b и 52B-c.

При использовании реле P544 и P546 выполняется мониторинг двух выключателей. Если входы относящиеся к каждому выключателю (Q1 и Q2) доступны в реле по опто изолированным входам, то становится возможным определения статуса каждого выключателя.

3.7 Контроль технического состояния выключателя (P541, P542, P543 и P545)

Выключатели требуют периодического технического обслуживания для обеспечения надежной работы привода и поддержания требуемой отключающей способности снижающейся при отключении коротких замыканий. В общем случае техническое обслуживание выполняется на периодическом принципе, т.е. через примерно равные интервалы времени. Этот метод контроля технического состояния выключателя достаточно груб и ведет к излишним затратам.

Реле ведет статистику всех параметров связанных с каждым отключением выключателя, что позволяет более точно оценить техническое состояние выключателя для определения необходимости в очередном техническом обслуживании. В следующем параграфе представлены функции контроля состояния выключателя.

3.7.1 Функции контроля состояния выключателя

При каждом отключении выключателем тока короткого замыкания, реле записывает статистическую информацию приведенную в таблице в соответствии с меню контроля состояния выключателя. Ячейки меню показывают записи соответствующих счетчиков (накопление информации). В колонках «Мин.» и «Макс.» показан диапазон изменения значений счетчиков. Данные в следующих ячейках доступны только для чтения:

Состояние выключателя	Значение по умолчанию	Мин	Макс	Шаг
CB operations (Общее количество отключений) 3.ф	0	0	10000	1
CB A operations (Кол-во отключений ф.А) 1ф и 3.ф отключения	0	0	10000	1
CB B operations (Кол-во отключений ф.В) 1ф и 3.ф отключения	0	0	10000	1
CB C operations (Кол-во отключений ф.С) 1ф и 3.ф отключения	0	0	10000	1
Total IA Broken (Сумма токов	0	0	25000	1

Состояние выключателя	Значение по умолчанию	Мин	Макс	Шаг
отключенных в ф. А)			In [^]	
Total IB Broken (Сумма токов отключенных в ф. В)	0	0	25000 In [^]	1
Total IC Broken (Сумма токов отключенных в ф. С)	0	0	25000 In [^]	1
CB operate time (время отключения)	0	0	0.5 сек	0.001
Reset CB Data (Сброс статистики по выключателю)	No (Нет)	Yes (Да), No (Нет)		

Таблица 25.

Показания счетчиков могут быть обнулены, например, после выполнения технического обслуживания выключателя.

В следующей таблице приведены опции меню доступные для контроля технического состояния выключателя. Она включает уставки по току отключаемому выключателем и выбор режима работы сигнализации при достижении предельных значений функции контроля технического состояния выключателя.

CB Monitor Setup (Настройка мониторинга состояния выключателя)	Значение по умолчанию	Мин	Макс	Шаг
Broken I [^] (показатель степени)	2	1	2	0.1
I [^] Maintenance (Предупреждение по I [^])	Alarm (сигнал)	Alarm (сигнал), Disabled (выведено), Enabled (введено)		
I [^] Maintenance (уставка предупреждения по I [^])	1000 In [^]	1In [^]	25000 In [^]	1In [^]
I [^] Maintenance (Блокировка по I [^])	Alarm (сигнал)	Alarm, Disabled, Enabled		
I [^] Maintenance (уставка блокирования по I [^])	1000 In [^]	1In [^]	25000 In [^]	1In [^]
No CB ops maint (Предупреждение по количеству операций выключателя)	Alarm (сигнал)	Alarm, Disabled, Enabled		
No CB ops maint	10	1	10000	1
No CB ops lock (Блокировка по количеству операций вык-ля)	Alarm (сигнал)	Alarm, Disabled, Enabled		
No CB ops lock	20	1	10000	1
CB time maint (Предупреждение по времени работы вык-ля)	Alarm (сигнал)	Alarm, Disabled, Enabled		
CB time maint	0.1 с	0.005 с	0.5 с	0.001 с
CB time lockout (Блокирование по времени работы вык-ля)	Alarm (сигнал)	Alarm, Disabled, Enabled		
CB time lockout	0.2 с	0.005 с	0.5 с	0.001 с

CB Monitor Setup (Настройка мониторинга состояния выключателя)	Значение по умолчанию	Мин	Макс	Шаг
Fault freq lock (Блокирование по недопустимому количеству КЗ за интервал времени)	Alarm (сигнал)	Alarm, Disabled, Enabled		
Fault freq count (Счетчик частоты КЗ за интервал времени)	10	0	9999	1
Fault freq time (интервал контроля частоты КЗ)	3600 с	0 с	9999 с	1 с

Таблица 26.

Счетчики учета показателей работы выключателя обновляют (пополняют) свои показания при каждом действии реле на отключение. Кроме это имеется возможность обновления показаний счетчиков при отключении выключателя от внешних защит. Для этого один из опто изолированных входов реле конфигурируется (средствами PSL) на прием команды отключения от внешних устройств. Данный оптовход связывается с входным DDB сигналом 'External Trip' (Внешнее отключение).

ПРИМЕЧАНИЕ: Если реле переведено в режим 'Commissioning' (Режим Проверка) то счетчики показателей работы выключателя не обновляются.

3.7.2 Рекомендации по выбору уставок

3.7.2.1 Сумма отключенных токов

В тех случаях, если линии электропередачи, оснащенные масляными выключателями, подвержены частым коротким замыканиям, замена масла в коммутационных аппаратах в значительной степени определяет стоимость обслуживания распределительного устройства. В общем случае, замена масла производится после выполнения выключателем определенного количества операций по отключению токов короткого замыкания. Однако это может привести к неоправданно частой замене масла, если отключались токи меньшие чем расчетные и следовательно ресурс масла не исчерпан полностью. Сумматор токов отключаемых каждым из полюсов выключателя $\sum I^n$ служит для более точной оценки состояния дугогасящих камер выключателя.

Диэлектрические характеристики масла у масляных выключателей снижаются пропорционально функции $\sum I^2 t$. При этом 'I' это ток короткого замыкания отключаемый выключателем, и 't' – время горения дуги в дугогасительной камере (не путать с временем отключения КЗ). Поскольку время горения дуги не может быть определено точно, обычно задается уставка в реле на суммирование суммы квадратов токов ($n=2$).

Для других типов выключателей, особенно в установках более высокого уровня напряжения, практический опыт может показать неприемлемость уставки $n=2$. В таких случаях, значение показателя степени может быть задано равным меньшим, типовые значения от 1.4 до 1.5. Срабатывание функции на сигнал в этом случае, например, может служить признаком необходимости в проверке давления газа/вакуума в дугогасительной камере.

Диапазон регулирования показателя степени суммируемых токов 'Broken I' регулируется в диапазоне от 1.0 до 2.0 с шагом 0.1. Важно отметить, что график и объем технического обслуживания должен полностью согласовываться с инструкциями завода-изготовителя оборудования.

3.7.2.2 Количество операций

Каждая операция (включение/отключение) ведет к некоторому износу его механизмов. Следовательно, текущее обслуживание выключателя, например, смазка механизмов, может базироваться на подсчете количества выполненных операций. Следовательно, задание соответствующей уставки с действием на сигнал позволяет информировать эксплуатационный персонал о необходимости выполнения превентивного обслуживания данного выключателя.

Некоторые типы выключателей, такие как, например, масляные выключатели, требуют проведения технического обслуживания, после выполнения определенного количества операций отключения тока КЗ, поскольку при каждом отключении происходит коксование (науглероживание) масла снижающее его диэлектрические характеристики. Уставка предупредительной ступени (No CB Ops Maint) может быть, например, использована для сигнализации необходимости взятия проб масла для испытаний на диэлектрическую прочность или проведения технического обслуживания. Уставка блокирования при достижении предельного количества операций (No CB Ops Lock) может быть использована для блокирования повторного включения выключателя, поскольку выполненное им количество операций не гарантирует успешного отключения очередного КЗ. Это позволяет снизить вероятность воспламенения масла или взрыва выключателя.

3.7.2.3 Время срабатывания

Замедление во времени выполнения операции может служить признаком необходимости ревизии привода выключателя. В реле предусмотрены две ступени действующие на сигнал и блокирование очередного включения ('CB Time Maint / CB Time Locout'), уставки которых регулируются в диапазоне от 5 до 500 мс. Время устанавливается в соответствии с временем отключения по техническим характеристикам выключателя.

3.7.2.4 Частота КЗ

Выключатель может быть рассчитан на выполнение определенного количества коротких замыканий, после которого необходимо проведение технического обслуживания. Однако успешная многократная работа выключателя за короткий интервал времени может существенно увеличить объем работ при проведении технического обслуживания. По этой причине функция контроля технического состояния выключателя предусматривает возможность задания уставки счетчика частоты КЗ ('Fault Freq Count') допустимой по техническим характеристикам выключателя за заданный интервал времени ('Fault Freq Time'). Предусмотрены две ступени действующие на сигнал и блокирование включения, соответственно.

3.8 Управление выключателем

В реле предусмотрены следующие опции контроля одного выключателя:

- Местное отключение и включение, меню передней панели реле
- Местное отключение и включение, сигналами по оптоизолированным входам реле
- Дистанционное отключение и включение, по каналам связи с реле
- Местное отключение с использованием функциональных клавиш на передней панели реле (начиная с 20-й версии ПО и более поздние версии)

Рекомендуется использовать отдельные контакты (реле) для подачи в схему управления выключателя команд от защит/автоматики и команд дистанционного управления выключателем. Это позволит выполнять выбор режима управления Местное/Дистанционное при помощи соответствующего ключа, как показано на рис. 31. Если это не требуется, для отключения от защиты и по командам ручного управления могут быть использованы одни и те же контакты выходных реле.

При использовании реле P544 и P546 можно выполнять избирательное дистанционное или местное управление двумя выключателями если отдельные контакты выходных реле выделены на команды оперативного включения и отключения для каждого из выключателей, т.е. используется четыре выходных реле.

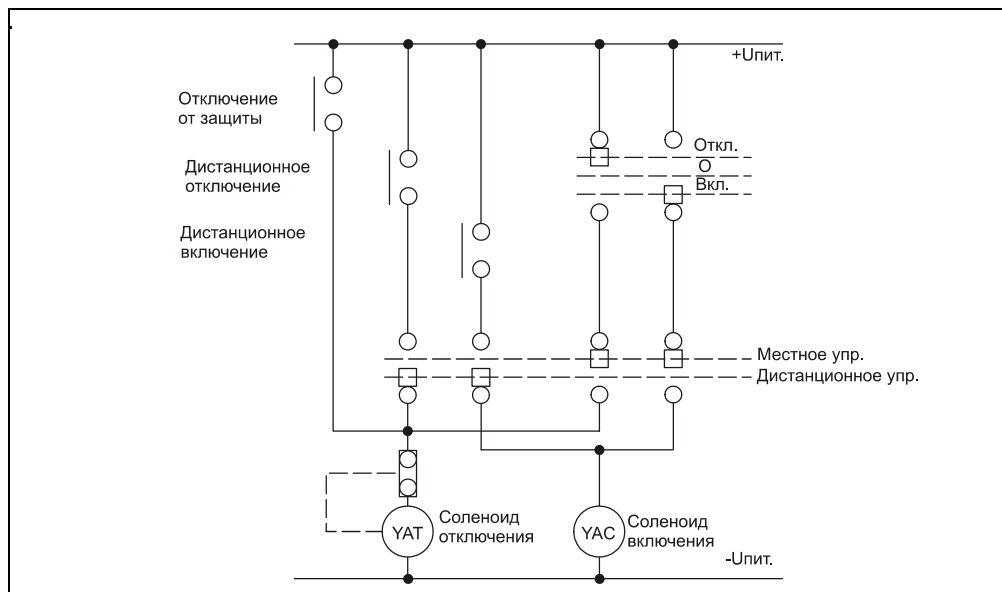


Рис. 31: Дистанционное управление выключателем

Следующая таблица составлена из меню реле и показывает уставки и команды связанные с функцией управления выключателя. В зависимости от модели используемого реле, некоторые ячейки меню могут отсутствовать:

CB Control (Управление вык-лем)	По умолч.	Мин	Макс	Шаг
CB Control by (Управл. в-лем по...)	Disabled (Выведено)	Disabled (выведено), Local (местное), Local+Remote (местное+дистанц.), Opto (оптовход), Opto+Local (Опто+местное), Opto+Remote (Опто+дистанц.), Opto+Rem+Loc (Опто+дистанц.+местное)		
Close pulse time (длительность импульса включения)	0.5 с	0.01 с	10 с	0.01 с
Trip pulse time (длительность импульса отключения)	0.5 с	0.01 с	10 с	0.01 с
Man close delay (Задержка команды ручного включения)	10 с	0.01 с	600 с	0.01 с
CB Healthy Time (Время готовности выключателя)	5 с	0.01 с	9999 с	0.01 с
Check Synch Time (Время ожидания синхронизма)	5 с	0.01 с	9999 с	0.01 с
Lockout reset (Съем блокирования)	No (Нет)	No (Нет), Yes (Да)		
Reset lockout by (снятие состояния блокирования при...)	CB Close	User Interface (по интерфейсу пользователя), CB Close (при включении выключателя)		
Man close RstDly (задержка АПВ при ручном вкл.)	5 с	0.01 с	600 с	0.01 с
A/R telecontrol (Телеуправление вводом/выводом АПВ)	No operation (Не выполнять)	No operation (Не выполнять), Auto (с АПВ), Non-auto (без АПВ) (более подробно в разделе описания работы АПВ)		
Single pole (1-ф. АПВ) (только у реле с 1 и 3 фазным АПВ)	Disabled (выведено)	Disabled (выведено), Enabled (введено)		
Three pole (3-ф. АПВ) (только у реле с 1 и 3 фазным АПВ)	Enabled (введено)	Disabled (выведено), Enabled (введено)		
A/R status (статус АПВ – индикация текущего состояния)	Auto Mode (с АПВ)	Auto Mode (с АПВ), Non-auto mode (без АПВ)		
Total reclosures (общее кол-во АПВ)	0	0	10000	1
Reset total A/R (сброс статистики АПВ)	No (Нет)	No (Нет), Yes (Да)		
CB status input (P541, P542) (Статус входа положения выключателя)	None (никакой)	None (никакой), 52A, 52B, Both 52A & 52B (оба)		
CB status input (P543, P544) (Статус входа положения выключателя)	None (никакой)	None (никакой), 52A 3 pole, 52B 3 pole, 52A & 52B 3 pole, 52A 1 pole, 52B 1 pole, 52A & 52B 1pole		

Таблица 27.

Команда ручного отключения может быть выполнена при условии что ранее выключатель был включен. Аналогичным образом, команда включения может

быть выполнена реле только если выключатель был ранее отключен. Для подтверждения состояния (положения) выключателя необходимо использовать вспомогательные контакты выключателя 52А и/или 52В (различные опции уставок приведены в ячейке «Вход статуса выключателя» ('CB Status Input')). В случае отсутствия свободных вспомогательных контактов которые могут быть подключены к реле, необходимо установить значение соответствующей уставки в 'None' (Никакой). В таком случае становятся невозможными управление (ручное и автоматическое) и мониторинг состояния (положения) выключателя.

При генерации команды включения выключателя можно задать задержку на замыкание контактов выходного реле на время заданное пользователем в ячейке выдержки времени таймера 'Man Close Delay'). Это предоставляет время для персонала удалиться от выключателя на безопасное расстояние после подачи команды включения. Эта задержка применяется ко всем командам оперативного (ручного) включения выключателя.

Длительность импульса команды ручного отключения или включения выключателя задается в ячейках таймеров 'Trip Pulse Time' и 'Close Pulse Time', соответственно. Длительность импульса команды управления должна быть достаточной для отключения или включения выключателя.

Обратите внимание что меню команд ручного отключения и включения выключателя находятся в колонке меню 'System Data' (Рабочие Параметры) и меню функциональных клавиш.

Если при попытке ручного включения выключателя в реле генерируется команда отключения от защит, то она имеет более высокий приоритет и отменяет команду включения выключателя.

Если в реле введена функция контроля синхронизма то она может быть использована для контроля синхронизма при ручном включении выключателя. Выходной сигнал включения выключателя, в этом случае, будет генерирован только если выполняются условия синхронизма. При подаче команды ручного включения запускается таймер ожидания синхронизма 'C/S Window' с регулируемой уставкой. Если в течении отсчета заданной выдержки времени условия синхронизма не наступят, то реле блокирует команду включения и выдает соответствующий сигнал.

В дополнение к контролю синхронизма, перед выполнением команды ручного включения, при необходимости, может контролироваться готовность выключателя. Для этого к одному из опто изолированных входов реле подается сигнал о готовности выключателя (например подтверждение завода пружин). При ручном включении выключателя информация о готовности выключателя (привода) ожидается в течении времени установленного на таймере 'CB Healthy Time'. Если сигнал готовности выключателя 'CB Healthy' не появится по истечении выдержки времени таймера 'CB Healthy Time', запускающегося по команде ручного включения, то реле блокирует команду включения и выдает соответствующий сигнал.

Если в реле введена функция АПВ, то она должна быть заблокирована при выполнении ручного включения выключателя. Если выключатель включается на короткое замыкание, то в большинстве случаев это устойчивое КЗ, и следовательно АПВ в этом случае нежелательно. Для запрета АПВ при ручном включении выключателя используется таймер 'Man Close RstDly', который запускается при подаче команды ручного включения. АПВ заблокировано на время отсчета выдержки времени данного таймера.

Если выключатель по какой либо причине не выполнил команду управления (контролируется по изменению состояния вспомогательных контактов выключателя) генерируются сигналы 'CB Failed to Trip' или 'CB Failed to Close' после истечения выдержки времени длительности импульсов команд отключения или включения, соответственно. Данные сигналы могут быть выведены на дисплей, доступны по каналу связи с реле или назначены на выходные реле для сигнализации во внешнюю схему при использовании средств графического программирования логической схемы (PSL).

Таймеры готовности выключателя 'CB Healthy Time' и ожидания синхронизма 'Check Synch Time' конфигурируемые в данном меню используются только при ручном включении выключателя. Данные уставки продублированы в меню конфигурирования функции АПВ.

Уставки задаваемые в ячейках 'Lockout reset' (Съем блокирования) и 'Reset lockout by' (снятие состояния блокирования при...) применимы к блокированию наступившему в результате попытки ручного включения, к функции контроля технического состояния выключателя (например, по количеству операций) и блокировкам от функции АПВ.

3.8.1 Управление выключателем при помощи функциональных клавиш (20-я версия ПО и более поздние версии)

Функциональные клавиши обеспечивают прямой доступ к командам ручного отключения и включения без необходимости обращения к меню реле в колонку SYSTEM DATA (ВХОДНЫЕ ПАРАМЕТРЫ). Функциональные возможности данных клавиш аналогичны возможностям управления из упомянутого меню.

При выборе команд <<TRIP>> (ОТКЛЮЧЕНИЕ) или <<CLOSE>> (ВКЛЮЧИТЬ) оператору предлагается подтвердить выполнение выбранной команды. При подаче команды отключения, на дисплей реле выводится статус выключателя сразу после выполнения команды управления. При подаче команды включения на дисплей выводится индикатор отсчета времени на время выполнения команды. При этом на экране показана возможность отмены или возобновления процедуры включения выключателя. Индикатор отсчета времени до замыкания контактов выходного реле включения выключателя использует уставку задержки на подачу импульса включения заданную в ячейке 'Man close delay' (Задержка команды ручного включения) меню 'CB Control' (Управление выключателем). После включения выключателя на дисплей реле выводится информация подтверждающая новый статус выключателя. Затем на дисплей выводится предложение по выполнению других команд или выход из меню – т.е. возврат в режим индикации по умолчанию.

Если подтверждение выполнения команды или ее отмена не выполняется нажатием клавиши в течении более чем 25 секунд, дисплей реле возвращается к индикации текущего статуса выключателя. Если в режиме индикации статуса выключателя в течении 25 секунд не нажимается ни одна клавиша, реле возвращается к индикации по умолчанию. На рис. 32 показаны меню функциональных клавиш связанные с управлением выключателем.

Во избежание случайных операций включения или отключения, команды управления выполняемые с помощью функциональных клавиш блокируются на 10 секунд после выхода из меню функциональных клавиш.

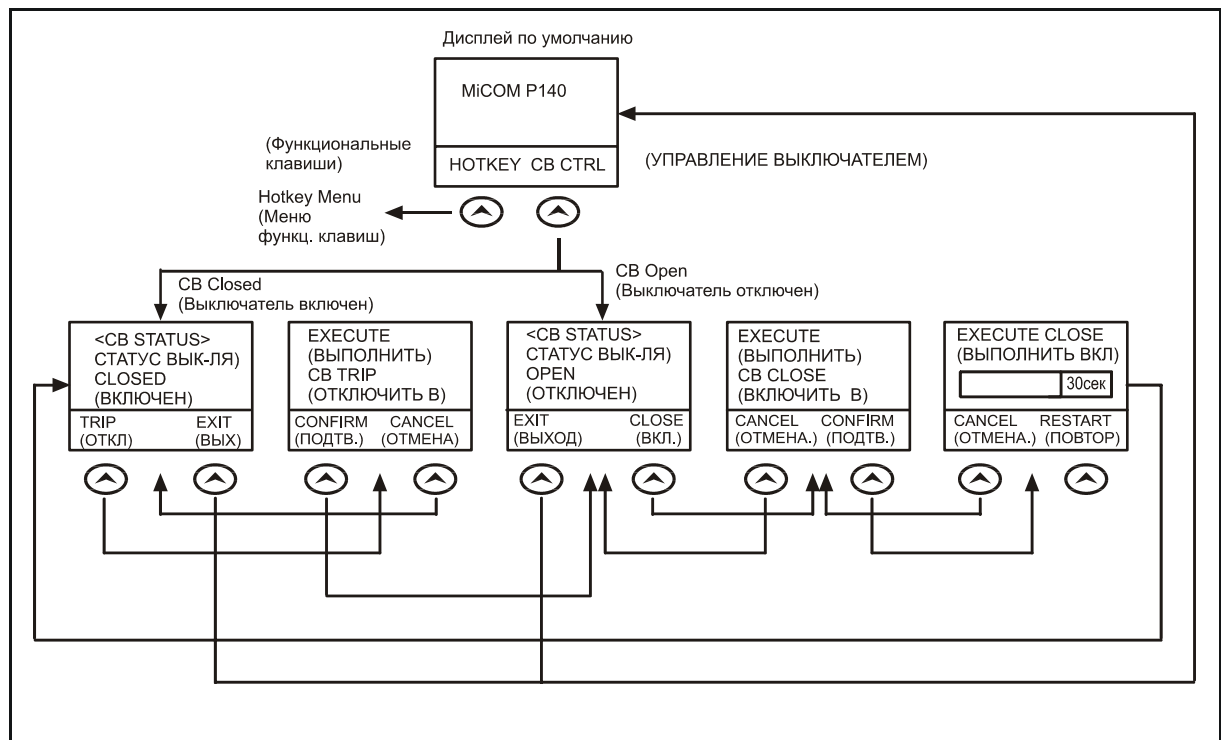


Рис. 32: Меню управления выключателем с помощью функциональных клавиш

3.9 Определение места повреждения (P543, P544, P545 и P546)

3.9.1 Функция определения места повреждения

3.9.1.1 Введение

В реле интегрирована функция использующая информацию о токах и напряжениях, которая служит для определения расстояния до места повреждения. Данные выборки измерений аналоговых сигналов записываются в циклическую буферную область памяти вплоть до определения КЗ в системе. Затем данные измерений сохраненные в буфере используются для выполнения необходимых вычислений. По завершении расчетов выполняется регистрационная запись аварии включающая расстояние до места КЗ.

