



# MiCOM P54x

## Токовая дифференциальная защита



MiCOM P541 в корпусе 40TE



### Преимущества:

- Высокоселективная защита
- Многоуровневый контроль канала обмена данными.
- Интегрированные резервные органы, срабатывающие в режиме горячего резерва на случай перебоев в работе канала передачи данных

Серия устройств MiCOM P541-P546 реализует быстродействующую токовую дифференциальную защиту элемента сети.

Терминалы P54x разработаны для установки на воздушных линиях и кабелях, обмен данными выполняется посредством протяженных продольных (между концами линии) каналов связи. Возможные варианты интерфейсов: прямое оптоволоконное соединение или цифровые каналы с мультиплексированием.

Оптимальная селективность гарантируется измерением токов, втекающих и вытекающих из защищаемого элемента. При внутреннем КЗ осуществляется мгновенное отключение, предусмотрена отстройка от любых внешних КЗ.

Отключение осуществляется в соответствии с зарекомендовавшей себя и хорошо известной характеристикой сравнения дифференциального тока со сквозным током. Фазные дифференциальные органы в этом случае обеспечивают согласованное обнаружение металлических КЗ и КЗ через переходное сопротивление, выбор поврежденной фазы, отключение и индикацию.

В устройство интегрирован полный набор резервных защит. Это увеличивает надежность защиты, поскольку органы, находящиеся в горячем резерве (такие как дистанционные органы и органы максимального тока), могут быть введены в работу в любой момент при неполадках в работе канала связи.

### ОСНОВНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ

- > Токовая дифференциальная защита:
  - Пофазное измерение - точное определение поврежденной фазы
  - Применение на линиях и кабелях любой длины, с разной мощностью питания
  - Фазовая селективность, также при КЗ через переходное сопротивление
- > Возможность применения на многоконцевых элементах - каждое реле может работать по 2-х или 3-х концевой схеме
- > Адаптирована к применению на подстанциях и в сетях различной топологии:
  - Применение на линиях с силовым трансформатором в зоне (P541/P542)
  - Питание по полуторной схеме или схеме многоугольника (два блока входных ТТ на каждом конце) (P544/P546).
  - Компенсация погрешностей коэффициентов трансформации ТТ.
- > Интерфейсы для работы по каналам связи между концами объекта:
  - Обмен данными через прямое оптоволоконное соединение.
  - Мультиплексированные линии связи стандарта IEEE C37.94 TM.
  - Мультиплексированные линии связи G.703, V.35 и X.21.
  - Полный контроль работоспособности канала с регистрацией статистических данных канала.
  - Модели с GPS-синхронизацией для сетей SONET/SDH (P545/P546).
- > Расширенные возможности резервных защит:
  - 3 ступени дистанционной защиты с полным набором органов (P544-P546)
  - МТЗ, УРОВ и тепловая защита во всех моделях
- > Многократное АПВ с контролем (P542/P543/P545).
- > Программируемые схемы логики:
  - Адаптация устройства к конкретным требованиям схемы защиты и управления присоединением.

## ПРИМЕНЕНИЕ

Модели P541 и P542 применяются в тех случаях, когда подведение цепей напряжения не требуется. Эти устройства могут осуществлять только трехфазное отключение.

Модели P543-P546 могут применяться на линиях самого высокого класса напряжения, поскольку они предусматривают однофазное или трехфазное отключение и имеют входы напряжения. Наличие цепей ТН позволяет использовать дистанционную защиту, органы направления для МТЗ и ОМП.

Выбирайте модели P544 или P546 на объектах с первичной полуторной схемой, где раздельное измерение токов двумя наборами входных ТТ обеспечивает большую стабильность работы и позволяет функции УРОВ идентифицировать поврежденный выключатель.

Выбирайте модели P545 или P546, если требуется дополнительные функции оптических входов/выходов, когда дифференциальная защита должна быть синхронизирована от GPS. Мультиплексированные сети SONET/SDH тоже обычно требуют наличия этой функции.

Устройства серии MiCOM P54x поставляются в стандарте с полным набором функций защиты и управления. Колонка конфигурации в меню используются для выбора какие функции требуются пользователю при данном конкретном применении, а какие могут быть выведены.

Выведенные функции полностью удаляются из меню для упрощения процесса выбора уставок устройства.

Токовая дифференциальная защита принципиально требует задания нескольких уставок, большинство из которых обычно можно оставить равными заводским настройкам.

Устройства P54x поставляются готовыми к выполнению защиты.

ANSI	FEATURES	P541	P542	P543	P544	P545	P546
87	Пофазная дифференциальная защита	●	●	●	●	●	●
	2-х и 3-х концевые линии	●	●	●	●	●	●
	Фидеры с тр-рами в зоне защиты	●	●				
	Схемы с 2-мя выключателями				●		●
	Для работы в сетях SDH/SONET					●	●
	Прямое/удаленное телеоткл	●	●	●	●	●	●
	Только 3-х ф. отключение	●	●				
	Одно и трехфазн. отключение			●	●	●	●
79	АПВ - с попытками		4	4		4	
25	Контроль синхронизма			●		●	
50/51	Ненаправленная фазная МТЗ	●	●	●	●	●	●
50/51N	Ненаправленная МТЗ от ЗНЗ	●	●	●	●	●	●
67	Направленная фазная МТЗ			●	●	●	●
67N	Направленная МТЗ от ЗНЗ			●	●	●	●
67N	Чувствительная защита ЗНЗ			●	●	●	●
67W	Ваттметрическая защита ЗНЗ			●	●	●	●
21	Дистанционная защита			3	3	3	3
68	Блокировка от качаний			●	●	●	●
49	Тепловая перегрузка	●	●	●	●	●	●
FL	ОМП			●	●	●	●
BC	Обрыв проводника	●	●	●	●	●	●
VTS	Контроль цепей трансформатора напряжения			●	●	●	●
	Контроль выключателя	●	●	●	●	●	●
50 BF	Быстродействующий УРОВ	●	●	●	●	●	●
	Графический интерфейс (PSL) программируемой логики	●	●	●	●	●	●
TCS	Контроль цепей отключения	●	●	●	●	●	●
	Альтернатив. группы уставок	4	4	4	4	4	4
	Логические входы (оптопары)	8	16	16	16	24	24
	Контакты выходных реле	7	14	14	14	32	32

Устройства серии MiCOM P54x:-  
Установка, настройка, включение -  
готовы к работе