При использовании реле в сети с параллельными линиями, на импеданс измеряемый реле оказывает влияние взаимоиנדукция от параллельной линии. Параметры взаимоиנדукции могут включать компоненты прямой, обратной и нулевой последовательности. На практике влияние компонентов прямой и обратной последовательностей не оказывает заметного влияния. Влияние компонента нулевой последовательности может быть компенсировано (исключено) при помощи использования функции компенсации взаимоиנדукции нулевой последовательности предусмотренной в реле для подобных случаев применения.

3.9.1.2 Основы теории при замыканиях на землю

На рис. 33 приведена схема замещения двухмашинной системы при замыкании на землю.

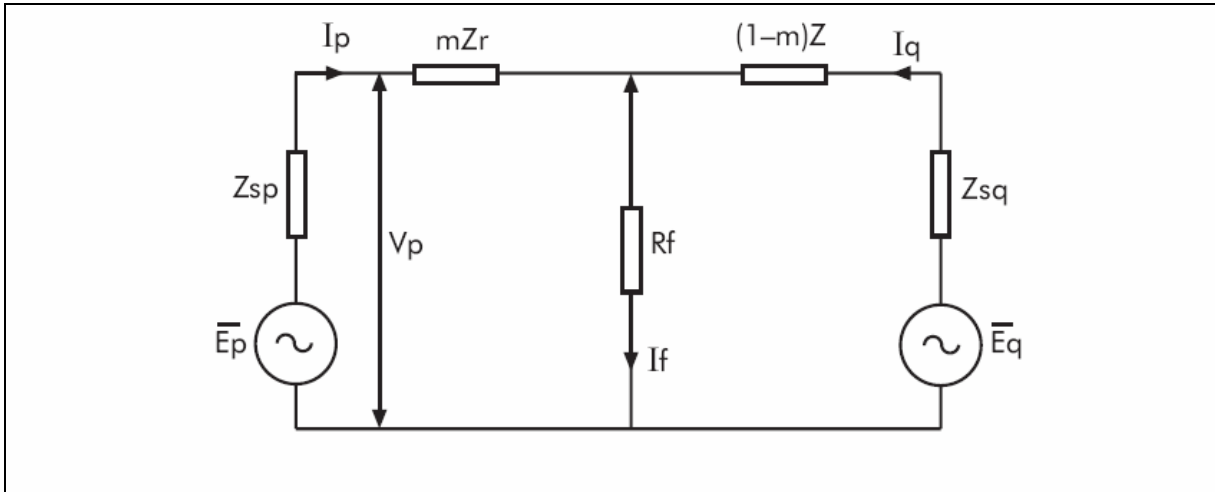


Рис. 33: Схема замещения двухмашинной сети

На данной схеме:

$$V_p = m \cdot I_p \cdot Z_r + I_f \cdot R_f \quad (\text{Уравнение 1})$$

Место повреждения может быть рассчитано если будет решено Уравнение 1.

3.9.1.3 Производство выборок данных и работа с буфером памяти

ОМП записывает в циклическую память данные за 12 периодов с разрешением в 24 выборки за период промышленной частоты. При обнаружении КЗ записанные данные «замораживаются» таким образом что для выполнения расчетов имеются данные по 6 периодам предшествовавшим аварии и по 6 периодам после пуска защиты. После фиксации данных в буфере начинается расчет места повреждения.

Логика (момент) фиксации данных в буфере (аварийная запись) выполняется при программировании логической схемы реле (PSL).

Регистратор аварий может сохранять данные до 4 последних аварий. Это обеспечивает определения места повреждения для каждого КЗ при использовании 4-кратного АПВ.

3.9.1.4 Выбор поврежденной фазы

Выбор поврежденной фазы выполняется по данным дифференциальной токовой защиты. Если дифференциальная токовая защита не работала, то выбор фазы (фаз) выполняется путем сравнения доаварийных и аварийных величин трех линейных токов. При однофазно повреждении два линейных тока также изменяются без изменения третьего линейного тока. При замыканиях фаза-фаза или две фазы на землю один из линейных токов будет значительно больше двух других. При трехфазных повреждениях, изменяться все три линейных тока примерно на одну и ту же величину.

Изменения линейных токов (аварийный/доаварийный) считаются одинаковыми если они не отличаются между собой более 20%. Выбор поврежденной фазы и

расчет места повреждения может быть выполнен если изменения токов превышают 5% I_n .

3.9.1.5 Расчет места повреждения

Расчет места повреждения работает по:

- Выбор векторов
- Выбор поврежденной фазы (фаз)
- Оценка фазового угла тока КЗ поврежденной фазы (фаз)
- Решение Уравнения 1 для получения m в момент времени когда $I_f=0$

3.9.1.5.1 Выбор векторов

Выбор набора векторов определяется типом короткого замыкания идентифицированного алгоритмом выбора повредившихся фаз. Расчет по Уравнению 1 выполняется применяется как для однофазных так и для междуфазных замыканий.

Тогда при 1-ф. замыкании на фазе «А»:

$$I_p * Z_r = I_a * (Z_{\text{линии}} \angle \theta_{\text{линии}}) + I_n * (Z_0 \angle \theta_0) \dots \dots \dots \text{(Уравнение 2)}$$

$$\text{и } V_p = V_A,$$

а для КЗ между фазами А и В:

$$I_p * Z_r = I_a * (Z_{\text{линии}} \angle \theta_{\text{линии}}) + I_b * (Z_0 \angle \theta_0) \dots \dots \dots \text{(Уравнение 3)}$$

$$\text{и } V_p = V_A - V_B$$

Расчет места повреждения при 1-ф. КЗ с использованием компенсации влияния взаимоиндукции нулевой последовательности отличен от предыдущих:

$$I_p * Z_r = I_a * (Z_{\text{линии}} \angle \theta_{\text{линии}}) + I_n * (Z_0 \angle \theta_0) + I_m * (Z_m \angle \theta_m) \dots \text{(Уравнение 4)}$$

3.9.1.5.2 Решение уравнения для определения места повреждения

В момент пересечения током повреждения I_f линии нулевых значений, мгновенные значения напряжения V_p (напряжение на реле) и тока I_p (ток реле) могут быть использованы для решения Уравнения (1) и определения значения m . (при этом значение $I_f * R_f$ равно нулю).

Это делается путем сдвига векторов используемых в расчетах (V_p и $I_p Z_r$) на угол (90° – фаза тока КЗ) и затем деления действительной части вектора V_p на действительную часть вектора $I_p Z_r$ (см. рис. 34)

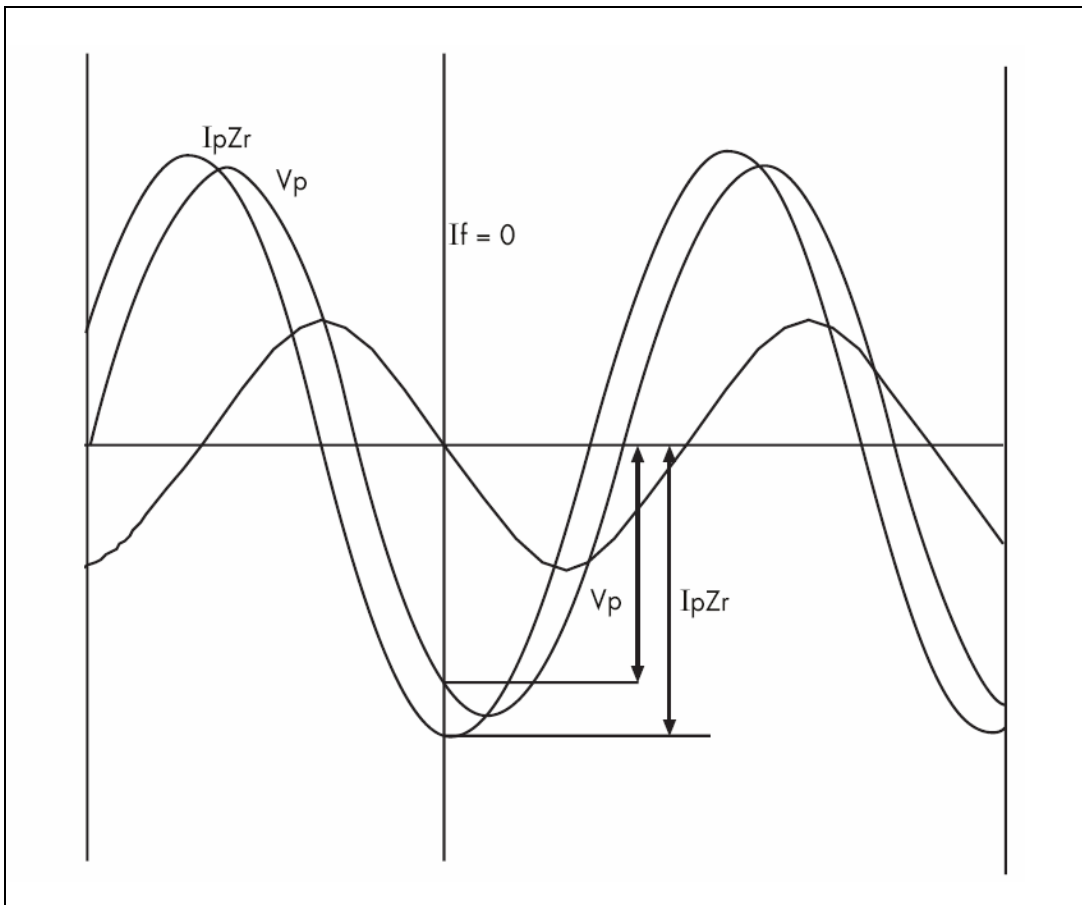


Рис. 34: Выбор расчетных значений ОМП для момента времени когда $I_f=0$

Т.е.:

Смещенный по фазе вектор V_p

$$= |V_p| [\cos(s) + j \sin(s)] * [\sin(d) + j \cos(d)]$$

$$= |V_p| [-\sin(s-d) + j \cos(s-d)]$$

Смещенный по фазе вектор $I_p Z_r$

$$= |I_p Z_r| [\cos(e) + j \sin(e)] * [\sin(d) + j \cos(d)]$$

$$= |I_p Z_r| [-\sin(s-d) + j \cos(s-d)]$$

следовательно, из Уравнения 1:

$$m = V_p \div (I_p * Z_r) \text{ при } I_f = 0$$

$$= V_p \sin(s-d) / (I_p Z_r * \sin(e-d))$$

Где d = фазовый угол тока КЗ I_f

s = фаза вектора V_p

e = фаза вектора $I_p Z_r$

Таким образом в реле выполняется расчет значения m как процент от уставки импеданса линии заданной в меню ОМП, затем выходное значение функции ОМП получается путем умножения этого значения на уставку длины линии. полученные

значения удаления места КЗ доступны в записи аварии в ячейке меню 'Fault Locations' (Местоположение КЗ) колонки меню 'VIEW RECORDS' (ПРОСМОТР ЗАПИСЕЙ). Расстояние до места КЗ может быть представлено в километрах, милях, Омах, или процентах от длины линии.

3.9.1.6 Компенсация влияния взаимоиндукции

Анализ работы ОМП при КЗ на землю на воздушной линии электропередачи, при наличии параллельной цепи, показывает, что показания ОМП с одной стороны линии имеют тенденцию к завышению замера, а на другом конце линии к занижению замера до места КЗ. В случае применения реле в условиях значительного влияния сопротивления взаимоиндукции нулевой последовательности, рекомендуется использовать предусмотренную в реле возможность компенсации данного влияния, для улучшения работы функции ОМП. Для выполнения компенсации используется вход реле на который подается ток нулевой последовательности (3I₀) от ТТ параллельной линии.

Другой проблемой при выполнении защиты параллельных линий является ситуация при которой вторая цепь выведена из работы и заземлена с обоих концов. В этом случае ток однофазного КЗ оставшейся в работе линии наводит ток в параллельной заземленной линии, что ведет к неправильной работе цепей компенсации взаимоиндукции нулевой последовательности используемой функцией ОМП.

Для решения данной проблемы рекомендуется выводить компенсацию нулевой последовательности при выводе в ремонт параллельной линии.

3.9.1.7 Уставки функции ОМП

В следующей таблице приведены опции уставок функции определения места повреждения с указанием диапазона регулирования и значений по умолчанию.

ТЕКСТ МЕНЮ	Уставка по умолчанию	Диапазон регулирования уставки		Шаг
		Мин	Макс	
VIEW RECORDS (ПРОСМОТР ЗАПИСЕЙ)				
Fault Location (удаление до КЗ)	X метров	Расстояние до места КЗ в метрах		
Fault Location (удаление до КЗ)	X миль	Расстояние до места КЗ в милях		
Fault Location (удаление до КЗ)	X Ом	Расстояние до места КЗ в Омах		
Fault Location (удаление до КЗ)	X %	Расстояние до места КЗ в % от длины линии		
GROUP 1 FAULT LOCATOR (ГРУППА 1: ОМП)				
Line Length (длина линии) (метров)	16000	10	1E6	10
Line Length (длина линии) (миль)	10	0.005	621	0.005
Line Impedance (полное сопротивление)	6	0.1	250	0.01

ТЕКСТ МЕНЮ	Уставка по умолчанию	Диапазон регулирования уставки		Шаг
		Мин	Макс	
линии)				
Line Angle (угол линии)	70	20	85	1
KZN Residual (коэфф. комп. нулевой послед.)	1	0	7	0.01
KZN Res Angle (угол. комп. нулевой послед-ти)	0	-90	90	1
Mutual Comp (комп. взаимоиנדукции)	Disabled	Enabled (введена), Disabled (выведена)		
kZm Mutual Comp (коэфф. комп. взаимоиנדукции паралл. линии)	1	0	7	0.01
kZm Angle (угол. комп. взаимоиנד. паралл. линии)	0	-90 (20-й версия ПО и ранние) -180° (с 30-й версии и более поздние)	90	1

Таблица 28.

3.9.1.8 Пуск регистратора места повреждения

Результат работы функции определения места повреждения включена в аварийную запись выполняемую регистратором аварий и следовательно, ее пуск происходит одновременно с пуском регистратором аварий (Fault Recorder). Управление пуском регистратора аварий выполняется логическим сигналом 'DDB 110: Fault REC TRIG'. В логической схеме реле заданной на заводе изготовителе реле (схема по умолчанию) пуск регистратора выполняется при формировании сигнала отключения от любой от защит.

3.9.1.9 Пример выбора уставок

Предположим что реле установлено на линии со следующими параметрами:

Воздушная линия электропередачи 230кВ

Ктт	=	1200/5
Ктн	=	230,000/115
Длина линии	=	10 км
Импеданс линии прямой последовательности ZL1	=	0.89+j0.476 Ом/км
Импеданс линии нулевой последовательности ZL0	=	0.34+j1.03 Ом/км
Импеданс взаимоиנדукции нулевой посл. ZM0	=	0.1068+j0.5712 Ом/км

Длина линии может быть задана в метрах или милях

В данном примере длина линии задана = 10 км

Значение уставок импеданса линии и угла линии рассчитываются таки образом:

Отношение первичного импеданса ко вторичному = $K_{TT}/K_{TN} = 0.12$

Импеданс линии прямой последовательности $ZL1 = 0.12 \times 10(0.484 \angle 79.4^{\circ})$
 $= 0.58 \angle 79.4^{\circ}$

Следовательно уставки будут следующими:

Line Impedance (Полное сопротивление линии) = 0.58

Line Angle (Угол линии) = 79°

Коэффициент компенсации взаимоиндукции нулевой последовательности рассчитывается по формуле:

$$\begin{aligned} K_{ZN} &= (ZL0 - ZL1) / (3 \times ZL1) \\ &= [(0.34 + j1.03) - (0.089 + j0.476)] / [3 \times (0.484 \angle 79.4)] \\ &= (0.6 \angle 65.23) / 1.45 \angle 79.4 \\ &= 0.41 \angle -14.17 \end{aligned}$$

Следовательно задаются уставки: $k_{ZN} \text{ Residual} = 0.41$

$k_{ZN} \text{ Res Angle} = -14^{\circ}$

Уставки компенсации импеданса взаимоиндукции нулевой последовательности и угол ('kZm Mutual Comp' и 'kZm Angle') рассчитываются по следующей формуле:

$$\begin{aligned} k_{Zm} &= ZM0 / (3 \times ZL1) \\ &= (0.107 + j0.571) / [3 \times (0.484 \angle 79.4)] \\ &= (0.581 \angle 79.4) / (1.45 \angle 79.4) \\ &= 0.4 \angle 0 \end{aligned}$$

Следовательно задаются уставки:

$k_{Zm} \text{ Mutual Comp} = 0.4$

$k_{Zm} \text{ Angle} = 0^{\circ}$

3.10 Регистраторы событий и аварий

В реле выполняется регистрация до 512 событий с метками времени (начиная с 20-й версии, и 250 событий для предыдущих версий ПО) и сохраняет их в энергонезависимой памяти (с резервированием питания от встроенной батареи). Эти записи предоставляют для пользователя возможность восстановления хронологии работы реле, событий происходящих в системе, и т.п.). Если отведенный для записей объем памяти будет исчерпан, последние записи замещают самые старые записи.

Часы реального времени установленные в реле, обеспечивают привязку событий по времени с точностью в 1 мс.

Результаты записей регистратора событий доступны для вывода на дисплей реле и дистанционно по каналу связи с реле через порты коммуникации.

Локальный просмотр записей регистратора выполняется с передней панели реле в колонке меню 'VIEW RECORES' (ПРОСМОТР ЗАПИСЕЙ). В данной колонке меню выполняется просмотр записей регистрации событий, аварийных записей и технологических записей в представленной ниже форме:

'VIEW RECORES' (ПРОСМОТР ЗАПИСЕЙ)	
Ссылка на дисплее	Описание
Select Event (выберите событие)	Задайте значение от 0 до 511 (для 20-й версии ПО или до 249 для 13-й и более ранних версий ПО). Это будет соответствовать номеру записи события из возможных 512 записей (для 20-й версии ПО или до 250 для 13-й и более ранних версий ПО) которые сохранены в реле. Значение 0 соответствует последней записи.
Time & Date (Время и дата)	Время и Дата события присвоенная часами реального времени установленными в реле
Event Text (Текст события)	До 16 символов идентификация записи события (см. подробнее в следующих разделах)
Event Value (Значение события)	32-битный двоичный флаг или целое число представляющее записанное событие (см. подробнее в следующих разделах)
Select Fault (выберите аварию)	Задается значение от 0 до 4. Заданное значение соответствует номеру аварийной записи (в реле может быть сохранено до 5 записей). Значение 0 соответствует последней аварийной записи.
Maint Type (Технологическая запись)	Эти ячейки нумеруются по мере появления записей данного типа. Они представляют специфические коды ошибок, которые сообщаются AREVA при переписке.
Reset Indication (Сброс индикации)	Введите Yes (Да) или No (Нет). Выполняется для сброса светодиодной индикации после отключения, при условии что исчезли причины вызвавшие работу сигнализации.

Для считывания записей регистраторов средствами удаленного доступа по каналам связи с реле, обратитесь к главе «Связь со SCADA», где эта процедура описано подробно.

3.10.1 Типы событий

Событием считается всякое изменение состояния логических входов и выходов, генерация сообщений сигнализации, изменения уставок и т.п. В следующих разделах приводятся изменения классифицирующееся как события:

3.10.1.1 Изменения состояния опто изолированных входов

Если состояние одного или нескольких оптических (логических) входов изменилось после момента, когда последний раз отработал алгоритм защиты, то новое состояние записывается в журнал как событие. При выборе этого события для просмотра на ЖКИ становятся видимыми три дополнительные ячейки, показанные ниже.

Time & Date of Event (Время и дата события)
«LOGIC INPUTS (ЛОГИЧЕСКИЕ ВХОДЫ)»
«Event Value (Код события) 01010101010101»

Код события — 8-, 16- или 24-разрядное слово, сообщающее о состоянии оптических входов, младший (крайний правый) разряд которого соответствует оптическому входу 1, и т.д. Те же сведения присутствуют при извлечении и просмотре события на ПК.

3.10.1.2 Изменение состояния контактов одного или нескольких выходных реле

Если состояние одного или нескольких контактов одного или нескольких выходных реле изменилось после момента, когда последний раз отработал алгоритм защиты, то новое состояние записывается в журнал как событие. При выборе этого события для просмотра на ЖКИ становятся видимыми три дополнительные ячейки, показанные ниже.

Time & Date of Event (Время и дата события)
«OUTPUT CONTACTS (ВЫХОДНЫЕ КОНТАКТЫ)»
«Event Value (Код события) 01010101010101010»

Код события — 8-, 16- или 24-разрядное слово, сообщающее о состоянии выходных контактов, младший (крайний правый) разряд которого соответствует выходному контакту 1, и т.д. Те же сведения присутствуют при извлечении и просмотре события на ПК.

3.10.1.3 Условия генерации сообщений сигнализации

Любые аварийные состояния, сигналы генерируемые в устройстве защиты, также вносятся в журнал как отдельные события. В приведённой ниже таблице показаны примеры некоторых аварийных состояний и то, как они выглядят в списке событий.

Условие выдачи аварийного сигнала	Порождаемое событие	
	Текст события	Код события
Неисправность батареи (рез. питание SRAM)	Battery Fail ON/OFF (Неисправность батареи Вкл./Выкл.)	Число от 0 до 31

Неисправность встроенного источника (48В)	Field V Fail ON/OFF (Неисправность встроенного источника Вкл./Выкл.)	Число от 0 до 31
Неправильное задание группы уставок через оптовходы	Setting Grp Invalid ON/OFF (Недопуст. группа уставок Вкл./Выкл.)	Число от 0 до 31
Защита выведена	Prot'n Disabled ON/OFF (Защита выведена Вкл./Выкл.)	Число от 0 до 31
Частота за пределами рабочего диапазона	Freq out of Range ON/OFF (Частота за пределами диапазона Вкл./Выкл.)	Число от 0 до 31
Неисправность цепей ТН	VT Fail Alarm ON/OFF (Неисправность цепей ТН Вкл./Выкл.)	Число от 0 до 31
Действие УРОВ	CB Fail ON/OFF (Отказ выключателя Вкл./Выкл.)	Число от 0 до 31
User Alarm (self reset) (самоквитирующееся) сообщение конфигурированное пользователем (начиная с 12-й версии ПО и более поздние)	SR User Alarm X* ON/OFF (Самоквитирующееся пользовательское сообщение Вкл./Выкл.)	Число от 47 до 54
User Alarm (man. reset) (с ручным сбросом) сообщение конфигурированное пользователем (начиная с 12-й версии ПО и более поздние)	MR User Alarm Y* ON/OFF (пользовательское сообщение с ручным сбросом Вкл./Выкл.)	Число от 55 до 63
* Диапазон изменения X от 1 до 8, Y от 9 до 16		

Таблица 29.

В вышеприведенной таблице показаны сокращённые описания, присваиваемые различным аварийным состояниям, и соответствующие коды от 0 до 31. Такой код приписывается каждому событию аварийной сигнализации аналогично тому, как описано выше для событий связанных с изменением статуса логических входов и выходов. Код используется программным обеспечением, таким как MiCOM S1, для извлечения событий чтобы идентифицировать аварийное состояние, а поэтому невидим при просмотре события на ЖКИ. После описания показывается «Вкл.» либо «Выкл.», обозначая, появилось или сбросилось данное событие в рассматриваемой записи.

3.10.1.4 Пуски органов защиты и команды отключения

Любое действие элементов защиты (пуск либо действие на отключение) регистрируется в журнале как событие, запись о котором состоит из текстовой строки, указывающей, какой элемент подействовал, и кода события. Как и для других событий, этот код предназначен для использования программным

обеспечением извлечения событий, таким как MiCOM S1, а не для пользователя, поэтому он является невидимым при просмотре события на ЖКИ.

3.10.1.5 Общие события

Ряд событий регистрируются в категории 'General Events' («Общие события») — пример показан ниже.

Характер события	Отображаемый код в записи о событии	Отображаемый код
Изменён пароль уровня 1, через пользовательский интерфейс, порт на передней или задней панели.	PW1 modified UI, F или R или R2 (PW1 изменён через интерфейс пользователя, доступом через передний порт, через задний порт 1 или задний порт 2)	UI=6, F=11, R=16, R2=38

Полный список 'General Events' («Общие события») приведен в главе 'Relay Menu Database' (База данных меню реле), документ P54x/RU GC).

3.10.1.6 Записи о авариях

При создании каждой записи о повреждении создаётся также событие. В этом событии просто констатируется, что создана запись о повреждении, с простановкой соответствующей метки времени.

Примечание: Просмотр самой записи о повреждении выполняется через ячейку «Выбор повреждения» ниже в столбце 'VIEW RECORDS' («ПРОСМОТР ЗАПИСЕЙ»), и она выбирается из нескольких записей (до 5). Эти записи состоят из флагов повреждений, измеренных значений и т.д. Примите также во внимание, что метка времени в самой записи о повреждении будет более точна, чем соответствующая метка в записи события, поскольку событие регистрируется в журнале через некоторое время после того, как создана собственно запись о повреждении.

3.10.1.7 Технологические записи

Внутренние сбои, обнаруживаемые схемой самоконтроля, такие как сбой «сторожевого» реле, встроенного вспомогательного источника напряжения, и т.п., регистрируются в журнале как отчёты при нарушении технического состояния. В отчёте содержится до 5 таких «событий», а доступ к нему производится из ячейки 'Select Maint' («Выбор техобсл.») внизу столбца 'VIEW RECORDS' («ПРОСМОТР ЗАПИСЕЙ»).

Каждая запись состоит из строки пояснительного текста и ячейки «Времени» и «Даты» которые объясняются в фрагменте меню в начале данного раздела, а более подробно — в главе 'Relay Menu Database' (База данных меню реле), документ P54x/RU GC).

Каждый раз, когда создаётся технологическая запись, создаётся и событие. В этом событии просто констатируется, что создан отчёт, с соответствующей меткой времени.

3.10.1.8 Изменения уставок

Изменения любой уставки в системе защиты также вносятся в журнал в качестве события. В приведённой ниже таблице показаны два примера:

Тип изменения уставки	Отображаемый текст в записи для события	Отображаемое значение
Уставка управления/конфигурации	C & S Changed (Изм.упр.и конфиг.)	0
Изменение в Группе 1	Group 1 Changed (Измен. в Гр. 1)	1

Примечание: Уставки управления и конфигурации — это уставки связи, измерений, коэффициентов трансформации ТТ и т.п., которые не дублируются в четырёх группах уставок. При изменении любых из них, одновременно создаётся запись регистрации события. Однако изменения уставок защит либо осциллографа генерируют запись события только после подтверждения изменений. До подтверждения, внесенные изменения находятся в листе ожидания.

3.10.2 Сброс регистрации событий/аварий

Если необходимо удалить запись события, повреждения или отчёт техобслуживания, то это можно сделать в столбце 'RECORD CONTROL' («УПР.РЕГИСТРАЦИЕЙ»).

3.10.3 Просмотр записей событий с помощью программного пакета MiCOM S1

При извлечении записей событий и просмотре их на ПК, их вид несколько отличается от того, как они выглядят при просмотре на ЖКИ. Ниже показан пример того, как выглядят различные события при отображении их с использованием ПО MiCOM S1:

- Monday 03 November 2000 15:32:49 GMT I> Start ON 2147483881

Понедельник 03 ноября 2000 15:32:49 по Гринвичу Пуск ступени I>

AREVA: MiCOM

Model Number: P541

Address (Адрес): 001 Column (Колонка): 00 Row (Ряд): 23

Event Type (Тип события): Protection operation (Срабатывание защиты)

- Monday 03 November 2000 15:32:52 GMT Fault Recorded 0

Понедельник 03 ноября 2000 15:32:52 по Гринвичу Записана авария

AREVA: MiCOM

Model Number: P541

Address (Адрес): 001 Column (Колонка): 01 Row (Ряд): 00

Event Type (Тип события): Fault Record (Аварийная запись)

- Monday 03 November 2000 15:33:11 GMT Logic Inputs 00000000

Понедельник 03 ноября 2000 15:33:11 по Гринвичу Логические входы 00000000

AREVA: MiCOM

Model Number: P541

Address (Адрес): 001 Column (Колонка): 00 Row (Ряд): 20

Event Type (Тип события): Logic input change state (Изменение статуса логического входа)

- Monday 03 November 2000 15:34:54 GMT Output Contacts 0010000

Понедельник 03 ноября 2000 15:34:54 по Гринвичу Контакты вых. реле 0010000

AREVA: MiCOM

Model Number: P541

Address (Адрес): 001 Column (Колонка): 00 Row (Ряд): 21

Event Type (Тип события): Relay output changed state (изменение состояния выходных контактов)


Как можно видеть, в первой строке приводится описание и метка времени для события, а дополнительная информация, отображаемая ниже, может сворачиваться с использованием символа +/-.

Дополнительные сведения относительно событий и значения конкретных событий см. в главе 'Relay Menu Database' (База данных меню реле), документ P54x/RU GC).

3.10.4 Фильтрация событий

Имеется возможность отключать сообщения о событиях через любой пользовательский интерфейс, поддерживающий изменения уставок. Уставки, управляющие различными типами событий, находятся в столбце 'Record Control' («Упр. регистр.»).

Результат использования фильтра для отключения событий:

Alarm Event (Авар. сигнализ.)	Никакие случаи, приводящие к выдаче аварийного сигнала, не приведут к генерации события. О присутствии аварийных сигналов продолжают сообщать мигание аварийного светодиодного индикатора и установка аварийного разряда в байте состояния (для передачи по каналу связи). Аварийные сигналы по-прежнему можно считывать с использованием клавиши «Чтение»  на передней панели устройства защиты.
Relay O/P Event (Событие вых. реле)	Изменения в состоянии выходных контактов реле не приведут к генерации события.

Opto Input Event (Событие опт. вх.)	Изменения в состоянии логических входов не приведут к генерации события.
General Event (Общее событие)	Общие события генерироваться не будут.
Fault Rec Event (Событие зап. КЗ)	Не будут генерироваться события ни при каком повреждении, для которого создаётся аварийная запись. Аварийные записи по-прежнему можно просматривать применением уставки 'Select Maint' «Выбор техобсл.» в столбце 0100.
Protection Event (Событие защиты)	Любое срабатывание элементов защиты не будет заноситься в журнал как событие.

Примечание: При некоторых ситуациях возникает более одного типа событий, напр., отказ батареи приведёт к событию аварийной сигнализации и записи техобслуживания.

Если уставка 'Protection Event' («События защиты») выставлена в 'Enabled' («Вкл.»), то открывается дополнительный набор уставок, позволяющих включать или отключать порождение событий отдельными сигналами DDB.

3.11 Осциллограф

Встроенный осциллограф имеет область памяти, специально выделенную для хранения записей. Количество записей, которые могут в ней храниться, зависит от выбранной длительности записи, но обычно устройства релейной защиты способны хранить минимум 50 записей (для ПО 20-й и более поздних версий, но 20 осциллограмм для 13-й версии ПО и более ранних версий); длительность каждой записи 0.5 сек (для ПО 20-й и последующих версий, но 10.5 сек для 13-й версии ПО и более ранних версий). Запись осциллограмм продолжается до исчерпания доступной памяти, после чего самая старая запись (записи) вытесняется, освобождая место для новых.

Регистратор хранит фактические данные выборок, снимаемые с частотой 24 выборок за период (для ПО 20-й и последующих версий, но 12 выборок за период для 13-й и более ранних версий ПО).

Каждая запись об отклонении состоит из данных восьми аналоговых сигналов и тридцати двух дискретных сигналов. Примите во внимание, что с данными извлекаются и соответствующие коэффициенты трансформации ТТ для того чтобы иметь возможность приведения аналоговых сигналов к значениям в первичных величинах.

Примечание: При использовании ТТ с номинальным вторичным током 5 А, следует обеспечить ввод коэффициента трансформации ТТ $\geq 5:5$, для обеспечения правильной работы осциллографа.

В таблице 30 приведены опции меню конфигурации осциллографа:

ТЕКСТ МЕНЮ	Уставка по умолчанию	Диапазон регулирования уставки		Шаг
		Мин	Макс	
DISTURBANCE RECORDER (РЕГИСТРАТОР ОТКЛЮНЕНИЙ - ОСЦИЛЛОГРАФ)				
Duration (длительность записи)	1.5 сек	0.1 сек	10.5 сек	0.01 сек
Trigger Position (положение пуск. триггера)	33.3%	0	100%	0.1%
Trigger Mode (режим пуска)	Single (однократ.)	Single (однократный), Extended (с продлением)		
Analog Channel 1 (Аналог. канал 1)	VAN	VAN, VBN, VCN, VCHECK SYNC, IA, IB, IC, IN, IM, IN SEF		
Analog Channel 2	VBN	Как в предыдущем меню		
Analog Channel 3	VCN	Как в предыдущем меню		
Analog Channel 4	IA	Как в предыдущем меню		
Analog Channel 5	IB	Как в предыдущем меню		
Analog Channel 6	IC	Как в предыдущем меню		
Analog Channel 7	IN	Как в предыдущем меню		
Analog Channel 8	IN SEF	Как в предыдущем меню		
Digital Inputs 1 -32 (дискретные входы)	Реле с 1 по 7/ 14/32 и Опто с 1 по 8/16/24	Любой из 7 или 14 или 32 контактов выходных реле или любой из 8 или 16 или 24 Оптовходов или любой из внутренних сигналов реле		
Inputs 1 – 32 Trigger (пуск осциллогр. по 1-32 сигналам)	No Trigger (не пускать осц., за искл. реле отключения)	No Trigger (не пускать), Trigger L/H (пуск при изменении сигнала с «низкого» лог. уровня на «высокий»), Trigger H/L (пуск при изменении сигнала с «высокого» лог. уровня на «низкий»)		

Таблица 30

ПРИМЕЧАНИЕ: Набор аналоговых и дискретных сигналов доступных для регистрации на цифровом осциллографе может отличаться в зависимости от модели реле.

Время регистрации до и после повреждения задаётся сочетанием содержимого ячеек 'Duration; («Длительность») и 'Trigger Position' («Полож. пуск. триг.»). «Длительность» задаёт общее время записи, а «Полож. пуск. триг.» задаёт момент пуска в процентах от длительности. Например, из уставок по умолчанию для периферийных блоков видано, что общее время записи установлено на 1,5 с, а момент запуска триггера — 33,3 % этого промежутка, что означает время записи 0,5 с до повреждения и 1 с после повреждения.

Если в процессе записи происходит ещё один пуск триггера, то регистратор проигнорирует этот триггер, если 'Trigger Mode' («Режим пуск. триг.») установлен в 'Single' («Одиночный»). Однако если этот режим установлен в 'Extended' («Расширенный»), таймер триггера будет сброшен в нуль, таким образом удлиняя время записи.

Как можно видеть из меню, каждый из аналоговых каналов выбирается из имеющихся аналоговых входов устройства релейной защиты. Цифровые каналы регистрации можно назначать как любому из входов с оптической развязкой или выходных контактов, так ряду внутренних цифровых сигналов устройства релейной защиты, таких как сигналы пуска защиты, светодиодные индикаторы, и т.п. Полный список этих сигналов можно получить просмотром доступных уставок в меню устройства релейной защиты либо из файла настроек в MiCOM S1. Любой из цифровых каналов можно выбрать для запуска регистратора отклонений либо по появлению сигнала 'Trigger L/H' (нарастающий фронт), либо по исчезновению сигнала 'Trigger H/L' (ниспадающий фронт), с помощью ячейки 'Input Trigger' («Триггер для входа»). Уставки триггера по умолчанию — срабатывание любого из выходных реле (например, реле 3) запускает осциллограф.

Записи осциллографа невозможно просматривать локально на ЖКИ; они должны считываться из реле с использованием подходящего программного обеспечения, такого как MiCOM S1. Процедура считывания данных из реле описаны в документе 'SCADA Communications' (Связь со SCADA) (P54x/RU CT). Следует учитывать, что одновременное считывание данных из реле по переднему (подключения ПК по месту установки реле) и заднему порту связи с реле невозможно.

3.12 Измерения

В реле P54x выполняется ряд измерений параметров работы электроустановки. Эти измеренные параметры обновляются каждую секунду, и краткое их описание приведено ниже:

- Фазные напряжения и токи (величина и фаза)
- Линейные напряжения и тока (величина и фаза)
- Симметричные составляющие напряжений и токов (величина и фаза)
- Частота скольжения (начиная с 20-й версии ПО)
- Мощность и энергия
- Эффективные значения напряжений и токов
- Пиковые, фиксированные и периодически обновляемые значения параметров

Кроме этого ряд измерений выполняемых функциями защиты также доступен для вывода на дисплей в колонке меню ИЗМЕРЕНИЯ; подобные измерения описываются в разделах соответствующих функций защиты.

3.12.1 Измерения напряжений и токов

Реле выдает величины как фазных так и линейных напряжений и токов. Это выполняется с использованием методов дискретного преобразования Фурье (DFT) результаты которого в виде величины и фазового угла используются функциями защиты.

3.12.2 Симметричные составляющие напряжений и токов

Симметричные составляющие формируются по результатам Фурье измерений; эти значения выводятся на дисплей в виде величины симметричной составляющей.

3.12.3 Частота скольжения (20-я и более поздние версии ПО)

Реле выдает значение частоты скольжения по результатам измерения степени изменения фазового угла между напряжением линии и напряжением на шинах за каждый период промышленной частоты. При измерении частоты скольжения предполагается что опорным вектором является вектор напряжения шин.

3.12.4 Измерения мощности и энергии

Используя результаты измерения напряжений и токов реле вычисляет значения полной, активной и реактивной мощности. Вычисления выполняются для каждой из фаз с последующим их суммированием для получения трехфазных значений. Знаки активной и реактивной мощности определяются заданием требуемой уставки режима измерений. В распоряжении пользователя имеется четыре режима измерений представленные в следующей таблице:

Режим измерений ('Measurement Mode')	Параметр	Знак
0 (по умолчанию, $P=VI^*$)	Экспорт активной мощности	+
	Импорт активной мощности	-
	Отстающая реактивная мощность	+
	Опережающая реактивная мощность	-
1	Экспорт активной мощности	-
	Импорт активной мощности	+
	Отстающая реактивная мощность	+
	Опережающая реактивная мощность	-
2	Экспорт активной мощности	+
	Импорт активной мощности	-
	Отстающая реактивная мощность	-
	Опережающая реактивная мощность	+
3	Экспорт активной мощности	-
	Импорт активной мощности	+
	Отстающая реактивная мощность	-
	Опережающая реактивная мощность	+

Таблица 31.

В дополнение к измерениям мощности реле выполняет расчет коэффициента мощности для каждой из фаз и вычисляет 3-фазное значение.

Вычисленные значения мощности используются для учета электрической энергии (активной и реактивной). Выполняется отдельный учет общего количества экспортированной и импортированной энергии. Максимальные значения счетчиков учета энергии составляют 1000ГВтчас или 1000ГВАРчас, после чего

показания счетчика обнуляются. Показания счетчика могут быть обнулены с передней панели или посредством удаленного доступа к реле в ячейке 'Reset Demand' («Сброс потребления»).

3.12.5 Эффективные значения напряжений и токов

Эффективные значения фазных напряжений и токов рассчитываются в реле как среднеквадратичное значение выборок сигнала за период.

3.12.6 Расчет потребления

В реле выполняется расчет фиксированных, обновляемых и пиковых значений потребления. Обнуление накопленных значений может быть выполнено в меню 'Reset Demand' (Сброс потребления) как по месту установки реле так и дистанционно средствами удаленной связи.

3.12.6.1 Потребление за фиксированный период времени

Фиксированным потреблением является среднее значение параметра за заданный интервал времени; эти вычисления выполняются для трех фазных токов и для трехфазной активной и реактивной мощности. Значение фиксированного потребления выводимое на дисплей является значением вычисленным для предыдущего интервала времени; обновление значения выполняется каждый раз по окончании очередного интервала (периода) времени (длительность периода времени задается соответствующей уставкой).

3.12.6.2 Обновляемые значения потребления

Обновляемые значения потребления аналогичны значениям за фиксированный период времени с той разницей что используется скользящее временное окно. Скользящее окно по времени представляет собой период времени состоящий из более коротких интервалов, так называемых подпериодов. Разрешение окна определяется количеством подпериодов. Обновление значения происходит по окончании каждого подпериода.

3.12.6.3 Пиковые значения потребления

В реле фиксируются пиковые значения каждого фазного тока и мощности (активной и реактивной). Фиксируемые значения являются максимальными значениями измеренными реле с момента последнего сброса потребления в меню 'Reset Demand' (Сброс потребления).

3.12.7 Уставки

В следующей таблице приведены опции уставок меню 'Measurement Setup' (Конфигурация измерений).



Measurement Setup (конфигурация измерений)	Значение по умолчанию	Доступный выбор/ предельные значения
Default display (Дисплей по умолчанию)	Description (обозначение)	Description/Plant Reference (наим. Фидера)/Frequency (Частота)/ Access Level (Уровень доступа)/ 3Ph +N Current (токи трех фаз + 3Io)/ 3Ph Voltage (3 фазных напряжения)/ Power (Мощность)/ Date and Time (Дата и Время)

Measurement Setup (конфигурация измерений)	Значение по умолчанию	Доступный выбор/ предельные значения
Local Values (локальные измерения т.е. на дисплее)	Primary	Primary (Первичные значения) /Secondary (вторичные значения)
Remote Values (дистанц. измерения)	Primary	Primary (Первичные значения) /Secondary (вторичные значения)
Measurement Ref (опорный вектор)	VA	VA/ VB/ VC/ IA/ IB/ IC
Measurement Mode (Режим измерений)	0	0 / 1 / 2 / 3, шаг 1
Fix Dem Period (Фикс. период потребления)	30 мин	От 1 до 99 мин, шаг 1 мин
Roll Dem Period (Скольз. период потребления)	30 мин	От 1 до 99 мин, шаг 1 мин
Num Sub Periods (кол-во подпериодов)	1	От 1 до 15, шаг 1
Distance Unit* (единицы длины)	Km	км / мили
Fault Location * (Местоположение КЗ)	Distance	Distance (расстояние) / Ом / % длины линии
Remote 2 Value (Значения по второму порту связи)	Primary	Primary (Первичные значения) /Secondary (вторичные значения)

Таблица 32.

* Примечание: эти уставки доступны для реле с встроенной функцией ОМП {P543, P544, P545 и P546}

3.12.7.1 Дисплей по умолчанию

Данные уставки служат для выбора индикации на дисплее в режиме ожидания, следует учесть что для просмотра доступны несколько экранов, переход к которым выполняется с использованием клавиш  и . Однако, по истечении 15 минут, если не нажимается ни одна клавиша индикация возвращается к режиму з

3.12.7.2 Локальные измерения (значения)

Данная уставка определяет в первичных или вторичных величинах будут выводиться на дисплей (или через передний порт связи при подключении ПК) результаты измерений выполняемых в реле.

3.12.7.3 Дистанционные измерения (значения)

Данная уставка определяет в первичных или вторичных величинах будут передаваться значения из реле по заднему порту (дистанционной) связи.

3.12.7.4 Дистанционные измерения по второму порту (начиная с 12-й версии ПО)

Данная уставка определяет в первичных или вторичных величинах будут передаваться значения из реле по второму заднему порту (дистанционной) связи.

3.12.7.5 Опорный вектор

Данная уставка задает опорный вектор по отношению к которому будут выводиться результаты измерения фазовых углов.

3.12.7.6 Режим измерений

Данная уставка определяет знаки активной и реактивной мощности измеряемой реле. Зависимость знаков мощности от заданной уставки приведена в таблице 30.

3.12.7.7 Фиксированный интервал (период) расчета потребления

Данная уставка задает длительность фиксированного интервала времени для расчета среднего потребления.

3.12.7.8 Обновляемые значения потребления и количество подпериодов

Две данные уставки используются для задания длительности временного окна обновляемых значений и количество подпериодов в окне обновления.

3.12.7.9 Единицы измерения расстояния

Данная уставка используется для задания единиц в которые будут использоваться при расчете расстояния до места КЗ в ОМП. Следует учесть что длина линии сохраняется при конвертирования из километров в мили или обратно.

3.12.7.10 Расстояние до места повреждения

Расстояние до места КЗ будет выводиться на дисплей в единицах заданных данной уставкой.