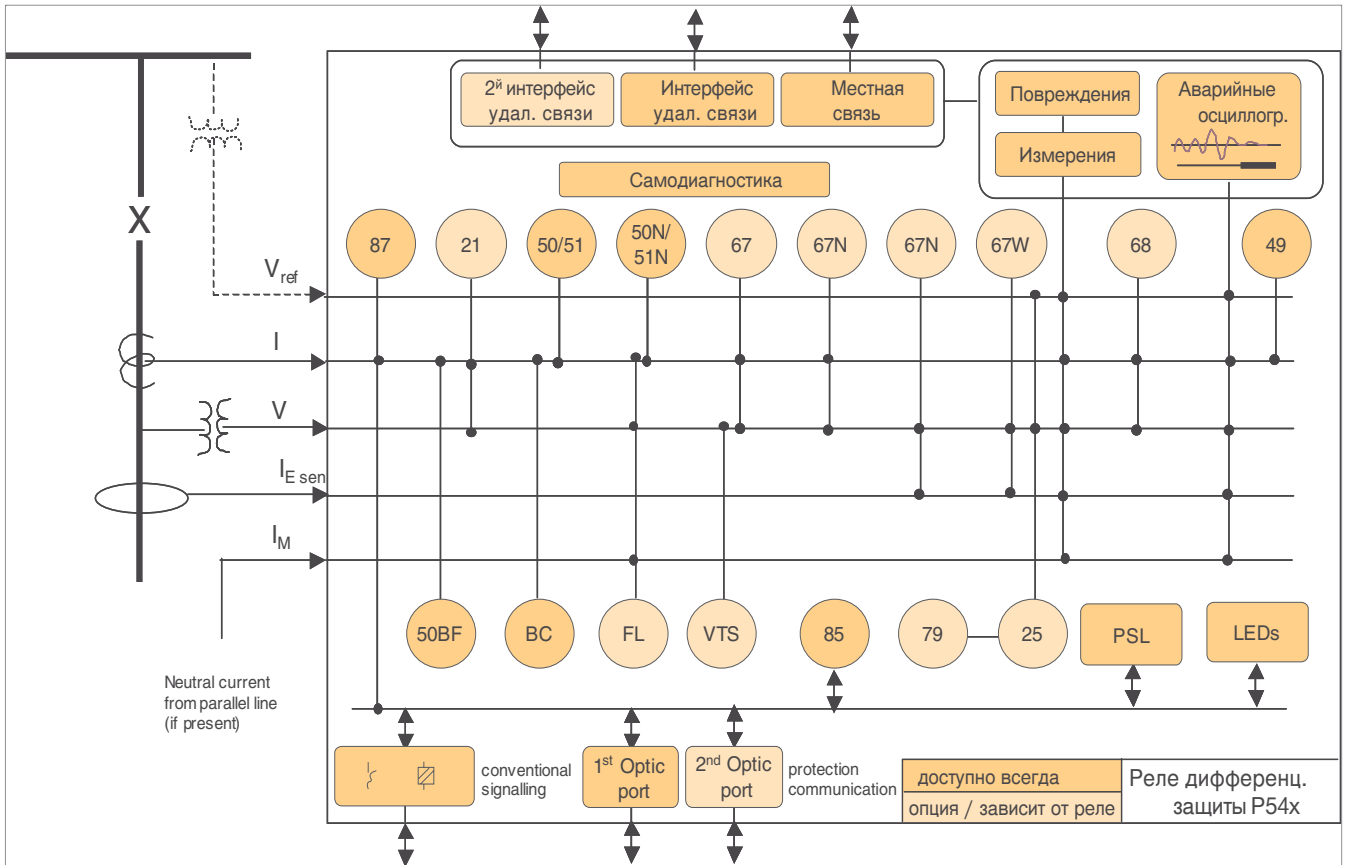


Рисунок 1. Обзор системы серии устройств P54x

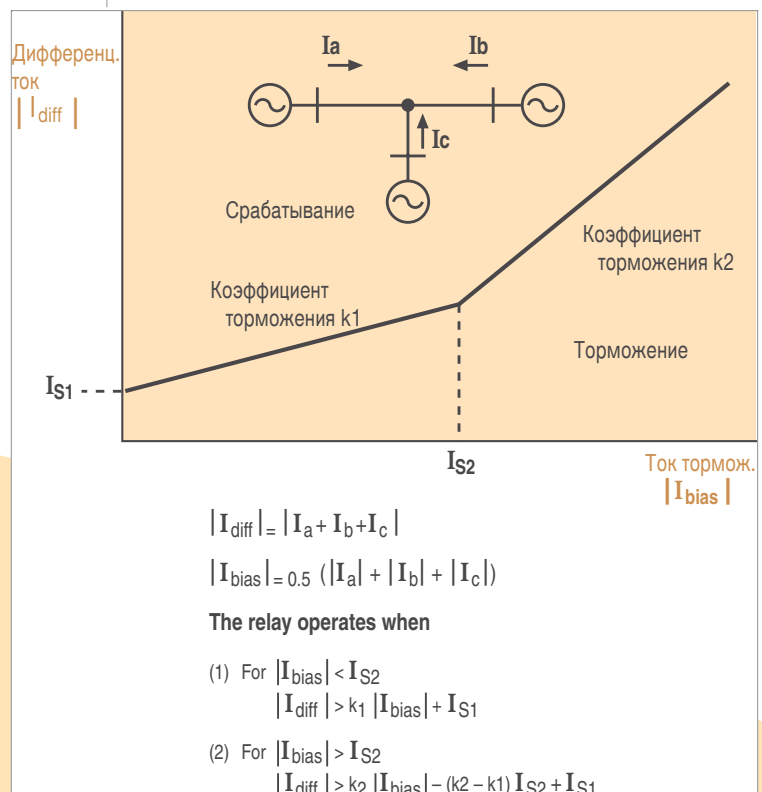
### ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНАЯ ЗАЩИТА

Это основная защитная функция устройств серии P54x - пофазная токовая дифференциальная защита. Алгоритм измерения очень надежен, он обеспечивает быстрое обнаружение внутренних КЗ и отстройку от внешних КЗ.

Алгоритм дифференциальной защиты имеет характеристику процентного торможения с двумя углами наклона, как показано на рисунке 2. При внутреннем КЗ возникает дифференциальный ток. Ток торможения - это ток, который течет через защищаемый объект, т.е. ток нагрузки или сквозной ток внешнего КЗ. Начальный наклон ( $k_1$ ) обеспечивает чувствительность при КЗ с низким значением тока, а наклон  $k_2$ , который больше, - предназначен для отстройки от насыщения ТТ.

Отображение дифференциальной характеристики в дифференциальной плоскости помогает при тестировании/вводе в эксплуатацию, а также обеспечивает визуализацию чувствительности схемы по току. Превосходная работа защиты при КЗ через большое переходное сопротивление, а также КЗ при слабом питании легко видна из этой характеристики - в отличие от характеристик, работающих в других плоскостях, когда их фактическая чувствительность может не быть наглядно видна.