3.13 Изменение группы уставок

Изменение активной группы уставок может быть выполнено сигналом по оптоволоду, из меню реле или с помощью функциональных клавиш (начиная с 20-й версии ПО) интерфейса пользователя. Если в колонке меню 'Configuration' (Построение) в ячейке 'Setting Group Select' (Выбор группы уставок) задано значение 'select via opts' (выбор по оптоволодам), то для этого могут быть использованы оптоволоды № 1 и №2, предназначенные для переключения групп уставок, в соответствии с приведенной ниже таблицей. Если же в ячейке в ячейке 'Setting Group Select' (Выбор группы уставок) задано значение 'select via menu' (выбор из меню), то переключение активной группы уставок выполняется в колонке меню 'Configuration' (Построение) в ячейке 'Active Settings' (Активные уставки) путем выбора одного из значений 'Group 1/2/3/4' (Группа 1/2/3/4). При таком режиме переключения групп уставок оптоволоды №1 и №2 могут быть использованы для других целей при программировании логической схемы реле.

Переключение групп уставок может быть также выполнен с помощью функциональных клавиш (начиная с 20-й версии ПО), при условии что установлен режим выбора активной группы 'Settings Group select via menu' (выбор из меню).

ОПТО 1	ОПТО 2	Выбрана группа уставок
0	0	1
1	0	2
0	1	3
1	1	4

ПРИМЕЧАНИЕ: Группа уставок включает собственно уставки функций и логическую схему (PSL). Каждый из файлов логики полностью независим и не является общим для групп уставок ни в какой части. Уставки функций защит и автоматики задаются с помощью меню 'Settings and Records' (Уставки и Записи) в программном пакете MiCOM S1 или вводятся непосредственно с клавиатуры на передней панели реле. Логическая схема реле может быть создана лишь с использованием графического редактора логики являющегося составной частью программного пакета MiCOM S1, генерирующего файл с расширением "*.psl". В тех случаях когда при изменении режима работы или конфигурации сети требуется изменение логической схемы, необходимо создать и загрузить в реле файл конфигурации для каждой используемой группы уставок. Если же пользователь не загрузил соответствующие файлы конфигурации для групп уставок которые могут быть введены в работу, то будет использована заводская конфигурация (по умолчанию). Это может привести к неправильной работе реле и серьезным последствиям.

3.14 Входы управления (начиная с 20-й версии ПО)

Входы управления по своему назначению напоминают программные переключатели которые могут быть включены локально или дистанционно. Входы управления могут быть использованы для включения или отключения любых функций с которыми они будут связаны средствами программируемой логической схемы. Имеется три колонки уставок, которые связаны с входами управления: "CONTROL INPUTS" (ВХОДЫ УПРАВЛЕНИЯ), "CTRL I/P CONFIG" (КОНФИГУРАЦИЯ ВХОДОВ УПРАВЛЕНИЯ) и "CTRL I/P LABELS" (НАИМЕНОВАНИЯ ВХОДОВ УПРАВЛЕНИЯ). Назначение данных меню приведено ниже:

Текст меню	Уставка по умолчанию	Диапазон регулирования	Шаг
CONTROL INPUTS (ВХОДЫ УПРАВЛЕНИЯ)			
Ctrl I/P Status (Статус входа. упр.)	00000000000000000000000000000000		
Control Input 1 (Вход управления 1)	No Operation	No Operation (нет действия)/ Set (Установить)/ Reset (Снять)	
Control Input 2 - 32 (Вход упр. 2-32)	No Operation	No Operation (нет действия)/ Set (Установить)/ Reset (Снять)	

Команды входов управления находятся в меню 'Control Input' (входы управления). В ячейке меню 'Ctrl I/P Status' (Статус входов управления) записано 32-битное слово представляющее 32 команды управления. Статус каждого из 32 входов управления может быть прочитан из данного 32-битного слова. Таким образом заданием в требуемом разряде значения бита «1» или «0» устанавливается или снимается команда управления по данному контрольному входу. Альтернативной возможностью изменения статуса любого из 32 входов управления является использование индивидуальной ячейки меню для каждого входа управления

Command” (Команда управления) также предоставляет возможность замены текста SET/RESET в меню функциональных клавиш на другой текст более подходящий для конкретного данного входа управления, например, ON/OFF (ВКЛ./ВЫКЛ.), IN/OUT (ВХ./ВЫХ.) и т.п.

Колонка “CTRL I/P LABELS” (НАИМЕНОВАНИЯ ВХОДОВ УПРАВЛЕНИЯ) предоставляет возможность изменения текста связанного с каждым из входов управления. Этот текст появляется если выполняется изменение статуса входа управления с помощью функциональной клавиши или при редактировании логической схемы в графическом редакторе PSL.

ПРИМЕЧАНИЕ: Текущий статус входов управления, за исключением Импульса сохраняется в памяти реле с резервированием питания от встроенной батареи. В случае отключения питания реле и последующем включении, восстанавливается статус входов управления который был до отключения питания реле. Если встроенная батарея отсутствует или разряжена, все входы управления устанавливаются в состояние «0» после восстановления питания реле.

3.15 Синхронизация часов реального времени сигналом по оптовходу (начиная с 20-й версии ПО)

В современных системах релейной защиты зачастую требуется синхронизированная работа часов всех реле в системе для восстановления хронологии работы разных реле. Это может быть выполнено с использованием сигналов синхронизации времени по интерфейсу IRIG-B, если реле оснащено таким входом или сигналом от системы управления объектом по интерфейсу связи с реле. В дополнение к этим способам, в реле P540 предусмотрена возможность синхронизации часов сигналом по оптовходу который в логической схеме реле должен быть связан с DDB # 347 Time Sync (Синхронизация времени). Импульсный сигнал поданный на данный вход приводит к округлению показаний внутренних часов до ближайшей минуты. Рекомендуемая длительность импульса составляет 20 мс с повторяемостью не чаще чем 1 раз в минуту. Пример действия функции коррекции времени показан ниже:

Время подачи импульса синхронизации времени “Sync Pulse”	Скорректированное время
От 19:47:00 до 19:47:29	19:47:00
От 19:47:30 до 19:47:59	19:48:00

Примечание: Предполагается использования формата времени чч:мм:СС

Для того чтобы сигналы синхронизации времени не генерировали записей регистратора событий занимающих память ненужными записями, имеется возможность установить фильтр на блокирование записей данного типа. Это может быть выполнено путем задания следующих уставок:

Текс меню	Значение
RECORD CONTROL (УПРАВЛЕНИЕ ЗАПИСЯМИ)	
Opto Input Event (События связанные с изменением статуса оптовходов)	Enabled (введено)

Protection Event (События связанные с работой защит)	Enabled (введено)
DDB 63 – 32 (Оптовходы)	Установить в 0 бит связанный с сигналом “Time Sync” (синхронизация времени)

Для уменьшения времени реакции оптовхода синхронизации времени до 10мс, рекомендуется отключить фильтрацию сигнала по данному входу. Это выполняется путем установки в «0» бита соответствующего данному входу в ячейке “Opto Filter Cntl” (Управление фильтрами оптовходов) колонке меню CONFIGURATION (ПОСТРОЕНИЕ). Вывод фильтрации сигнала может сделать данный оптовход более чувствительным к помехам. Можно надеяться, что влияние помех может быть минимизировано путем использования рекомендаций по п.2.4.3 «Описание конструкции реле» (P54x/RU HW).

4. ЗАВОДСКИЕ УСТАВКИ ПО УМОЛЧАНИЮ

В реле имеется программируемая многофункциональная логическая схема (PSL), которая включает следующие функции:

Интеграция в логическую схему реле оптоизолированных входов, контактов выходных реле и программируемых светодиодных индикаторов (LED).

Конфигурация режима работы логических выходов (задержка срабатывания/возврата, минимальная или максимальная длительность импульса, фиксация срабатывания или самовозврат.

Конфигурация логики пуска регистратора аварий, т.е. выбор сигналов пуска.

Формирование логической схемы для конкретного случая применения при использовании графического редактора логической схемы (PSL) входящего в состав программного пакета MiCOM S1.

Дополнительная информация по использованию графического редактора логической схемы приводится в руководстве по применению MiCOM S1. В следующем разделе приведено описание логической схемы установленной на заводе изготовителе реле (логика по умолчанию). Следует помнить что редактирование заводской схемы возможно лишь с использованием графического редактора логической схемы (PSL) и невозможно через меню с передней панели реле.

ПРИМЕЧАНИЕ: З(источник времени канн. 1)аводская логическая схема приведенная в документе ‘Relay Menu Database’ (База данных меню реле) P54x/RU GC дополнена комментариями и рекомендациями для пользователя по редактированию схемы для адаптации к условиям применения реле.

В тех случаях когда пользователем составляется схема адаптированная к условиям применения сохраняемая в файле с расширением *.psl, необходимо создать и загрузить в реле логическую схему для каждой группы уставок которые будут введены в работу. Если же пользователь не загрузил соответствующие файлы конфигурации для групп уставок которые могут быть введены в работу, то будет использована заводская конфигурация (по умолчанию). Это может привести к неправильной работе реле и серьезным последствиям.

4.1 Назначения логических входов

	P541	P542	P543	P544	P545	P546
1	L1 Intertrip (телеотключение)	L1 Intertrip (телеотключение)	L1 Setting Group (выбор группы уставок)	L1 Setting Group (выбор группы уставок)	L1 Setting Group (выбор группы уставок)	L1 Setting Group (выбор группы уставок)
2	L2 PIT (разрешающее телеотключение)	L2 PIT (разрешающее телеотключение)	L2 Setting Group (выбор группы уставок)	L2 Setting Group (выбор группы уставок)	L2 Setting Group (выбор группы уставок)	L2 Setting Group (выбор группы уставок)
3	L3 Inhibit Diff (запрет дифференциальной 3-ты)	L3 Inhibit Diff (запрет дифференциальной 3-ты)	L3 Inhibit Diff (запрет дифференциальной 3-ты)	L3 Inhibit Diff (запрет дифференциальной 3-ты)	L3 Inhibit Diff (запрет дифференциальной 3-ты)	L3 Inhibit Diff (запрет дифференциальной 3-ты)
4	L4 Interlock (блокировка)	L4 Interlock (блокировка)	L4 Interlock (блокировка)	L4 Interlock (блокировка)	L4 Interlock (блокировка)	L4 Interlock (блокировка)
5	L5 Reset LED (сброс. LED)	L5 Reset LED (сброс. LED)	L5 Reset LED (сброс. LED)	L5 Reset LED (сброс. LED)	L5 Reset LED (сброс. LED)	L5 Reset LED (сброс. LED)
6	L6 External Trip (внешнее отключение)	L6 External Trip (внешнее отключение)	L6 Ext Trip A (внешнее отключение ф. А)	L6 CB1 Ext Trip (внешнее отключение В1)	L6 Ext Trip A (внешнее отключение ф. А)	L6 CB1 Ext Trip (внешнее отключение В1)
7	L7 CB Aux 52-A (вспомогат. контакт выключателя 52-A)	L7 CB Aux 52-A (вспомогат. контакт выключателя 52-A)	L7 Ext Trip B (внешнее отключение ф. В)	L7 CB2 Ext Trip (внешнее отключение В2)	L7 Ext Trip B (внешнее отключение ф. В)	L7 CB2 Ext Trip (внешнее отключение В2)
8	L8 CB Aux 52-B (вспом. контакт выключателя 52-B)	L8 CB Aux 52-B (вспом. контакт выключателя 52-B)	L8 Ext Trip C (внешнее отключение ф. С)	L8 Stub Bus En (ввод защиты ошиновки)	L8 Ext Trip C (внешнее отключение ф. С)	L8 Stub Bus En (ввод защиты ошиновки)
9		L9 Not Used (не используется)	L9 CB AuxA 52-B (вспом. контакт В ф.А 52-B)	L9 CB AuxA 52-B (вспом. контакт В1 ф.А 52-B)	L9 CB AuxA 52-B (вспом. контакт В ф.А 52-B)	L9 CB AuxA 52-B (вспом. контакт В1 ф.А 52-B)
10		L11 Not Used (не используется)	L10 CB AuxA 52-B (вспом. контакт В ф.В 52-B)	L10 CB AuxA 52-B (вспом. контакт В1 ф.В 52-B)	L10 CB AuxA 52-B (вспом. контакт В ф.В 52-B)	L10 CB AuxA 52-B (вспом. контакт В1 ф.В 52-B)
11		L11 Not Used (не используется)	L11 CB AuxA 52-B (вспом. контакт В ф.С 52-B)	L11 CB AuxA 52-B (вспом. контакт В1 ф.С 52-B)	L11 CB AuxA 52-B (вспом. контакт В ф.С 52-B)	L11 CB AuxA 52-B (вспом. контакт В1 ф.С 52-B)
12		L12 Not Used (не используется)	L12 Intertrip (телеотключение)	L12 Intertrip (телеотключение)	L12 MCB/VTS (блок-контакт автомата ТН)	L12 MCB/VTS (блок-контакт автомата ТН)
13		L13 Not Used (не используется)	L13 PIT (разрешающее телеотключение)	L13 PIT (разрешающее телеотключение)	L13 PIT (разрешающее телеотключение)	L13 PIT (разрешающее телеотключение)
14		L14 Reset Lockout (съем блокирования)	L14 Reset Lockout (съем блокирования)	L14 CB2 AuxA 52-B (вспом. контакт В2 ф.А 52-B)	L14 Reset Lockout (съем блокирования)	L14 CB2 AuxA 52-B (вспом. контакт В2 ф.А 52-B)
15		L15 CB Healthy (Готовность выключателя)	L15 CB Healthy (Готовность выключателя)	L15 CB2 AuxA 52-B (вспом. контакт В2 ф.В 52-B)	L15 CB Healthy (Готовность выключателя)	L15 CB2 AuxA 52-B (вспом. контакт В2 ф.В 52-B)
16		L16 BAR (Блокирование АПВ)	L16 BAR (Блокирование АПВ)	L16 CB2 AuxA 52-B (вспом. контакт В2 ф.С 52-B)	L16 BAR (Блокирование АПВ)	L16 CB2 AuxA 52-B (вспом. контакт В2 ф.С 52-B)
17				L17 Prot Dly Eq	L17 Prot Dly Eq	L17 Prot Dly Eq
18				L18 Intertrip 1 (TO 1)	L18 Intertrip 1 (TO 1)	L18 Intertrip 1 (TO 1)
19				L19 Intertrip 2 (TO 2)	L19 Intertrip 2 (TO 2)	L19 Intertrip 2 (TO 2)
20				L20 Intertrip 3 (TO 3)	L20 Intertrip 3 (TO 3)	L20 Intertrip 3 (TO 3)
21				L21 Intertrip 4 (TO 4)	L21 Intertrip 4 (TO 4)	L21 Intertrip 4 (TO 4)
22				L22 Not Used (не использ.)	L22 Not Used (не использ.)	L22 Not Used (не использ.)
23					L23 Not Used (не использ.)	L23 Not Used (не использ.)
24					L24 Not Used (не использ.)	L24 Not Used (не использ.)

4.2 Назначения выходных реле

	P541	P542	P543	P544	P545	P546
1	R1 Intertrip 1 (TO1)	R1 Intertrip (TO1)	R1 Intertrip (TO1)	R1 Intertrip (TO1)	R1 Not Used (не использ.)	R1 Not Used (не использ.)
2	R2 Signalling Fail (неиспр. канала связи защиты)	R2 Signalling Fail (неиспр. канала связи защиты)	R2 Signalling Fail (неиспр. канала связи защиты)	R2 Signalling Fail (неиспр. канала связи защиты)	R2 Signalling Fail (неиспр. канала связи защиты)	R2 Signalling Fail (неиспр. канала связи защиты)
3	R3 Any Trip (отключение любой из защит)	R3 Any Trip (отключение любой из защит)	R3 Any Trip (отключение любой из защит)	R3 Any Trip (отключение любой из защит)	R3 Any Trip (отключение любой из защит)	R3 Any Trip (отключение любой из защит)
4	R4 General Alarm (Общий сигнал тревоги)	R4 General Alarm (Общий сигнал тревоги)	R4 General Alarm (Общий сигнал тревоги)	R4 General Alarm (Общий сигнал тревоги)	R4 General Alarm (Общий сигнал тревоги)	R4 General Alarm (Общий сигнал тревоги)
5	R5 CB Fail Time 1 (УРОВ Откл. 1) («на себя»)	R5 CB Fail Time 1 (УРОВ Откл. 1) («на себя»)	R5 CB Fail Time 1 (УРОВ Откл. 1) («на себя»)	R5 CB1 Fail 1 Trip 1 (Откл.1 от УРОВ В1)	R5 CB Fail Time 1 (УРОВ Откл. 1) («на себя»)	R5 CB1 Fail 1 Trip 1 (Откл.1 от УРОВ В1)
6	R6 Cntl CB Close (ручное включения вык-ля)	R6 Cntl CB Close (ручное включения вык-ля)	R6 Cntl CB Close (ручное включения вык-ля)	R6 Cntl CB1 Close (ручное включения В1)	R6 CB Fail Time 2 (УРОВ Откл. 2)	R6 CB1 Fail 2 Trip 1 (Откл.2 от УРОВ В1)
7	R7 Cntl CB Trip (ручное отключение вык-ля)	R7 Cntl CB Trip (ручное отключение вык-ля)	R7 Cntl CB Trip (ручное отключение вык-ля)	R7 Cntl CB1 Trip (ручное отключение В1)	R7 GPS Fail (неисправность GPS)	R7 GPS Fail (неисправность GPS)
8		R8 Diff Trip (откл. дифф.)	R8 Trip A (откл. ф. А)	R8 Trip A (откл. ф. А)	R8 Not Used (не использ.)	R8 Not Used (не использ.)
9		R9 I> Trip (откл. от I>)	R9 Trip B (откл. ф. В)	R9 Trip B (откл. ф. В)	R9 Trip A (откл. ф. А)	R9 Trip A (откл. ф. А)
10		R10 IN> Trip (откл. от IN>)	R10 Trip C (откл. ф. С)	R10 Trip C (откл. ф. С)	R10 Trip B (откл. ф. В)	R10 Trip B (откл. ф. В)
11		R11 AR in Prog (продолжается цикл АПВ)	R11 AR in Prog (продолжается цикл АПВ)	R11 Diff Trip (откл. дифф.)	R11 Trip C (откл. ф. С)	R11 Trip C (откл. ф. С)
12		R12 SuccessClose (успешное включение)	R12 SuccessClose (успешное включение)	R12 CB2 Fail 1 Trip 1 (Откл.1 от УРОВ В2)	R12 AR in Prog (продолжается цикл АПВ)	R12 CB2 Fail 1 Trip 1 (Откл.1 от УРОВ В2)
13		R13 AR Lockout (АПВ заблокировано)	R13 AR Lockout (АПВ заблокировано)	R13 Cntl CB2 Close (ручное включения В2)	R13 SuccessClose (успешное включение)	R13 CB2 Fail 2 Trip 1 (Откл.2 от УРОВ В2)
14		R14 AR InService (АПВ в работе)	R14 AR InService (АПВ в работе)	R14 Cntl CB2 Trip (ручное отключение В2)	R14 AR Lockout (АПВ заблокировано)	R14 Not Used (не использ.)
15					R15 AR InService (АПВ в работе)	R15 Not Used (не использ.)
16					R16 VAR (АПВ заблокировано)	R16 VAR (АПВ заблокировано)
17					R17 Trip A (откл. ф. А)	R17 Trip A (откл. ф. А)
18					R18 Trip B (откл. ф. В)	R18 Trip B (откл. ф. В)
19					R19 Trip C (откл. ф. С)	R19 Trip C (откл. ф. С)
20					R20 Intertrip 1 (TO 1)	R20 Intertrip 1 (TO 1)
21					R21 Intertrip 1 (TO 2)	R21 Intertrip 1 (TO 2)
22					R22 Intertrip 1 (TO 3)	R22 Intertrip 1 (TO 3)
23					R23 Intertrip 1 (TO 4)	R23 Intertrip 1 (TO 4)
24					R24 Not Used (не использ.)	R24 Not Used (не использ.)
25					R25 Cntl CB Close (ручное включения вык-ля)	R25 Cntl CB1 Close (ручное включения В1)
26					R26 Cntl CB Trip (ручное отключение вык-ля)	R26 Cntl CB1 Trip (ручное отключение В1)

27					R27 Not Used (не использ.)	R27 Cntl CB2 Close (ручное включения В2)
28					R28 Not Used (не использ.)	R28 Cntl CB2 Trip (ручное отключение В2)
29					R29 Diff Trip (откл. дифф.)	R29 Diff Trip (откл. дифф.)
30					R30 Dist Trip (откл. от ДЗ)	R30 Dist Trip (откл. от ДЗ)
31					R31 VTS (Неиспр. ТН)	R31 VTS (Неиспр. ТН)
32					R32 PSB (блокировка при качаниях)	R32 PSB (блокировка при качаниях)

Таблица 34.

4.3 Параметры работы выходных реле

	P541	P542	P543	P544	P545	P546
1	Dwell 100 мс	Dwell 100 мс	Dwell 100 мс	Dwell 100 мс	Disabled	Disabled
2	Disabled	Disabled	Disabled	Disabled	Disabled	Disabled
3	Dwell 100 мс	Dwell 100 мс	Dwell 100 мс	Dwell 100 мс	Dwell 100 мс	Dwell 100 мс
4	Dwell 500 мс	Dwell 500 мс	Dwell 500 мс	Dwell 500 мс	Dwell 500 мс	Dwell 500 мс
5	Dwell 100 мс	Dwell 100 мс	Dwell 100 мс	Dwell 100 мс	Dwell 100 мс	Dwell 100 мс
6	Disabled	Disabled	Disabled	Disabled	Dwell 100 мс	Dwell 100 мс
7	Disabled	Disabled	Disabled	Disabled	Disabled	Disabled
8		Disabled	Dwell 100 мс	Dwell 100 мс	Disabled	Disabled
9		Disabled	Dwell 100 мс	Dwell 100 мс	Dwell 100 мс	Dwell 100 мс
10		Disabled	Dwell 100 мс	Dwell 100 мс	Dwell 100 мс	Dwell 100 мс
11		Disabled	Disabled	Disabled	Dwell 100 мс	Dwell 100 мс
12		Disabled	Disabled	Dwell 100 мс	Disabled	Dwell 100 мс
13		Disabled	Disabled	Disabled	Disabled	Dwell 100 мс
14		Disabled	Disabled	Disabled	Disabled	Disabled
15					Disabled	Disabled
16					Disabled	Disabled
17					Dwell 100 мс	Dwell 100 мс
18					Dwell 100 мс	Dwell 100 мс
19					Dwell 100 мс	Dwell 100 мс
20					Dwell 100 мс	Dwell 100 мс
21					Dwell 100 мс	Dwell 100 мс
22					Dwell 100 мс	Dwell 100 мс
23					Dwell 100 мс	Dwell 100 мс
24					Disabled	Disabled
25					Disabled	Disabled
26					Disabled	Disabled
27					Disabled	Disabled

28				Disabled	Disabled
29				Disabled	Disabled
30				Disabled	Disabled
31				Disabled	Disabled
32				Disabled	Disabled

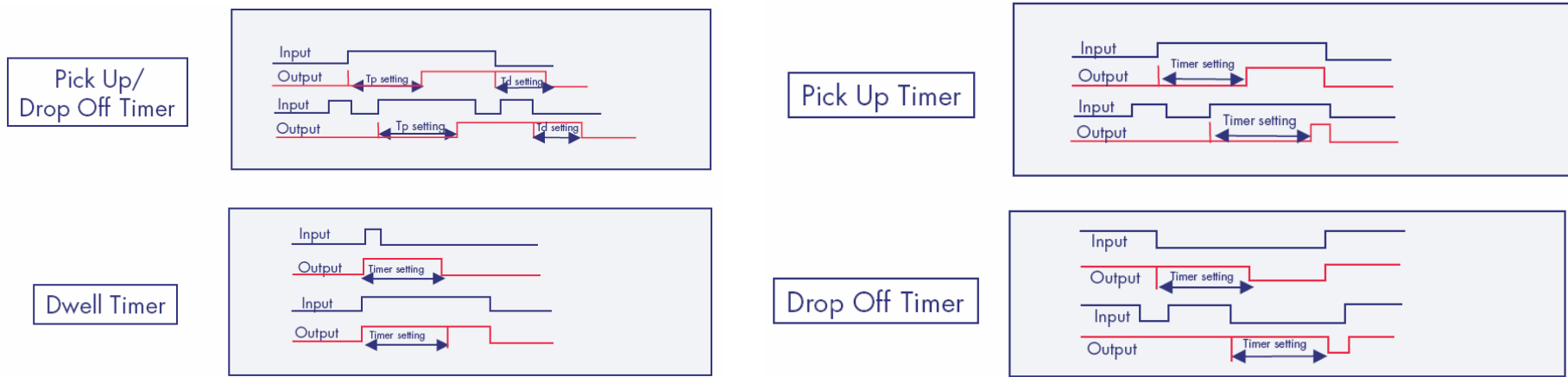
Таблица 35.