Рисунок 2. Токовая дифференциальная защита с наклонной характеристикой торможения



## ТОПОЛОГИЯ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ СИГНАЛОВ ПО ПРОТЯЖЕННЫМ ЛИНИЯМ СВЯЗИ

Дифференциальная защита требует передачи информации о векторах тока между всеми концами схемы. На рисунках 3а - 3д отображены типовые конфигурации. Рисунок 3а показывает схему ВН/СВН, в которой в качестве канала связи может использоваться или прямое оптоволоконное соединение, или мультиплексированный канал связи. Рисунок 3б показывает треугольное соединение, которое требуется при защите трехконцевых объектов.

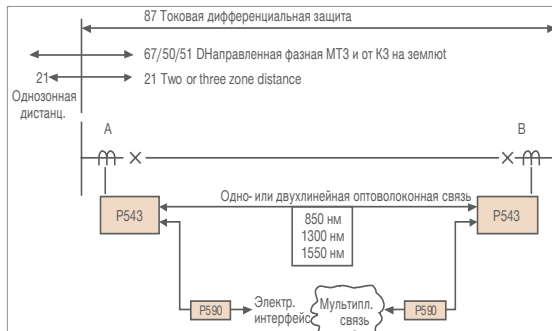


Рисунок 3 | Применение на 2-х концевых линиях

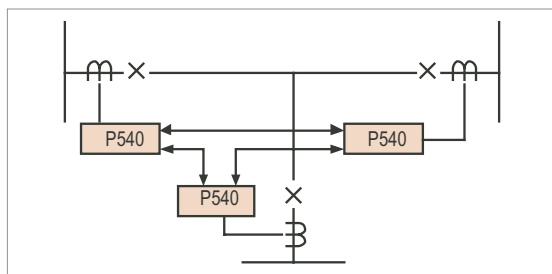


Рис. 3б | Расширение для перехода на работу на 3-х концевой линии

Рисунок 3с показывает простое прямое соединение реле, с использованием оптоволоконной пары. Рисунок 3д показывает вариант применения с использованием мультиплексированного канала, где P54х может быть напрямую подключен через оптоволоконно к IEEE C37.94 TM - совместимому мультиплексору (MUX), или где интерфейсный модуль MiCOM P59х выполняет оптико-электрическое преобразование для MUX. Преимущество заключается в том, что смешанные каналы выполнены на участках между объектами оптоволоконно, что исключает влияние помех, а также проблем с изоляцией/потенциалами.

Рисунок 3с | Прямое (непосредственное) соединение оптоволоконным кабелем

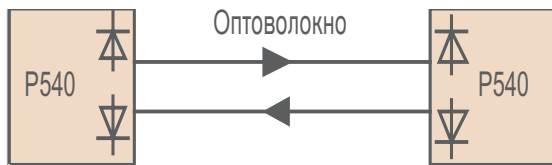
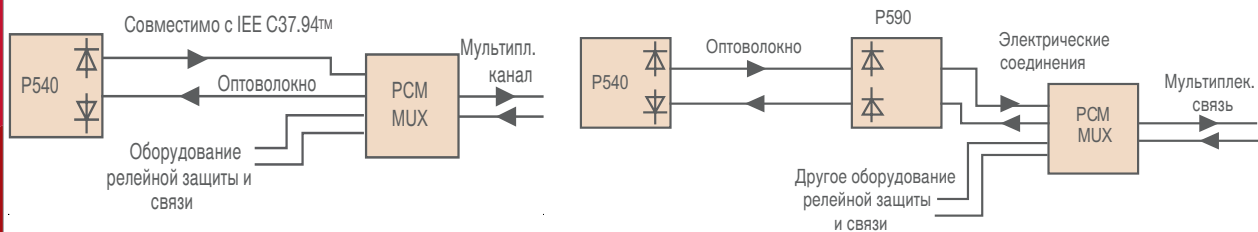


Рисунок 3д | Мультиплексированная связь - устройство подключено к удаленному мультиплексору PCM с помощью оптоволоконного кабеля (IEEE C37.94 TM -совместимый MUX) и через интерфейсный модуль P590



## ПРИМЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ

### > Трансформаторы

На рисунке 4 показан защищаемый объект - трансформатор. При таком применении выбирают P541 или P542, поскольку эти модели имеют возможность компенсации сдвига фаз, обусловленного векторной группой трансформатора, и фильтрацию токов нулевой последовательности в трансформаторе, находящемся в зоне защиты. Торможение по второй гармонике используется для обеспечения несрабатывания защиты при бросках тока намагничивания трансформатора.