Disabled - Выведено (не используется)

Pick-up – Срабатывание (подтягивание)

Drop-off – Возврат (отпадание)

Dwell 100 мс – минимальная длительность выходного сигнала 100 мс; максимальная длительность определяется наличием сигнала на входе.



Пояснения к работе таймеров при задании уставок задержки срабатывания/возврата, импульса с ограничением по минимальной длительности.

4.4 Назначения светодиодных индикаторов

	P541	P542	P543	P544	P545	P546
1	Diff Trip (отключение от дифф. защиты)	Diff Trip (отключение от дифф. защиты)	Diff Trip (отключение от дифф. защиты)	Diff Trip (отключение от дифф. защиты)	Diff Trip (отключение от дифф. защиты)	Diff Trip (отключение от дифф. защиты)
2	Backup Trip (отключение резервными защитами)	Backup Trip (отключение резервными защитами)	Backup Trip (отключение резервными защитами)	Backup Trip (отключение резервными защитами)	Backup Trip (отключение резервными защитами)	Backup Trip (отключение резервными защитами)
3	Thermal Alarm (защита от теплового перегруза, ступень сигнализации)	Thermal Alarm (защита от теплового перегруза, ступень сигнализации)	Thermal Alarm (защита от теплового перегруза, ступень сигнализации)	Thermal Alarm (защита от теплового перегруза, ступень сигнализации)	Thermal Alarm (защита от теплового перегруза, ступень сигнализации)	Thermal Alarm (защита от теплового перегруза, ступень сигнализации)
4	Signalling Fail (неиспр. кан. связи дифф. защиты)	Signalling Fail (неиспр. кан. связи дифф. защиты)	Signalling Fail (неиспр. кан. связи дифф. защиты)	Signalling Fail (неиспр. кан. связи дифф. защиты)	Signalling Fail (неиспр. кан. связи дифф. защиты)	Signalling Fail (неиспр. кан. связи дифф. защиты)
5	Any Start (пуск любой из защит)	Any Start (пуск любой из защит)	Any Start (пуск любой из защит)	Any Start (пуск любой из защит)	Any Start (пуск любой из защит)	Any Start (пуск любой из защит)
6	Not Used (не используется)	Not Used (не используется)	Not Used (не используется)	Not Used (не используется)	Not Used (не используется)	Not Used (не используется)
7	Not Used (не используется)	Not Used (не используется)	Not Used (не используется)	Not Used (не используется)	Not Used (не используется)	Not Used (не используется)
8	Test Loopback (испытания в режиме кольцевания канала связи)	Test Loopback (испытания в режиме кольцевания канала связи)	Test Loopback (испытания в режиме кольцевания канала связи)	Test Loopback (испытания в режиме кольцевания канала связи)	Test Loopback (испытания в режиме кольцевания канала связи)	Test Loopback (испытания в режиме кольцевания канала связи)

Таблица 36.

4.5 Режим работы светодиодов

	P541	P542	P543	P544	P545	P546
1	Latched (с подхватом)	Latched (с подхватом)	Latched (с подхватом)	Latched (с подхватом)	Latched (с подхватом)	Latched (с подхватом)
2	Latched (с подхватом)	Latched (с подхватом)	Latched (с подхватом)	Latched (с подхватом)	Latched (с подхватом)	Latched (с подхватом)
3	Disabled (без подхвата)	Disabled (без подхвата)	Disabled (без подхвата)	Disabled (без подхвата)	Disabled (без подхвата)	Disabled (без подхвата)
4	Disabled (без подхвата)	Disabled (без подхвата)	Disabled (без подхвата)	Disabled (без подхвата)	Disabled (без подхвата)	Disabled (без подхвата)
5	Disabled (без подхвата)	Disabled (без подхвата)	Disabled (без подхвата)	Disabled (без подхвата)	Disabled (без подхвата)	Disabled (без подхвата)
6	Disabled (без подхвата)	Disabled (без подхвата)	Disabled (без подхвата)	Disabled (без подхвата)	Disabled (без подхвата)	Disabled (без подхвата)
7	Disabled (без подхвата)	Disabled (без подхвата)	Disabled (без подхвата)	Disabled (без подхвата)	Disabled (без подхвата)	Disabled (без подхвата)
8	Disabled (без подхвата)	Disabled (без подхвата)	Disabled (без подхвата)	Disabled (без подхвата)	Disabled (без подхвата)	Disabled (без подхвата)

Таблица 37.

4.6 Пуск регистратора аварий

	P541	P542	P543	P544	P545	P546
	Any Trip (откл. любой защ.)	Any Trip (откл. любой защ.)	Any Trip (откл. любой защ.)	Any Trip (откл. любой защ.)	Any Trip (откл. любой защ.)	Any Trip (откл. любой защ.)

Таблица 38.

5. ТРЕБОВАНИЯ К ТРАНСФОРМАТОРАМ ТОКА

5.1 Дифференциальная токовая защита

Для обеспечения требуемой точности рекомендуется применение трансформаторов тока класса X или 5P, с напряжением точки перегиба характеристики намагничивания удовлетворяющей формуле приведенной ниже:

$$V_k \geq K \cdot I_n (R_{ct} + 2 RL)$$

Где:

V_k = требуемое по МЭК напряжение излома характеристики

K = коэффициент (типо)размерности ТТ

I_n = номинальный вторичный тока трансформатора тока

R_{ct} = сопротивление трансформатора постоянному току

RL = сопротивление одного провода от ТТ до реле

K это константа, которая зависит от:

If = максимальное значение тока сквозного КЗ для которого требуется обеспечить стабильность дифференциальной защиты (в кратностях от I_n)

X/R = коэффициент питающей сети

K определяется следующим образом:

При следующих уставках заданных в реле I_{s1}= 20%, I_{s2}= 2 I_n, k₁= 30%, **k₂=150%**:

$$K \geq 40 + (0.07 \times (If \times X/R))$$

И: $K \geq 65$

Действительно для случая когда $(If \times X/R) \leq 1000$ "

Для больших значений $(If \times X/R)$ до 1600"

$$K = 107$$

При уставках заданных в реле I_{s1}= 20%, I_{s2}= 2 I_n, k₁= 30%, **k₂=100%**:

$$K \geq 40 + (0.35 \times (If \times X/R))$$

И: $K \geq 65$

Действительно для случая когда $(If \times X/R) \leq 600$ "

Для больших значений $(If \times X/R)$ до 1600"

$$K = 256.$$

6. МЕНЮ НАЛАДОЧНЫХ ПРОВЕРОК

Для сокращения затрат времени, требующегося для проверки устройство обеспечивает несколько тестовых функций в категории меню 'COMMISSIONING TESTS' («НАЛАДОЧНЫЕ ПРОВЕРКИ»). В этом меню имеются ячейки, позволяющие отслеживать состояние входов с оптической развязкой, выходных контактов реле, внутренних сигналов цифровой шины данных (DDB) и программируемых пользователем светодиодных индикаторов. Кроме того, имеются ячейки для проверки действия выходных реле и программируемых пользователем светодиодных индикаторов.

В следующей таблице показано меню испытательных проверок устройства, в том числе диапазоны доступных уставок и заводские значения по умолчанию:

Текст меню	Уставка по умолчанию	Уставки
COMMISSION TESTS (НАЛАДОЧНЫЕ ПРОВЕРКИ)		
Opto I/P Status (СОСТ.ОПТОВХОДОВ)	-	-
Relay O/P Status (СОСТ.ВЫХ.РЕЛЕ)	-	-
Test Port Status (СОСТ.ИСП.ПОРТА)	-	-
LED Status (СОСТ.ИНД.)	-	-
Monitor Bit 1 (КОНТР.БИТ 1)	64 (LED 1)	См. более подробную информацию по сигналам DDB в документе «База данных меню реле» P54x/RU GC
Monitor Bit 2 (КОНТР.БИТ 2)	65 (LED 2)	
Monitor Bit 3 (КОНТР.БИТ 3)	66 (LED 3)	
Monitor Bit 4 (КОНТР.БИТ 4)	67 (LED 4)	
Monitor Bit 5 (КОНТР.БИТ 5)	68 (LED 5)	
Monitor Bit 6 (КОНТР.БИТ 6)	69 (LED 6)	
Monitor Bit 7 (КОНТР.БИТ 7)	70 (LED 7)	
Monitor Bit 8 (КОНТР.БИТ 8)	71 (LED 8)	
Test Mode (РЕЖИМ ИСПЫТ.)	Disabled (Выведен)	Disabled (выведен), Test Mode (режим проверки) Contacts Blocked (блокировка контактов выходных реле)
Test Pattern (ТАБЛИЦА ИСП.)	Все биты установлены в 0	0 = Не действует 1 = Действует
Contact Test (ИСПЫТ.ВЫХОДОВ)	No Operation (Нет действия)	No Operation (Нет действия) Apply Test (Включить тест) Remove Test

		(Отключить тест)
Test LEDs (ИСПЫТ.ИНД.)	No Operation (Нет действия)	No Operation (Нет действия) Apply Test (Включить тест)
Test Autoreclose (Проверка АПВ)	Disabled (Выведен)	Disabled (выведен), External (внешний) Internal (внутренний)
DDB Status (статус сигналов цифровой шины данных)		

Таблица 39

6.1 Статус оптовходов

В ячейке 'Opto I/P Status' (Статус оптовходов) меню отображается состояние входов с оптической развязкой устройства в виде двоичной строки, в которой «1» означает вход, к которому приложено напряжение, а «0» — вход, к которому напряжение не приложено. При перемещении курсора по двоичным разрядам, для каждого логического входа отображается соответствующий текст метки (наименование входа).

Этот тест можно использовать при пуске устройства в эксплуатацию или при регулярных испытаниях для отслеживания состояния входов с оптической развязкой, когда на них последовательно подаётся соответствующее постоянное напряжение.

6.2 Статус контактов выходных реле

В ячейке 'Relay O/P Status' (Статус контактов выходных реле) меню отображается состояние сигналов цифровой шины данных (DDB), приводящих к подаче напряжения на выходные реле. Информация выводится в виде строки двоичных состояний, в которой «1» означает рабочее (сработавшее) состояние, а «0» — нерабочее (несработавшее). При перемещении курсора по двоичным разрядам, для каждого выхода реле отображается соответствующий текст метки.

Отображаемую информацию можно использовать при пуске устройства в эксплуатацию или при регулярных испытаниях для отражения состояния выходных реле, когда реле «в работе». Кроме того, можно выполнять поиск повреждения при поломке выходного реле, сравнивая состояние выходных контактов при осмотре и связанного с этим выходным реле двоичного разряда.

Примечание: Когда в ячейке 'Test Mode' ("Режим испыт.") задано 'Contacts Blocked' (Блокированы контакты выходных реле), то ячейка 'Relay O/P Status' (Статус контактов выходных реле) продолжает показывать, какие контакты действовали бы, если бы реле было в работе; В этом режиме в ней не отображается фактическое состояние выходных реле.

6.3 Статус испытательного порта

В ячейке 'Test Port Status' (Статус испытательного порта) меню отображается состояние восьми сигналов цифровой шины данных (DDB), назначенных в ячейках 'Monitor Bits' («Контролируемые биты»). При перемещении курсора по двоичным разрядам, для каждого из битов выведенных на дисплей для мониторинга их состояния, отображается соответствующий текст сигнала DDB.

При использовании этой ячейки с соответствующими уставками контролируемых битов можно отображать состояние сигналов DDB в ситуации, когда к устройству релейной защиты подведены испытательные параметры и сигналы. Таким образом можно проверить работу логическую схему заданную в реле.

Как альтернативу использованию этой ячейки можно использовать специальный испытательный прибор, подключаемый к порту контроля/загрузки, расположенному под нижней крышкой.

6.4 Статус светоиндикаторов

Ячейка 'LED Status' («Сост. инд.») — это восьмибитная двоичная строка, которая при удалённом доступе к устройству показывает, какие из программируемых пользователем светодиодных индикаторов на устройстве релейной защиты светятся, причём «1» означает, что конкретный светодиодный индикатор светится, а «0» - не светится.

6.5 Контрольные биты от 1 до 8

Восемь ячеек 'Monitor Bit' (Биты контроля) позволяют пользователю вывести для контроля восемь сигналов цифровой шины данных доступных для просмотра в ячейке 'Test Port Status' (Статус порта контроля) или через порт контроля и загрузки программного обеспечения.

Каждая из ячеек 'Monitor Bit' конфигурируется на прием информации статуса одного из DDB сигналов (от 0 до 511) согласно списка доступных сигналов представленного в документе «База данных меню» ('Relay Menu Database' P54x/RU GC). Номера ножек разъема порта контроля/загрузки при использовании для контроля статуса DDB сигналов показаны в следующей таблице. Заземление сигналов доступно на ножках 18, 19, 22 и 25.

Бит контроля	1	2	3	4	5	6	7	8
Ножка порта контроля	11	12	15	13	20	21	23	24

Таблица 40.

ПОРТ КОНТРОЛЯ/ЗАГРУЗКИ НЕ ЗАЩИЩЕН ОТ НАПРЯЖЕНИЯ НАВОДИМОГО В КАНАЛЕ СВЯЗИ ПРИ ДИСТАНЦИОННОМ ПОДКЛЮЧЕНИИ К РЕЛЕ. СЛЕДОВАТЕЛЬНО, ОН МОЖЕТ ИСПОЛЬЗОВАТЬСЯ ТОЛЬКО ДЛЯ УСТАНОВЛЕНИЯ ЛОКАЛЬНОЙ СВЯЗИ.

6.6 Режим проверки

Данная ячейка меню используется при проведении испытаний с подачей в реле токов и напряжений от проверочной установки. Кроме этого данное меню позволяет провести опробование работы выходных реле путем подачи соответствующих команд. Для проведения проверки реле необходимо задать значение 'Test Mode' (Испытательный режим). При этом реле выводится из работы, выполняется соответствующая регистрационная запись и загорается желтый светоиндикатор 'Out of Service' (Выведено из работы). Кроме этого «замораживается» информация по контролю технического состояния выключателя, в IEC60870-5-103 формируется причина изменения передачи (COT) в режиме Проверка. Однако в этом режиме контакты выходных реле остаются активны. Для блокирования замыкания выходных контактов в дополнение предыдущему необходимо задать 'Blocked' (Заблокировано). После завершения

испытаний в данной ячейке должно быть задано 'Disabled' (Вывести), для ввода реле в работу. Реле также может быть переведено в режим Проверка путем подачи сигнала на оптовход назначенного как 'Test Mode' (Испытательный режим).

ЕСЛИ В ЯЧЕЙКЕ 'TEST MODE' (РЕЖИМ ПРОВЕРКИ) ЗАДАНО ЗНАЧЕНИЕ 'BLOCKED' (БЛОКИРОВАТЬ) ТО ВЫХОДНЫЕ СИГНАЛЫ ИЗ ЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ РЕЛЕ НЕ МОГУТ ПРИВЕСТИ К ЗАМЫКАНИЮ КОНТАКТОВ ВЫХОДНЫХ РЕЛЕ, И СЛЕДОВАТЕЛЬНО ПРИ КОРОТКОМ ЗАМЫКАНИИ НА ЛИНИИ РЕЛЕ НЕ МОЖЕТ ДЕЙСТВОВАТЬ НА ОТКЛЮЧЕНИЯ ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ.

ОДНАКО, ПОСКОЛЬКУ КАНАЛ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ОСТАЕТСЯ В РАБОТЕ И, ЕСЛИ РЕЛЕ ПРОТИВОПОЛОЖНОГО КОНЦА ЛИНИИ ОСТАЕТСЯ В РАБОТЕ, ВОЗМОЖНО ЛОЖНОЕ ОТКЛЮЕНИЕ ЛИНИИ С ПРОТИВОПОЛОЖНОГО КОНЦА ПРИ ИСПЫТАНИЯХ С ПОДАЧЕЙ ТОКА В РЕЛЕ ИЛИ ПРИ ОТКЛЮЧЕНИИ ЦЕПЕЙ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТОКА ОТ ПРОВЕРЯЕМОГО РЕЛЕ.

6.7 Таблица теста

Ячейка 'Test Pattern' («Таблица теста») используется для выбора выходных реле, срабатывание которых будет проверяться при установке ячейки 'Contact Test' («Испытание выходов») в состояние 'Apply Test' («Включить тест»). В этой ячейке имеется двоичная строка, содержащая на каждое конфигурируемое пользователем выходное реле по биту, который может быть установлен в «1» для того, чтобы контакт при проверке замкнулся, и в «0», чтобы контакт не замыкался.

6.8 Проверка работы выходных реле

При задании в ячейке 'Contact Test' (Проверка контактов) команды 'Apply Test' («Включить тест») состояние тех реле/контактов, для которых в ячейке 'Test Pattern' («Таблица теста») выставлено срабатывание (установлена «1»), изменяется. После подачи команды на срабатывание реле, текст следующей команды на ЖКИ сменится на 'No Operation' («Нет действия»), а контакты останутся в состоянии проверки (в сработанном состоянии) до сброса командой 'Remove Test' («Отключить тест»). После выдачи команды 'Remove Test' («Отключить тест») текст команды на ЖКИ вновь вернётся к 'No Operation' («Нет действия»).

Примечание: Когда ячейка 'Test Mode' («Режим испытаний») установлена на 'Contact blocked' («Блокировать контакты»), в ячейке 'Relay O/P Status' («Состояние выходных реле») не показывается текущее состояние выходных реле, а следовательно, она не может использоваться для подтверждения того, что выходные реле действуют. Поэтому необходимо проверять состояние каждого контакта по очереди.

6.9 Проверка светодиодов

При задании в этой ячейке 'Test LED' (Проверка светодиодов) команды 'Apply Test' («Включить тест») восемь программируемых пользователем светодиодных индикаторов загораются приблизительно на 2 секунды и гаснут, а текст команды на ЖКИ возвращается в 'No Operation' («Нет действия»).

6.10 Проверка АПВ

Если в реле имеется функция АПВ, то ячейка 'Test Autoreclose' (Проверка АПВ) может быть использована для проверки последовательности отключения выключателя и последующего включения от АПВ.

При подаче команды 'Trip 3 Pole' (Отключение 3ф.) реле действует на отключение трех фаз выключателя и обеспечивает работу первого цикла АПВ, что может быть использовано для проверки работы функции АПВ с измерением времени замыкания контактов связанных с работой функции. После срабатывания цепи отключения в командной строке на дисплее текст изменяется на 'No Operation' («Нет действия») в то время как цикл АПВ продолжается. Для проверки последующего цикла 3-ф. АПВ необходимо повторить выполнение команды 'Trip 3 Pole'.

Аналогичным образом при использовании ОАПВ, для проверки работы функции по каждой из фаз необходимо последовательно задать команды 'Trip Pole A' (Отключить полюс А), 'Trip Pole B' (Отключить полюс В), 'Trip Pole C' (Отключить полюс С).

ПРИМЕЧАНИЕ: В заводской логической схеме реле сигнал 'AR Trip Test' (Испытательное отключение АПВ) используемый для проверки работы АПВ в режиме «Проверка» назначен на срабатывание реле 3. Если выполнено изменение логической схемы реле, важно чтобы этот сигнал оставался связанным с реле №3 для обеспечения проверки АПВ путем имитации отключения от защит.

6.11 Проверки в режиме кольцевания канала связи

При выполнении наладочных работ необходимо замкнуть порт передачи данных на порт приема данных. Это может быть выполнено как внешними кабелями так и программным образом внутри реле. Данная опция автоматически изменяет адрес в защите на 0-0, то позволяет внутри замкнуть данные порта передачи на порт приема.

6.12 Статус сигналов цифровой шины данных (DDB)

Набор ячеек 'DDB Status' (Статус DDB) выполняет индикацию сигналов цифровой шины данных в виде двоичной строки в которой «1» сигнализирует о наличии (срабатывании) а «0» об отсутствии (не срабатывании) сигнала. При перемещении курсора вдоль строки на дисплей выводится текст наименования данного сигнала.

6.13 Использование испытательного устройства контроля информации по порту контроля/загрузки

Испытательное устройство имеющее 8 светодиодных индикаторов и отключаемый/подключаемый звуковой индикатор доступен для заказа в AREVA T&D UK Ltd Automation & Information или региональных офисах компании. Испытательное помещается в небольшом пластиковом корпусе с 25-штырьковым разъемом типа D, обеспечивающим подключение к порту других устройств при подключенном испытательном устройстве.

Каждый из светодиодов соответствует одному биту назначенному для контроля, при том что 'Monitor Bit 1' (Бит контроля 1) выводится на левый светодиод если смотреть на испытательное устройство спереди. Звуковой сигнал может быть включен на сигнализацию момента появления сигнала одного из битов контроля, или оставаться выключенным, при сохранении индикации на светодиодах.

7. СВЯЗЬ МЕЖДУ РЕЛЕ

7.1 Опции канала связи

Существует несколько вариантов обеспечения канала связи между реле Р540 установленными по концам защищаемой линии. Далее приведено их описание. Выбор варианта определяется типом оборудования связи имеющегося в распоряжении.

В тех случаях когда для связи между подстанциями уже установлено оборудование обеспечивающее мультиплексированную связь используемое для других целей, то для обеспечения согласования с существующим оборудованием, необходимо использовать опцию 850нм с соответствующим электрическим интерфейсом (блок интерфейса Р590) совместимым с ITU-T. Более полная информация по блоку Р590 обеспечивающим интерфейс электрический–оптоволоконно приведена в разделе 7.3.

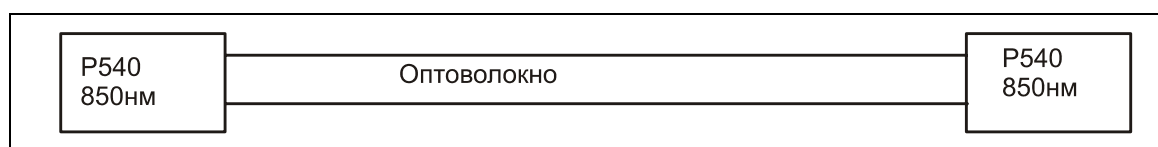
Если используется мультиплексор совместимый с IEEE С37.94 должна быть использована опция 850нм конфигурируемая непосредственно к мультиплексору, см. раздел 7.1.5.

При отсутствии существующих мультиплексоров необходимо использовать прямую оптоволоконную связь, см. рекомендации в п.7.1.1 – 7.1.4. Тип применяемого оптоволоконна (многомодовое или одномодовое и длина волны) определяется протяженностью линии защищаемой реле Р540, согласно рекомендаций п.7.2.

При любой конфигурации, за исключением IEEE С37.94, скорость передачи данных должна устанавливаться 64 кбит/сек или 56кбит/сек, согласно п. 7.8.

7.1.1 Прямая оптоволоконная связь, по многомодовому оптоволокну 850нм

Полукомплекты MiCOM Р540 соединяются с помощью двух оптических многомодовых волокон 850нм (по одному для каждого канала передачи данных). Для этого может быть использовано оптоволоконно типов 50/125μм или 62,5/125μм. Для подключения оптоволоконна используются соединители BFOC/2.5, которые обычно именуются как ST-соединители ("ST" – зарегистрированная торговая марка AT&T).

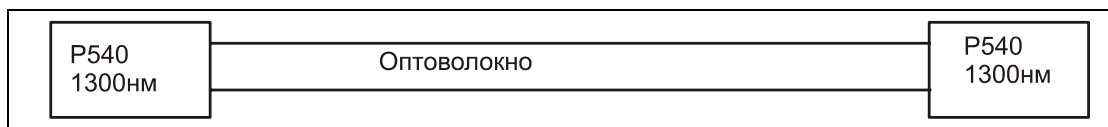


Данная схема связи может быть использована на удалении до 1км.

7.1.2 Прямая оптоволоконная связь, по многомодовому оптоволокну 1300нм

Полукомплекты MiCOM Р540 соединяются с помощью двух оптических многомодовых волокон 1300нм (по одному для каждого канала передачи данных).

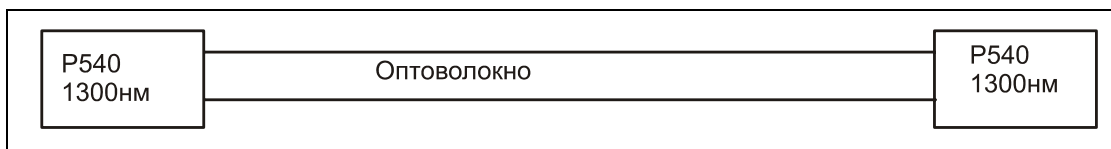
Для этого может быть использовано оптоволокно типа 50/125μм. Для подключения оптоволокна используются соединители BFOC/2.5



Данная схема связи может быть использована на удалении до 30км.

7.1.3 Прямая оптоволоконная по одномодовому оптоволокну 1300нм

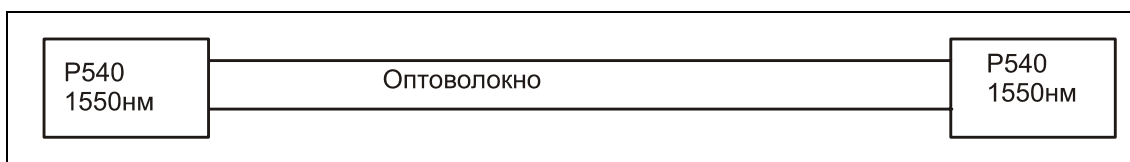
Полукомплекты MiCOM P540 соединяются с помощью двух оптических одномодовых волокон 1300нм (по одному для каждого канала передачи данных). Для этого может быть использовано оптоволокно типа 9/125μм. Для подключения оптоволокна используются соединители BFOC/2.5.



Данный вид связи может быть использован на удалении до 65км.

7.1.4 Прямая оптоволоконная связь по одномодовому оптоволокну 1550нм

Полукомплекты MiCOM P540 соединяются с помощью двух оптических одномодовых волокон 1550нм (по одному для каждого канала передачи данных). Для этого может быть использовано оптоволокно типа 9/125μм. Для подключения оптоволокна используются соединители BFOC/2.5.



Данный вид связи может быть использован на удалении до 90км.

7.1.5 Интерфейс IEEE C37.94 с мультиплексором (начиная с 30-й версии ПО)

Реле P540 с оптическим интерфейсом 850нм подключается непосредственно к мультиплексору по оптоволокну 850нм. Для этого пригодно оптическое волокно типа 50/125 мкм или 62.5/125 мкм. Для подключения используется соединители типа BFOC/2.5.

Уставка 'Comms Mode' должна быть установлена в IEEE C37.94. Следует учитывать, что для того чтобы произошла смена уставки необходимо снять а затем вновь подать питание реле.

Стандарт IEEE C37.94. определяет стандарт N*64 кбит/сек где N может принимать значения от 1 до 12. Требуемое значение N может быть задано пользователем в реле P540 или выбираться автоматически если установлен

режим 'Auto' (Автоматический), что обеспечит автоматическую подстройку реле под параметры мультиплексора.

7.1.6 Сеть с переключением (перенаправлением) каналов передачи информации

7.1.6.1 Сеть с переключением каналов (P541, P542, P543 и P544)

Для дифференциальной токовой защиты MiCOM P540 требуются каналы передачи информации в цифровом виде. Для правильной работы защиты необходимо обеспечить постоянный контроль исправности канала. Для реле P541, P542, P543 и P544 а также и для P545 и P546, если не используется сигналы синхронизации времени от GPS, одним из основных требований к каналам связи между полуккомплектами защиты является то, что времена передачи информации на удаленный конец линии (tp1) и приема информации с удаленного конца должны быть по возможности одинаковыми (допустимая разница времен не должна превышать 1мс). Большая разница времен обмена информацией ведет к снижению стабильности реле, при внешних замыканиях по отношению к защищаемой линии.

При использовании сети с переключаемыми каналами, возможны ситуации (переходные периоды) когда во время переключения время прохождения отправляемых на противоположный конец линии данных отличается от времени прохождения принимаемых с противоположного конца данных. В P540 предусмотрена возможность обеспечения стабильности дифференциальной защиты в переходные периоды коммутации каналов связи.

Одна из проверок, выполняемых на канале связи дифференциальной токовой защитой это проверка времени прохождения сигналов (сообщений обмена данными) в каждом из направлений, которая делается при отправке/получении каждого сообщения с данными защиты. При нормальной работе каналов связи, разница времен должна быть минимальна (возможно некоторое неравенство времен вносимое устройствами мультиплексирования и др. устройствами обеспечения связи). Если упомянутая разница времен превысит заданную пользователем уставку (регулируется в диапазоне от 250 до 1000μс), реле P540 выдает соответствующий сигнал ('Comm Delay') и переходит на временные уставки предназначенные для преодоления режима переключения каналов связи. Длительность работы с временными уставками задается в ячейке 'Char Mode Time' (Время переходного режима). Характер изменения уставок приведен на рисунке 36, где показано, что коэффициент процентного торможения k1 в переходном периоде увеличивается до 200%. Данная характеристика обеспечивает стабильность реле для всех нагрузочных режимов и обеспечивает отключение практически всех видов КЗ на поврежденной линии.

На рис. 35 показан возможный сценарий развития ситуации связанной с переключением каналов в сети. Первоначально реле P540 посылает и принимает данные по пути «1». Время прохождения сообщений по этому пути составляет 2 мс в обоих направлениях и, следовательно, рассчитанное время прохождения сообщения составляет $(2 + 2) / 2 = 2$ мс. При переключении на путь «2» появляется небольшой промежуток времени когда реле P540 посылает на удаленный конец сообщение по пути «1» а получает с удаленного конца уже по пути «2».

Расчетное время прохождения сообщения в таком случае составит $(2 + 5) / 2 = 3,5$ мс. Результирующая разница во временах между передачей и приемом сообщения составляет 1,5 мс, что может привести к неправильной работе реле из-за неправильного согласования векторов сравниваемых токов по времени выборки сигнала (см. п. 2.2.3). При завершении переключения каналов связи,

передаваемый и принимаемый сигналы будут проходить по одному и тому же пути «2» и рассчитываемое время прохождения сообщения будет $(5 + 5) / 2 = 5\text{мс}$. Реле вновь стабильно поскольку выполняется правильное согласование векторов тока по времени на обоих концах защищаемой линии.

Таймер **Char Mod** запускается если обнаружено изменение времени прохождения сообщений (сигналов обмена информацией между полукомплектами защиты). Все последующие изменения в этот период не ведут к перезапуску таймера. В приведенном выше примере, таймер запускается после обнаружения изменении времени прохождения сообщений (с 2 до 3,5мс). Последующее изменение времени (с 3,5 до 5мс) не вызывают повторного запуска таймера, которое могло бы вызвать продление режима работы с измененными уставками.

Таким образом, флуктуации в канале связи влияющие на времена прохождения сообщений неизбежно приводят к снижению чувствительности защиты. Для преодоления данной проблемы в реле P540 предусмотрен сброс таймера если в период его работы обнаружено такое изменение времени прохождения сигналов при котором время прохождения сигналов равно исходному т.е. до пуска таймера **Char Mod**. Пунктирная линия на рис.35 показывает сброс таймера в случае изменения времени прохождения сообщения с 2 до 3,5мс и обратно до 2мс.

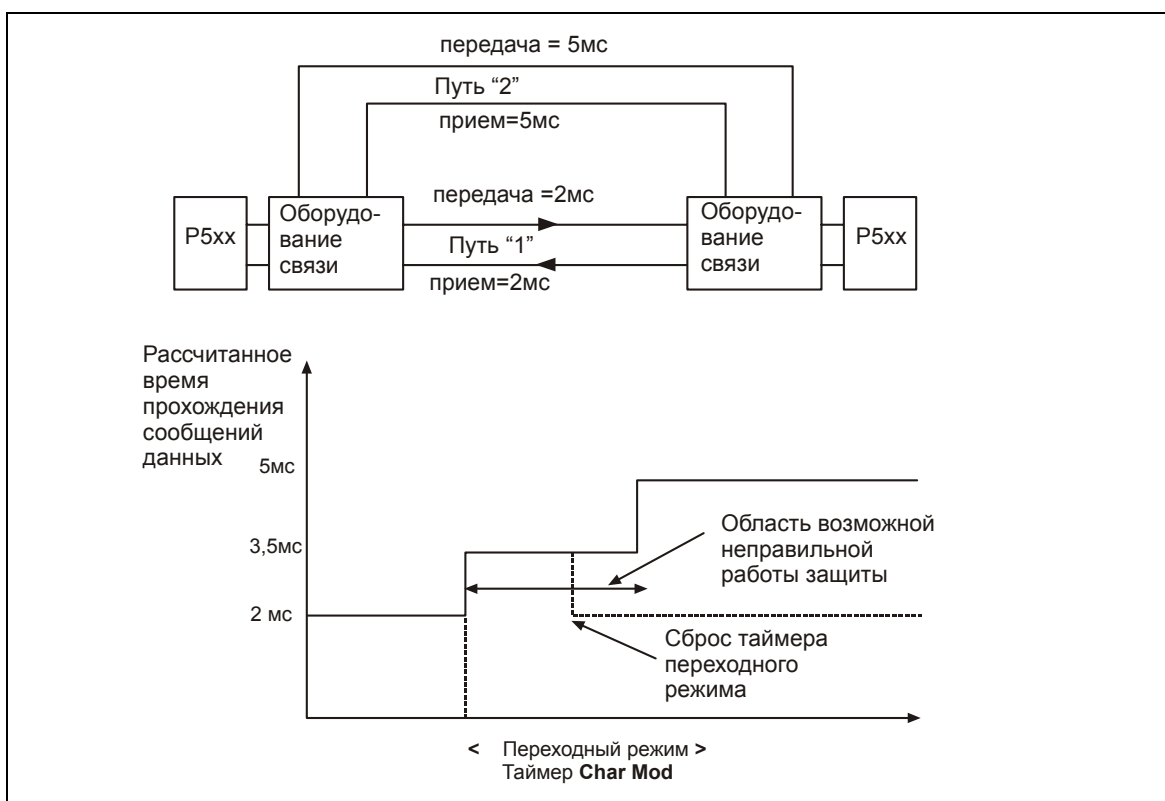


Рис. 35: Работа с переключаемыми в сети каналами связи

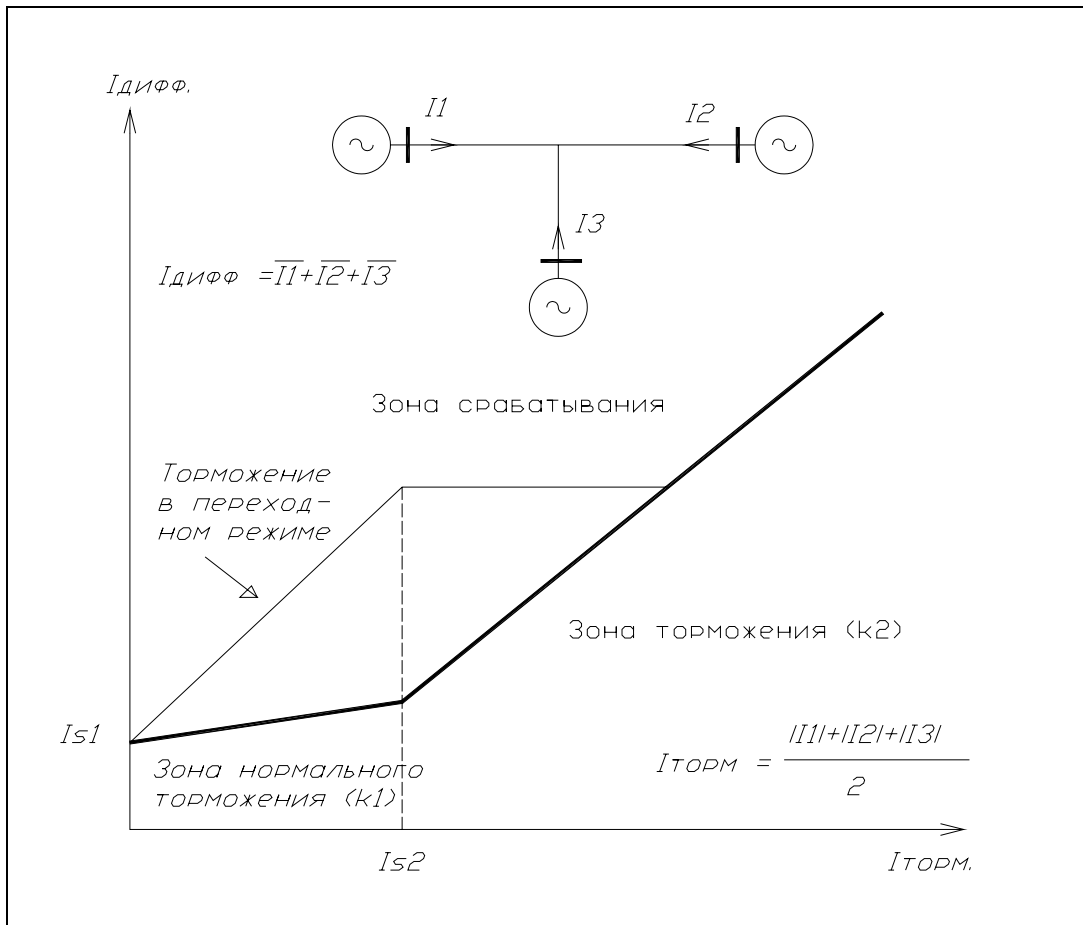


Рис. 36: Тормозная характеристики реле при работе в переходном режиме

7.1.6.2 Сеть с постоянным либо длительными режимами передачи информации по отдельным каналам

Модели реле P545 и P546, использующие при работе сигналы синхронизации времени от системы GPS могут использоваться в качестве дифференциальной токовой защиты линий электропередачи в условиях использования коммутируемых (перенаправляемых) каналов обмена информацией между полуккомплектами защиты. Для обеспечения правильной работы защиты необходимо вести непрерывный контроль исправности канала связи. Одна для реле P545 и P546 не требуется обеспечивать одинаковыми времена прохождения передаваемых и принимаемых данных (t_{p1}) и (t_{p2}), т.к. в реле используется синхронизация по сигналам GPS.

7.2 Располагаемый оптический ресурс (бюджет)

При использовании дифференциальной токовой защиты MiCOM P540 важно правильно выбрать интерфейс связи. Выбор интерфейса зависит от типа применяемого оптического волокна и удаленности реле друг от друга. В следующей таблице приведены оптические ресурсы доступные при различных интерфейсах связи.



МiCOM P540	850нм, много-модовое	1300нм, много-модовое	1300нм, одно-модовое	1550нм/191
Минимальный уровень передачи (средней мощности)	-19,8 dBm	-10 dBm	-10 dBm	-10 dBm
Чувствительность приемника (средней мощности)	- 25,4 dBm	- 37 dBm	- 37 dBm	- 37 dBm
Оптический ресурс (запас)	5,6 dB	30,0dB	30,0dB	30,0dB
Запас по затуханию (3dB)	2,6 dB	27,0dB	27,0dB	27,0dB
Типовое затухание в кабеле	2,6 dB/km	0,8 dB/km	0,4 dB/km	0,3 dB/km
Максимальная длина связи	1km	30.0km	60.0km	80.0km

Таблица 19: Оптические ресурсы

Полный оптический ресурс получаемый как мощность передатчика минус чувствительность приемника, говорит об общем уровне затухания в канале связи между двумя реле защиты, который можно допустить без потери информации. В таблице ресурсов включен и запас по перекрываемому затуханию в 3dB. Необходимый запас должен обеспечивать работу защиты при увеличении затухания в результате старения оптического волокна и увеличения потерь в местах стыков кабелей. Остальные потери мощности сигнала объясняются потерями в самом оптическом волокне. Приведенные выше данные являются типовыми и могут быть использованы лишь в качестве рекомендаций.

В общем случае для прямой оптоволоконной связи между реле используется оптическое волокно 1300нм и 1550нм. Волокно 850нм используется для работы с мультиплексированными каналами связи.

7.3 Блоки интерфейса P590

Для организации связи между реле P540 с использованием мультиплексоров импульсно-кодовой модуляции или цифровых каналов связи требуется использование блоков преобразования интерфейса типа P590. Предлагаются следующие типы блоков:

- P591 обеспечивает интерфейс с мультиплексорным оборудованием поддерживающим рекомендации ITU-T (ранее CCITT) по однонаправленному электрическому интерфейсу G.703
- P592 обеспечивает интерфейс с мультиплексорным оборудованием поддерживающим рекомендации ITU-T по электрическому интерфейсу V.35
- P593 обеспечивает интерфейс с мультиплексорным или ISDN оборудованием поддерживающим рекомендации ITU-T по электрическому интерфейсу X.21

Скорость передачи данных у каждого из блоков может быть установлена на уровне 56Кбит/с или 64Кбит/с в соответствии с требованиями к каналу связи между реле, см. п. 7.8.

Для каждого канала обмена информацией между реле требуется один модуль интерфейса (т.е. один модуль для каждой пары передачи и приема сигналов). Модуль интерфейса обеспечивает преобразование оптического сигнала в электрический и электрического в оптический между реле P540 и мультиплексором. Модуль интерфейса должен располагаться возможно ближе к импульсно-кодовому мультиплексору, для снижения влияния электромагнитных полей на передаваемые данные.

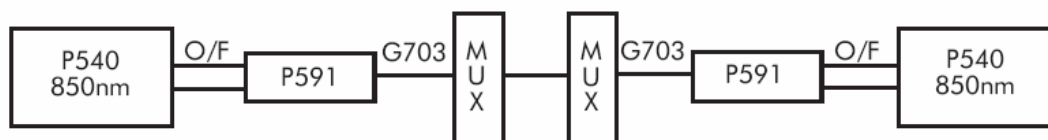
Модули интерфейса выпускаются в стандартном корпусе MiCOM размера 20TE.

Подключение оптоволоконных кабелей выполняется при помощи соединителей BFOC/2.5, более известных как ST-соединители.

Оптические характеристики идентичны связи P540 по многомодовому оптоволокну 850нм (см. выше п. 7.2).

7.3.1 Мультиплексированная связь по электрическому интерфейсу G.703 с использованием оптоволоконного кабеля и модуля P591

Реле P540 с помощью короткого 850нм оптоволоконного многомодового интерфейса соединяется с преобразователем интерфейса P591. Для подключения используется соединитель BFOC/2.5 и многомодовое волокно типа 50/125μм или 62,5/125μм. Модуль P591 преобразовывает оптические сигналы передаваемые по оптоволокну в электрические сигналы совместимые с однонаправленным интерфейсом G.703 по рекомендациям ITU-T. Выход G.703 подключается к однонаправленному каналу мультиплексора поддерживающим протокол G.703.



Преобразователь P591 обеспечивает интерфейс по рекомендации ITU-T по G.703.

Сигналы, передаваемые по G.703 изолированы с помощью импульсного трансформатора до уровня 1кВ.

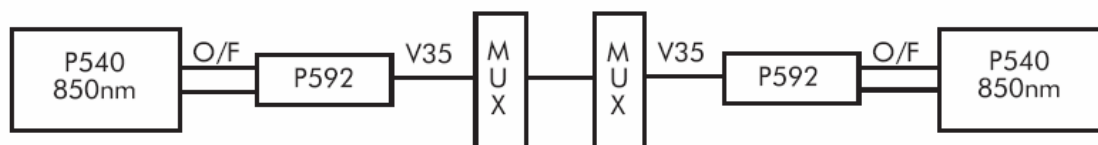
Для снижения влияния электромагнитных полей и других источников помех на сигналы передаваемые G.703 имеющие уровень напряжения $\pm 1В$, для подключения P591 к мультиплексору должен использоваться кабель с двумя витыми парами проводников 24AWG, общим экраном и характеристическим сопротивлением около 120Ω. Рекомендуется подключать экран кабеля интерфейса только к заземленной стойке/шасси/кассеты мультиплексора. Выбор режима заземления зависит местных инструкций и накопленного опыта.

Электрические подключения к P591 выполняются с использованием стандартных 28 клеммных блоков Midos. Схемы внешних подключений приведены в соответствующем документе (P54x/RU CO).

В реле P540 должна быть задана уставка 'External' (Внешний) в ячейке выбора источника времени 'Clock Source', см. п.7.7.

7.3.2 Мультиплексорная связь по электрическому интерфейсу V.35 с использованием вспомогательного оптоволоконного кабеля и преобразователя интерфейса типа P592

Реле P540 с помощью короткого 850нм многомодового оптоволоконного интерфейса соединяется с преобразователем интерфейса P592. Для подключения используется соединитель BFOC/2.5 и многомодовое волокно типа 50/125μм или 62,5/125μм. Модуль P592 преобразовывает сигналы передаваемые по оптоволокну в электрические сигналы совместимые с интерфейсом V.35 по рекомендациями ITU-T. Выход V.35 должен быть подключен к каналу мультиплексора поддерживающим протокол V.35.



Преобразователь P592 обеспечивает интерфейс по рекомендации ITU-T по V.35.

Подключение сигналов V.35 к P592 выполняется с помощью стандартного 34 контактного гнезда соединителя 'M'. Поскольку уровень сигналов V.35 может быть напряжением $\pm 0,55\text{В}$ или $\pm 12\text{В}$, кабель соединяющий модуль преобразователя и мультиплексор должен быть надежно экранирован для снижения влияния электромагнитных и др. помех. Кабель интерфейса представляет собой две экранированные пары проводников, с характеристическим импедансом около 100Ω . Рекомендуется подключать экран кабеля интерфейса только к заземленной стойке/шасси/кассеты мультиплексора. Выбор режима заземления зависит местных инструкций и накопленного опыта.

На передней панели P592 расположены светодиоды индикации и шесть переключателей (DIL).

Ключ, названный как "Clockswitch" (ключ часов) служит для инвертирования, при необходимости, сигнала времени передаваемого по V.35.

Ключ, названный как 'Fibre-optic Loopback' (закольцовывание оптоволоконной петли) служит для возвращения передаваемого сигнала передающему устройству на вход оптического интерфейса. При включении режима закольцовывания, загорается светодиод 'Fibre-optic Loopback'.

Ключ, названный как 'V.35 Loopback' (закольцовывание V.35) служит для возвращения передаваемого сигнала передающему устройству. Модуль преобразователя пересылает получаемый ('Rx') от реле сигнал по оптоволокну, конвертирует в V.35 и замыкает на свой же выход ('Tx') для передачи обратно на реле сигнала оптического сигнала. При переводе переключателя в положение ВКЛ., загорается красный светодиод 'V.35 Loopback'.

Ключ, названный как 'DSR' служит для выбора/игнорирования контрольного сигнала DSR (Data Set Ready) (готовность к приему данных). Красный светодиод названный "DSR Off" («DSR Отключен») гаснет либо при наличии сигнала DSR, либо при установке ключа DSR в положение 'On' (ВКЛЮЧЕНО).

Ключ, названный как 'CTS' служит для выбора/игнорирования контрольного сигнала CTS (Clear To Send – готовность к передаче). Красный светодиод 'CTS Off' (CTS Отключен) гаснет либо при определении наличия CTS (готовность к передаче) либо переводом ключа CST в положение ВКЛЮЧЕНО. (On).

Ключ, названный как 'Data Rate' служит для задания скорости передачи данных 56 или 64 кбит/сек, в соответствии с требованиями мультиплексорного оборудования импульсно-кодовой модуляции.

Зеленый светодиод 'Supply Healthy' (Питание в норме) служит для индикации напряжения питания модуля преобразователя интерфейса в пределах рабочего диапазона.

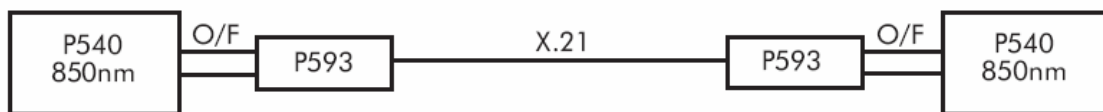
Схемы внешних подключений модуля преобразователя интерфейса приведены в «Схемы внешний подключений P54x» (P54x/RU/CO).

Реле P540 обеспечивает возможность выбора источника сигналов времени путем задания установки 'Clock Source' (источник сигналов времени) значения 'External' (внешний) или 'Internal' (внутренний). В режиме «Внешний» сигналы времени задаются в мультиплексированной сети. В режиме «Внутренний» мультиплексорное оборудование использует сигналы времени из подключенного к нему оборудования (реле). Более подробная информация приведена в разделе 7.7.

7.3.3 Мультиплексорная связь по электрическому интерфейсу X.21 с использованием вспомогательного оптоволоконного преобразователя интерфейса типа P593

Модуль преобразователя P593 обеспечивает согласование с интерфейсом X.21 в соответствии с рекомендациями ITU-T. Он получил подтверждение на использование в качестве линейного интерфейса Британским Комитетом по Сертификации оборудования для телекоммуникациям) для подключения к сервисам описанном в данной главе; Номер лицензии NS/1423/1/T/605362.

Реле P540 с помощью короткого 850nm оптоволоконного многомодового интерфейса соединяется с преобразователем интерфейса P593. Для подключения используется соединитель BFOC/2.5 и многомодовое волокно типа 50/125µm или 62,5/125µm. Модуль P593 преобразовывает оптические сигналы передаваемые по оптоволокну в электрические сигналы совместимые с интерфейсом X.21 по рекомендациями ITU-T. Выход X.21 должен быть подключен к ITU-T совместимому каналу X.21 мультиплексора или ISDN системе передачи цифровых данных.



Реле MiCOM P540 требует для работы постоянно открытого (для передачи данных) канала связи. Соответственно, для работы защиты не требуется подтверждение готовности к отправке данных и следовательно данная опция не поддерживается в модуле P593. Перечень сигналов поддерживаемых модулем по интерфейсу X.21 приведен в таблице 40.

X.21 по рекомендации ITU-T по спецификации сходен с интерфейсами RS 422 и RS 449. Модуль P593 может быть также использован для интерфейса реле каналами связи по RS 422 или RS 449, при использовании только сигналов из приведенного списка.

Обозначение по ITU-T	Назначение	Контакт разъема	Направление передачи
-	Заземление на корпусе	1	-
G	Общий	8	-
T	Передача данных А	2	От P593
T	Передача данных В	9	От P593
R	Прием данных А	4	К P593
R	Прием данных В	11	К P593
S	Сигнальный элемент, время А	6	К P593

S	Сигнальный элемент, время В	13	K P593
---	--------------------------------	----	--------

Таблица 42: Сигналы X.21 поддерживаемые модулем P593

Подключение сигналов X.21 к P593 выполняется с помощью стандартного 15-контактного разъема типа D, с распайкой жил соответствующей передающему устройству (DTE – Data Transmission Equipment). Кабель интерфейса должен состоять из вытых пар из проводников 24AWG, с общим экраном и характеристическим импедансом около 100Ω. Рекомендуется подключать экран кабеля интерфейса только к заземленной стойке/шасси/кассеты мультиплексора. Выбор режима заземления зависит местных инструкций и накопленного опыта.

Схемы внешних подключений модуля преобразователя интерфейса приведены в «Схемы внешний подключений P54x» (P54x/RU/CO).

Уставка источника сигналов времени (Clock Source) в реле P540 должна быть установлена «Внешний» ('External'). См. п. 7.7.

На передней панели модуля P593 имеется четыре светодиодных индикатора и два переключателя.

Зеленый светодиод 'Supply Healthy' (Питание в норме) служит для индикации напряжения питания модуля преобразователя интерфейса в пределах рабочего диапазона.

Зеленый светодиод 'Clock' (Часы) обеспечивает индикацию наличия сигналов времени получаемых модулем по X.21.

Один из переключателей, названный как 'Fibre Optic Loopback' (Закольцовывание оптоволоконной петли), предназначен для возврата передаваемых от реле по оптоволокну данных ('Tx') обратно в реле на вход приема данных ('Rx'). При включении данного режима загорается светодиод 'Fibre Optic Loopback' (Закольцовывание оптоволоконной петли).

Второй ключ, названный как 'X.21 Loopback' (закольцовывание X.21) служит для возвращения передаваемого сигнала передающему устройству. Модуль преобразователя пересылает получаемый ('Rx') от реле сигнал на свой же выход ('Tx') для передачи обратно на реле сигнала. При переводе переключателя в положение ВКЛ., загорается красный светодиод 'X.21 Loopback'.

7.4 Настройка канала связи дифференциальной защиты

Уставки конфигурации схемы защиты ('Scheme Set-up') служат для выбора схемы соединений между устройствами системы защиты. 2-концевая система может иметь один канал связи между концами защищаемой линии (опция "2 Terminal" – 2-концевая линия) или два независимых канала связи для обеспечения двойной избыточности (опция "Dual Redundant" – двойная избыточность). Для 3-концевой системы используется опция "3 Terminal" – 3 концевая линия.

7.4.1 Двойная избыточность («Горячий резерв»)

В случае выхода из строя одного из каналов связи, обмен сообщениями между реле может выполняться по второму исправному каналу связи.

Модели реле с двойной избыточностью обеспечивают резервирование каналов связи путем передачи и приема сообщений по обоим каналам связи. Реле

выполняют постоянный мониторинг состояния обоих каналов связи. Сообщения поступающие по обоим каналам используются при работе функций реле. Если один из каналов становится недоступен (неисправен), то реле продолжает функционировать обмениваясь информацией только по исправному каналу.

Обмен сообщениями при обоих исправных каналах выполняется поочередным их использованием. Каждое получаемое сообщение контролируется на достоверность и затем обрабатывается, таким образом обеспечивается постоянный мониторинг исправности обоих каналов связи.

7.5 Адресация сообщений в канале связи защиты

Сообщения передаваемые защитой включают поле адреса для подтверждения правильности соединений.

Имеется 22 опции для групп адресов. Каждая из групп адресов используется для одной системы защиты имеющей в своем составе два или три реле, и, следовательно в каждой группе адресов имеется два или три адреса.

Все форматы адресов выбора таким образом чтобы обеспечить максимальную устойчивость к возможным сбоям в канале связи. Ни одна из групп адресов не отличается от другой в лучшую или худшую сторону по каким либо критериям.

Далее приводятся доступные группы адресов при выборе схемы "2 Terminal" (2-концевая) или "Dual Redundant" (Двойная избыточность):

	Реле А	Реле В
Универсальный адрес	0-0	0-0
Группа адресов 1	1-А	1-В
Группа адресов 2	2-А	2-В
Группа адресов 3	3-А	3-В
Группа адресов 4	4-А	4-В
Группа адресов 5	5-А	5-В
Группа адресов 6	6-А	6-В
Группа адресов 7	7-А	7-В
Группа адресов 8	8-А	8-В
Группа адресов 9	9-А	9-В
Группа адресов 10	10-А	10-В
Группа адресов 11	11-А	11-В
Группа адресов 12	12-А	12-В
Группа адресов 13	13-А	13-В
Группа адресов 14	14-А	14-В
Группа адресов 15	15-А	15-В
Группа адресов 16	16-А	16-В
Группа адресов 17	17-А	17-В
Группа адресов 18	18-А	18-В
Группа адресов 19	19-А	19-В
Группа адресов 20	20-А	20-В

Таблица 43.

Для двух реле работающих в одной системе защиты (на одной линии) должны быть использованы адреса из одной группы адресов. Одно из реле должно иметь

адрес А, другое В. Например, если используется 1-я группа адресов, то реле А будет иметь адрес 1-А, а реле В адрес 1-В.

Реле с адресом 1-А будет принимать (реагировать) сообщения с адресом 1-А и отправлять сообщения с адресом получателя 1-В. Реле с адресом 1-В будет принимать только сообщения с адресом 1-В и отправлять сообщения с адресом получателя 1-А.

Группы доступных адресов при выборе схемы “3 Terminal” (3-концевая)

	Реле А	Реле В	Реле С
Группа адресов 1	1-А	1-В	1-С
Группа адресов 2	2-А	2-В	2-С
Группа адресов 3	3-А	3-В	3-С
Группа адресов 4	4-А	4-В	4-С
Группа адресов 5	5-А	5-В	5-С
Группа адресов 6	6-А	6-В	6-С
Группа адресов 7	7-А	7-В	7-С
Группа адресов 8	8-А	8-В	8-С
Группа адресов 9	9-А	9-В	9-С
Группа адресов 10	10-А	10-В	10-С
Группа адресов 11	11-А	11-В	11-С
Группа адресов 12	12-А	12-В	12-С
Группа адресов 13	13-А	13-В	13-С
Группа адресов 14	14-А	14-В	14-С
Группа адресов 15	15-А	15-В	15-С
Группа адресов 16	16-А	16-В	16-С
Группа адресов 17	17-А	17-В	17-С
Группа адресов 18	18-А	18-В	18-С
Группа адресов 19	19-А	19-В	19-С
Группа адресов 20	20-А	20-В	20-С

Таблица 44.

Для трех реле работающих в одной системе защиты (на одной линии) должны быть использованы адреса из одной группы адресов.

Кроме этого должна быть фиксированная схемы соединений каналов связи, как показано на рис. 35, при которой канал 1 одного реле подключен к каналу 2 другого реле.

Например, если используется 1-я группа адресов, то реле А будет иметь адрес 1-А, а реле В адрес 1-В, реле С адрес 1-С. Реле А принимает только сообщения с адресом 1-А и отправляет сообщения с адресами 1-В и 1-С по каналу 1 и каналу 2, соответственно. Реле В будет принимать только сообщения с адресом 1-В и отправлять сообщения с адресами 1-С и 1-А соответственно по каналам 1 и 2. Аналогичным образом, реле С будет принимать только сообщения с адресом 1-С и отправлять сообщения с адресами 1-А и 1-В по каналу 1 и каналу 2 соответственно.

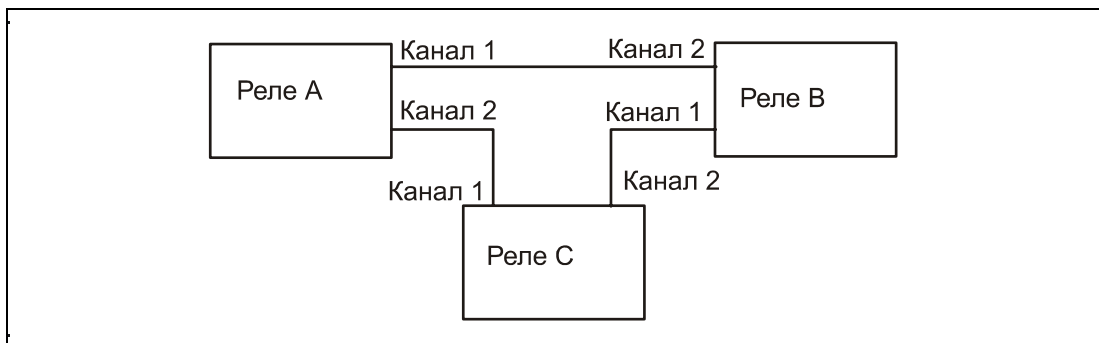


Рис. 37: Схема подключения каналов связи для 3-концевой линии

7.6 Переконфигурация защиты трехконцевой линии

Эта функция применяется только в реле сконфигурированных для работы на трехконцевой линии. Режим работы зависит от статуса каналов связи, реле в системе защиты и различных периодов времени. Существует две основные области режимов работы, одна это изменение конфигурации реле выполняемое пользователем, а другая формируется подачей питания на реле. Различные аспекты относящиеся к обоим случаям приведены ниже.

В распоряжении имеются следующие опции уставок:

- Трехконцевая линия (Three Ended)
- Двухконцевая линия Локальный конец и Удаленный 1 (L & R1)
- Двухконцевая линия Локальный конец и Удаленный 2 (L & R2)
- Двухконцевая линия Удаленный конец 1 и Удаленный 2 (R1 & R2)

Удаленный 1 (Remote 1) и Удаленный 2 (Remote 2) соответствуют каналам связи 1 и 2 соответственно.

Процедура переконфигурации описана в п. 7.6.1. и 7.6.2.

7.6.1 Конфигурация пользователя

Она охватывает нормальную конфигурацию реле для работы на 2-концевой или 3-концевой линии в зависимости от схемы защищаемой линии и реле. Данная характеристика реле предоставляет пользователю возможность задания первоначальной конфигурации реле для защиты двухконцевой линии, а затем после изменения схемы первичной сети выполнить изменение конфигурации реле с включением в систему защиты дополнительного реле. Кроме этого данная функция делает возможным при изменении режима сети вывести из схемы одно из реле дифференциальной защиты и изменить конфигурацию реле на работу на двух концевой линии. Это делает возможным выполнения проверок одного из реле, которое выведено из системы защиты и даже демонтировать его в случае необходимости.

Изменение конфигурации выполняется двумя внешними сигналами блокировки а также текущим состоянием реле и его каналов связи. Если схема сети изменяется с 3-концевой на 2-концевую это рассматривается как команда переконфигурации. Если схема изменяется с 2-концевой на 3-концевую это рассматривается как команда восстановления конфигурации. Проверки выполняемые при переконфигурации несколько отличаются от проверок при восстановлении схемы.

Операции по изменению конфигурации заключаются в следующем.

1. Изменение уставок конфигурации
2. Реле обнаруживает изменение уставок и пытается применить новую уставку.
3. Если реле конфигурировано на 2-концевую линии и новая уставка также задает конфигурацию 2-концевой линии, то изменение уставки блокируется и выдается сообщение об ошибке.
4. Если реле конфигурировано на 2-концевую линии а новая уставка задает конфигурацию 3-концевой линии, то реле проводит проверку исправности всех каналов связи и посылает команду восстановления конфигурации на другие реле. Затем через секунду реле проверяет что система защиты стабилизирована на работу по схеме защиты 3-концевой линии.
5. Если происходит нарушение работы какого либо из каналов связи или не наступила стабилизация работы в режиме 3-концевой линии, реле системы защиты возвращаются в режима работы 2-концевой линии и выдается команда ошибки конфигурации.
6. Если система защита установила стабильный режим работы для 3-концевой линии, тогда происходит обновление уставки переконфигурирования.
7. Если текущая уставка реле 3-концевая линия а новая уставка 2-концевая линия L & R1, то сначала реле проверяет что входа блокирования "Inhibit Diff" (Блокирование Дифф. защиты) и "Interlock" (Блокировка) активированы (следует отметить, что оптовход "Inhibit Diff" блокирует отключение от продольной дифференциальной токовой защиты оставляя при этом в работе резервные защиты). Данные входы назначены на оптовходы L3 и L4 в логической схеме реле заданной по умолчанию. Затем реле проверяет что исправен канал связи с Удаленным (реле) 1 (Remote 1) и посылает команду на удаленное реле. Затем, через 1 секунду, выполняется проверка стабильности системы защиты при работе с конфигурацией «2-концевая линия Локальное & Удаленное 1 (2-ended L&R1).
8. Если входы блокирования не активированы или нарушена связь с реле «Удаленное 1» (Remote 1) или схема не стабилизировалась при работе с уставкой «2-концевая линия Локальное & Удаленное 1 (2-ended L&R1), реле возвращается к конфигурации «3-концевая» и выдает сообщение об ошибке конфигурации.
9. Если система защиты стабилизировалась в режиме «2-концевая линия Локальное & Удаленное 1 (2-ended L&R1), то происходит обновление уставки переконфигурации.
10. Если текущая конфигурация в реле «3-концевая линия» (3-ended), а новая уставка «2-концевая линия, Локальное и Удаленное 2» (2-ended L&R2) , то реакция реле аналогична переконфигурации на режим «2-концевая линия, Локальное и Удаленное 1» (2-ended L&R1).

7.6.2 Переконфигурация при подаче питания реле

Этот тип конфигурации происходит когда на реле подается питание и реле пытается войти в конфигурацию совместимую с другими реле системы защиты линии. Насколько это возможно схема переходит в конфигурацию установленную

пользователем. Однако, имеется несколько условий которые могут этому препятствовать.

Конфигурация которая устанавливается в реле при подаче питания зависит от следующих факторов:

- a. Конфигурация схемы заданная на удаленных реле
- b. Состояние (статус) канала связи
- c. Конфигурация схемы сохраненная в энергонезависимой памяти до отключения питания

При подаче питания на реле происходит следующее:

1. Реле проверяет наличие поступающих сообщений. Если сообщения поступают, то команда конфигурации в первом полученном сообщении будет использована как команда конфигурации реле. Но это зависит от некоторых условий. Если реле стоит перед выбором 2-концевая или 3-концевая то реле устанавливает схему «2-концевая линия» если от обоих реле не поступит подтверждение «3-концевая линия». Если все три реле имеют уставку конфигурации «3-концевая линия» то система защиты останется в этом режиме.
2. Если с одного из концов не приходит сообщение, то через одну секунду, реле переходит на последнюю выбранную конфигурацию, т.е. ту конфигурацию что была установлена до отключения питания. Как только вновь начинают поступать сообщения, реле выполняет проверку их соответствие текущей схеме. Если одно из реле имеет конфигурацию «3-концевая линия» а другое «2-концевая линия», то конфигурация изменяется на конфигурацию «2-концевая линия». Если же оба реле имеют конфигурацию «3-концевая линия» или «2-концевая линия» то такой и становится текущая конфигурация. Если оба реле имеют различную конфигурацию для 2-концевой линии, они не могут определить какую из них использовать и в таком случае каждое генерирует сигнал об ошибке конфигурации и каждое сохраняет свою текущую конфигурацию. Эту проблему можно решить либо восстановлением требуемой конфигурации реле вручную либо отключением питания реле с неправильной конфигурацией.
3. Если питание на все реле в схеме защиты подано одновременно то реле примут конфигурацию для 3-концевой линии, при условии что все каналы связи исправны. Это происходит потому что все реле будут ожидать сигналов выбора конфигурации а по умолчанию она «3-концевая линия». Однако это маловероятный вариант развития событий при нормальной эксплуатации.
4. В том случае если канал связи выйдет из строя наполовину, т.е. будет неисправен канал приема а исправен канал передачи, тогда может быть ошибка конфигурации при подаче питания на реле потому что реле не способно выполнять корректно обмен сообщениями. Если статус обеспечивается через третье реле и возможна нормальный обмен сигналами по двум его исправным каналам связи, то схема стабилизируется корректным образом.

7.7 Источник сигналов времени

Источник сигналов времени необходим для синхронизации передаваемых данных между реле системы защиты. Сигналы синхронизации по времени могут быть получены от P540 (внутренний источник) или от устройств канала связи (внешний источник). В P540 предусмотрена уставка выбора источника сигналов времени

‘Clock Source’ для каждого из каналов (Channel 1 и Channel 2), которая может быть установлена как “External” (Внешний) или “Internal” (Внутренний) в соответствии с требуемой конфигурацией системы.

Данная уставка не применяется при выборе режима IEEE C37.94.

7.7.1 Внутренний источник сигналов времени

Уставка ‘Clock Source’ (Источник времени) задается “Internal” (Внутренний) на всех реле установленных в системе защиты, в случае если используется прямое соединение по оптоволоконной линии связи, т.к. реле P540 на каждом конце линии обеспечивает сигналы времени.

7.7.2 Внешний источник сигналов времени

В качестве источника сигнала выбирается уставка «Внешний» (External) на всех концах системы защиты, если используется связь между реле системы защиты с помощью мультиплексорного оборудования, обеспечивающего сигналы синхронизации для системы защиты. Необходимым условием является использование лишь одного источника сигналов времени обеспечивающего синхронизацию реле на всех концах линии.

7.8 Скорость передачи данных

Скорость передачи данных, между двумя или тремя реле входящими в систему защиты может быть задана 64кбит/с или 56кбит/с в зависимости от необходимости.

В случае использования канала связи по прямому оптоволоконному кабелю, обычно устанавливается скорость 64 кбит/сек, поскольку это обеспечивает несколько меньшее время срабатывания защиты.

При использовании мультиплексированных каналов связи, скорость передачи данных определяется типом и конфигурацией оборудования каналов обеспечивающих связь системы защиты P540. Электрические интерфейсы с мультиплексорами (однаправленный G.703, V.35 или X.21) обеспечивают каналы связи со скоростью 64 кбит/сек или 56 кбит/сек и соответственно реле P540 по концам линии должны быть установлены на работу с такой скоростью.

Обычно мультиплексорная сеть в северной Америке базируется на каналах работающих на скорости 56кбит/сек (и кратных к ней) , в то время как в остальном мире базовая скорость каналов связи составляет 64кбит/сек (и кратных к ней).

Данная уставка не применяется при выборе режима IEEE C37.94.

7.9 Сигнализация при нарушении связи между реле

Сигнализация о нарушении связи генерируется если процент недостоверных сообщений достигает значения 25% и продолжает оставаться на этом уровне в течении установленного периода времени (обратитесь к разделу п. 7.12, следующим далее). Это эквивалентно уровню ошибочных битов (BER – Bit Error Rate) $1,5 \times 10^{-3}$.

Кроме этого, сообщение о нарушении связи также генерируется, если от реле с противоположного конца линии поступает сообщение о неисправности канала связи.

7.10 Статистика нарушений работы канала связи

Для анализа нарушений в работе канала связи, в реле ведется статистика ошибок связи. Статистическая информация содержит выявленное количество сообщений с ошибками (Errored Messages), количество потерянных сообщений (Lost Messages) и количество достоверных сообщений (Valid Messages). Количество зарегистрированных сообщениями с ошибками соответствует требованиям ITU-TG8.21.

Секунды с недостоверными сообщениями (Number of errored seconds)	Количество секунд в течение которых зарегистрировано одно и более недостоверных или потерянных сообщений.
Секунды со значительным количеством недостоверных сообщений (Number of severely errored seconds)	Количество секунд содержащих 31 и более недостоверных или потерянных сообщений.
Минуты с нарушением связи (Number of degraded minutes)	Количество минут содержащих 2 и более недостоверных или потерянных сообщений.
Следует учитывать, что подсчет секунд со значительным количеством недостоверных сообщений игнорируется при подсчете с минутными интервалами.	

Регистрация количества потерянных сообщений служит для индикации уровня помех в канале связи при нормальной работе а не для регистрации продолжительных перерывов в работе канала связи. Показания счетчика потерянных сообщений увеличиваются если сообщение признается недостоверным и игнорируется после проверки кода ошибки, длины сообщения и последующей проверки метки времени.

Статистика ошибок автоматически сбрасывается при включение питания реле. Кроме этого статистика ошибок может быть сброшена с помощью уставки 'Clear Statistics' (Очистить статистику) в колонке меню ИЗМЕРЕНИЯ (MEASUREMENT).

7.11 Таймер задержки связи

Таймер задержки в канале связи 'Comm Del Tol' определяет максимальную разницу между временами прохождения двух последовательных сообщений допустимую в реле без переключения на уставки переходного режима, как описано в п. 7.1.6

На заводе установлена минимальная уставка 250μсек, которая должна быть увеличена до требуемого значения если в канале связи возможны колебания времени прохождения сигнала.

7.12 Таймер неисправности канала связи

Таймер неисправности канала связи 'Comm Fail Time' контролирует время по истечении которого канал считается неисправным если в течении всего этого времени непрерывно продолжалось нарушение связи между реле. Это ведет к генерации сигналов неисправность связи канала защиты и 'Protection Scheme Inoperative' (Схема защиты неработоспособна). Обычно задается максимальное значение уставки 9.9 сек для того чтобы кратковременные периоды влияния повышенных помех и непродолжительные перерывы связи не приводили к

генерации данных сигналов. Выдержка времени таймера неисправности канала связи может имеет меньшие значения, скажем 200 или 300 мс, в том случае если контакты сигнализации используются для ввода в работу резервных защит или для сигнализации необходимости перехода на резервные каналы связи если уровень помех в канале остается недопустимо высок или канал полностью выходит из строя.

7.13 Режим неисправности канала связи

Режим «Неисправность канала связи» ('Comm Fail Mode') служит для выбора канала вызвавшего появления сигнала о нарушении канала связи если использована конфигурация «Двойная избыточность» ('Dual Redundancy'). Доступны три опции: 'Ch 1 Fail' (Неисправность Канала 1), 'Ch 2 Fail' (Неисправность Канала 2) и 'Ch 1 and 2 Fail' (Неисправность Канала 1 и 2). Если задана уставка 'Ch 1 Fail', то сигнал о неисправности канала связи будет генерироваться лишь при неисправности канала 1. Если задана уставка 'Ch 2 Fail', то сигнал о неисправности канала связи будет генерироваться лишь при неисправности канала 2. Если задана уставка 'Ch 1 and 2 Fail', то сигнал о неисправности канала связи будет генерироваться лишь при неисправности канала 1 или 2.

7.14 Модуль MiCOM P594 синхронизации времени по сигналам глобальной системы позиционирования (GPS)

Модели реле продольной дифференциальной токовой защиты типа MiCOM P545 и P546 могут использовать секундные сигналы синхронизации времени получаемые со спутников системы GPS и подаваемые в реле через модуль MiCOM P594. Упрощенная схема для пояснения роли модуля сигналов времени GPS для 2-концевой схемы приведена на рис. 38.

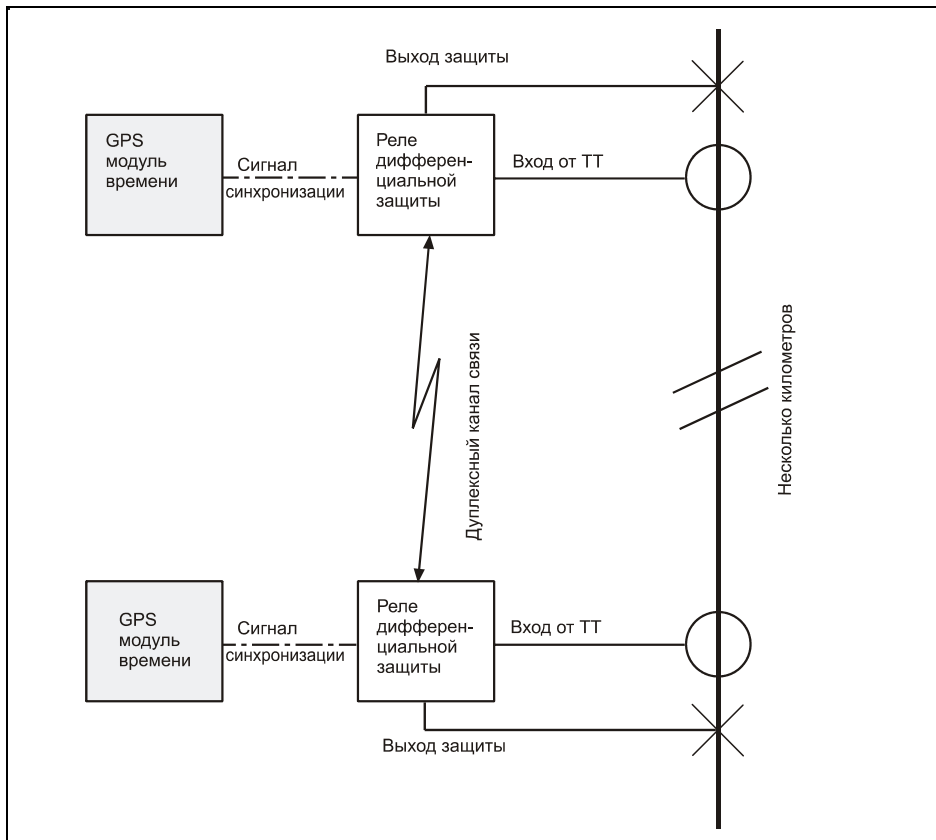


Рис. 38: Система защиты с использованием синхронизации времени по сигналам GPS

7.14.1 Выходной сигнал модуля синхронизации времени

Для снижения влияние помех, выходной сигнал от модуля синхронизации времени подается в реле по оптоволоконному кабелю. Сигнал представляет собой импульсы с частотой в 1 сек, длительностью в 200мс, как показано на рис. 39 и рис.40. Один модуль может быть использован для синхронизации времени на 4 реле в пределах одной подстанции, при подключении каждого реле по многомодовому оптоволокну 850нм с соединителями согласно п.7.1.1 и спецификации приведенной в таблице 41.

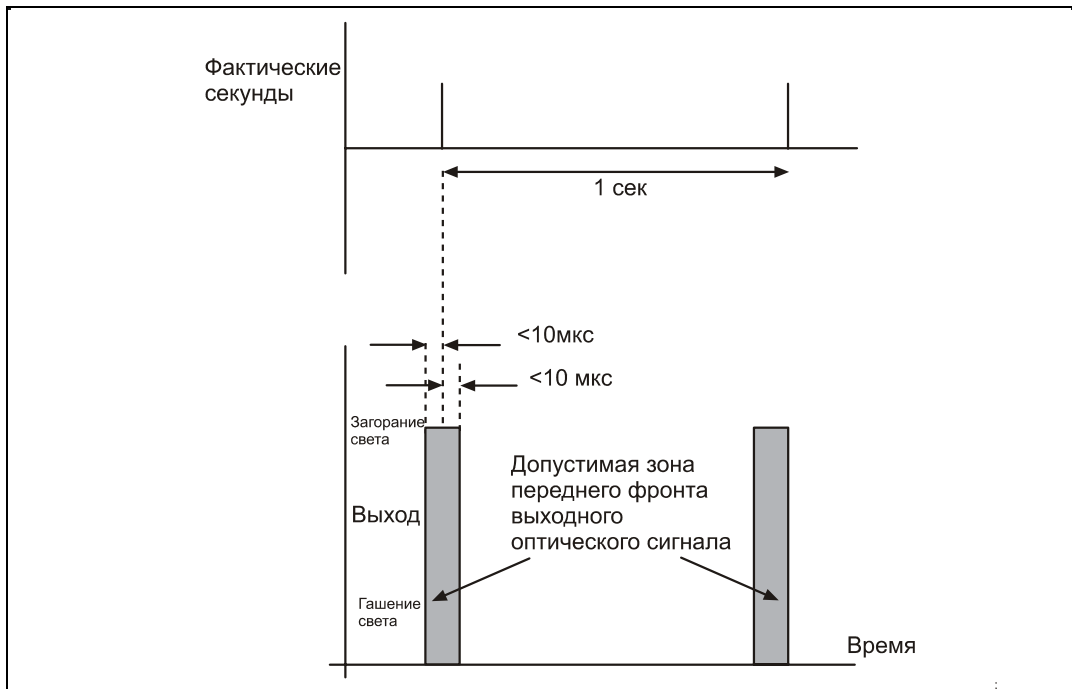


Рис. 39: Выходной оптический сигнал модуля синхронизации GPS

Разновременность сигналов двух модулей синхронизации времени (которые могут находиться на удалении друг от друга на несколько километров) не превышает 1,5 мкс, см. рис. 40. Сюда входит погрешность приемника сигналов GPS, и цепей связанных с этим, что дает суммарную погрешность в пределах всей системы 0,1%.

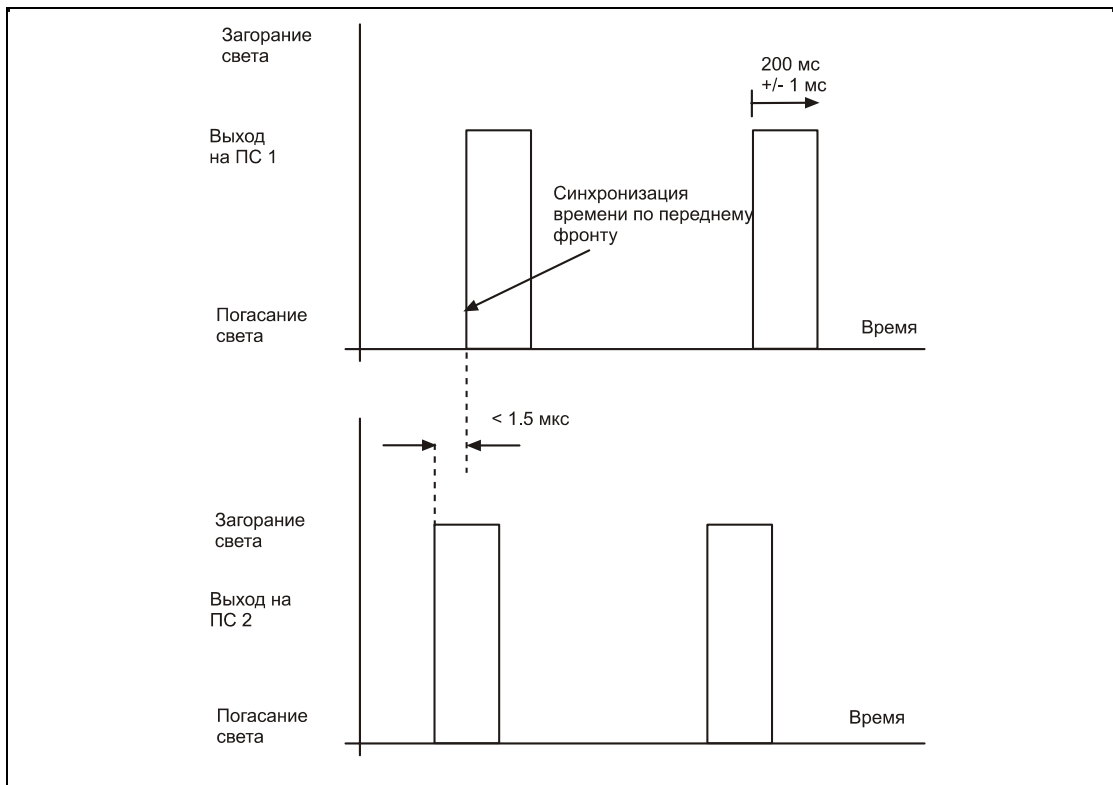
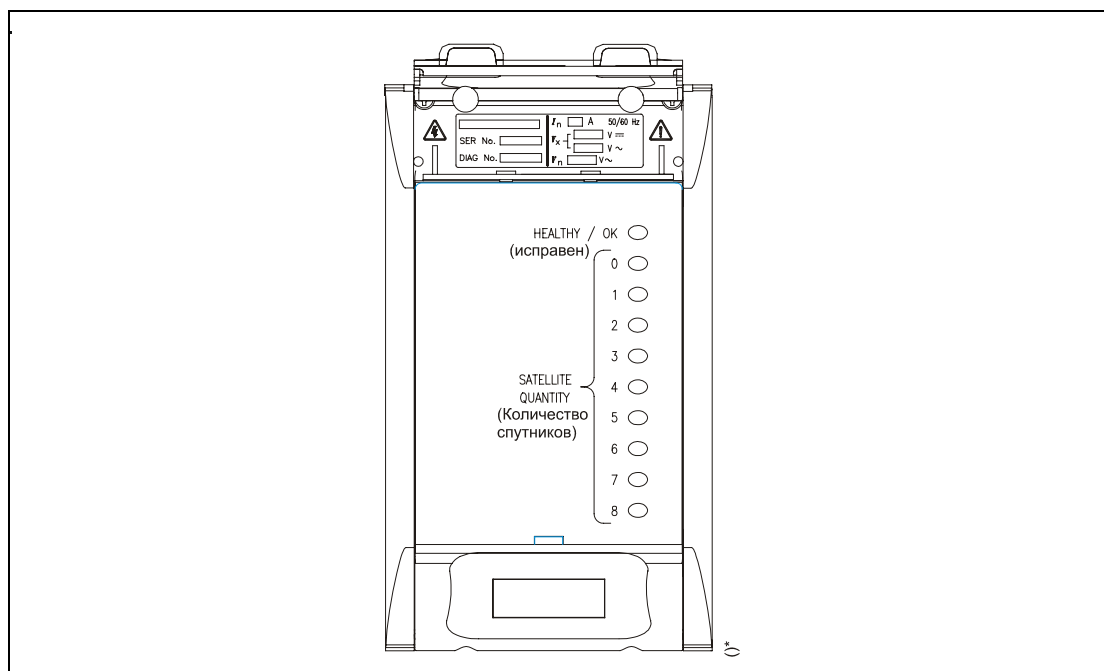


Рис. 40: Выход сигнала GPS на ближнем и удаленном конце линии

7.14.2 Работа P594

P594 поставляется с антенной и монтажным комплектом согласно описания в п.7.14.3. При включении питания загорается зеленый светодиод 'Healthy' (Исправен) сигнализирующий об исправности устройства. Вначале загорается красный светодиод «0» сигнализирующий о том, что модуль P594 не инициализировано и выходной сигнал на P540 не подается. Остальные красные светодиоды «1-3» и зеленые «4-8» сигнализируют о количестве спутников которые «видит» модуль P594. Время инициализации P594 может составить до 3 часов прежде чем устройство не обнаружит 4 и более спутников, прежде чем начнет выдавать выходной сигнал. Данная задержка гарантирует точность выдаваемых сигналов синхронизации времени. После того как устройство инициализировано при том что оно видит четыре и более спутников, красный светодиод «0» гаснет. Если количество определяемых спутников станет меньше чем 4, выходной сигнал отключается до тех пор пока количество спутников не достигнет 4 и более.

Если процедура инициализации завершена, то временные отключения и переключения антенны или снижение количества принимаемых спутников <4 и последующее восстановление необходимого минимального количества спутников не ведут к повторной задержке появления выходного сигнала как это происходит при подаче питания устройства. Однако перерыв питания P594 ведет к 3 часовому перерыву посылки выходных сигналов синхронизации на время инициализации P594.



При выполнении наладочных работ требуется выполнить измерение выходной мощности оптического сигнала, хотя большинство приборов измерения мощности оптического сигнала не способны измерить реальную мощность в условиях наличия сигнала в течении 200мс и последующей паузой в 800мс. Для решения проблемы предлагается использовать специальный тестовый режим, который запускается путем отключения антенны от P594. При этом нормальный выходной сигнал замещается сигналом частотой 250кГц, который может быть измерен. Этот режим сигнализируется миганием зеленого светодиода 'Healthy'. Реле P540 нечувствительно к такому сигналу и воспринимает его как потерю синхроимпульсов от GPS.

7.14.3 Опции P594

Для работы P594 требуется спутниковая антенна, которая входит к комплект поставки. Базовый комплект поставки состоит:

- Антенна ONCORE™ TIMING200
- 25 м кабеля с малыми потерями
- Разрядник защиты от перенапряжений
- Монтажный шест и скобы крепления

Для применения в условиях когда антенна монтируется на удалении более 25 м от P594 требуется монтажный комплект второго типа состоящий из:

- Базовый монтажный комплект
- 25 м кабеля с малыми потерями
- Линейный усилитель

Правильный монтаж приемной антенны очень важен для правильной работы P594 и P540. Более подробная информация приведена в Руководстве по монтажу (P594/RU IN).

7.14.4 Функциональная схема модуля синхронизации времени P594

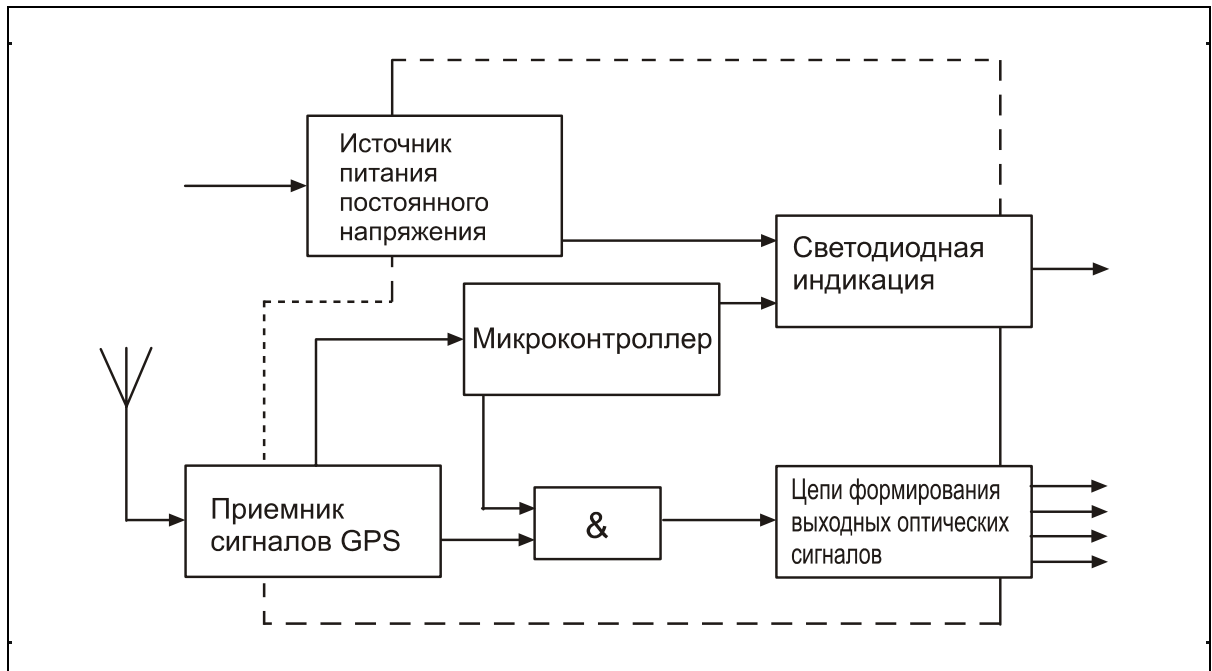


Рис. 41: Функциональная схема модуля синхронизации времени типа P594