В случаях, когда трансформаторы установлены на отпайках линии, устанавливать ТТ на отпайке не имеет смысла. Существует возможность отстройки дифференциальной защиты по времени от установленных "ниже" реле и предохранителей. В последнем случае внутренняя функция АПВ может использоваться для выполнения схем "сохранения предохранителей", что улучшает качество электроснабжения.

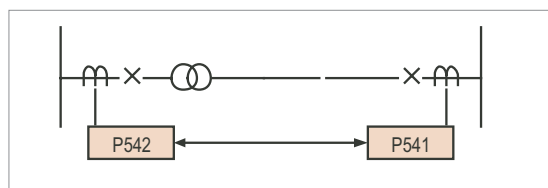
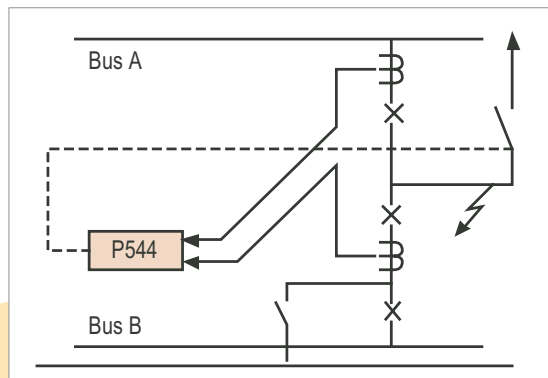


Рис. 4 | Применение на трансформаторах

### > Питание от 1,5-ной схемы, многоугольника, кольца

Устройства MiCOM P544 и P546 имеют два набора входов ТТ, см. Рисунок 5. Это значительно улучшает надежность на излишнее срабатывание, поскольку сквозной ток при внешнем КЗ на шинах за спиной устройства на данном конце будет измерен правильно. Таким образом не страшны отличия напряжений точки перегиба характеристик насыщения ТТ, и опасность проблемы нахождения наилучшей экспоненциальной точки для соединения вторичных обмоток ТТ в параллель уходит в прошлое. Кроме того, что важно, при отказе выключателя устройство может определить, какой именно выключатель отказал. Если линия отключена (линейный разъединитель отключен), а ошиновка остается под напряжением, устройство обеспечивает дифф. защиту ошиновки.

Рис. 5 | Применение в схемах с 2-мя выключателями (показано КЗ на ошиновке)



### > Применение на длинных линиях

Модели P543-P546 имеют входы напряжения и идеально подходят для применения на длинных линиях. Во-первых, эти модели имеют функцию ОМП, что позволяет точнее координировать работу ремонтных бригад. Во-вторых, применение компенсации емкостных токов позволяет устройству быть настроенным в соответствии с требованиями определения расстояния до места повреждения - без погрешности на емкостные токи.

### > Расширения сетей

Все модели P54x обеспечивают возможность их применения на двух- и трехконцевых линиях. Двухконцевая схема легко переконфигурируется, если добавляется новое трехконцевое соединение. Устройства P54x компенсируют отличия коэффициенты ТТ, даже если на разных концах линии вторичные токи разные - 1А и 5А. Это обеспечивает простоту настройки, а также возможность изменения первичной сети.

### > Дифференциальная защита с GPS-синхронизацией

На Рисунке 6 показано типовое кольцо SDH/SONET, в котором применяется самовосстановление. При такой топологии традиционное измерение задержки передачи сигнала (техника с "попеременным переключением"), которое основано на допущении, что задержки канала передачи и приема одинаковы, не может быть использовано. Реальный опыт эксплуатации показал, что разница между временем передачи сигнала, посланного через прямой канал (MUX узел В-С), и принятого через резервный канал (узлы С-D-E-F-A-B) может превышать период в j раз.

Загружать защиту для отстройки от разницы нецелесообразно, поэтому модели P545 и P546 имеют специальный оптический вход, который допускает подведение временных импульсов GPS. На всех концах линии используется модуль MiCOM P594 для того, чтобы обеспечить всем временным функциям общий временной базис. Это позволяет устройствам измерять фактическую задержку прохождения сигнала по любому каналу. запатентованная техника нейтрализации неисправности гарантирует непрерывность работы дифференциальной защиты, даже в случаях перерывов в работе GPS.

### > Телеотключение и другие сигналы, передаваемые от одного конца другому

Устройства серии P54x включают функцию дополнительных программируемых сигналов, которые передаются на противоположный конец помимо измерений от дифференциальной защиты. Возможна передача до 8 команд между концами, которые обычно используются для телеотключения, сигналов отключения от УРОВ и т.п.

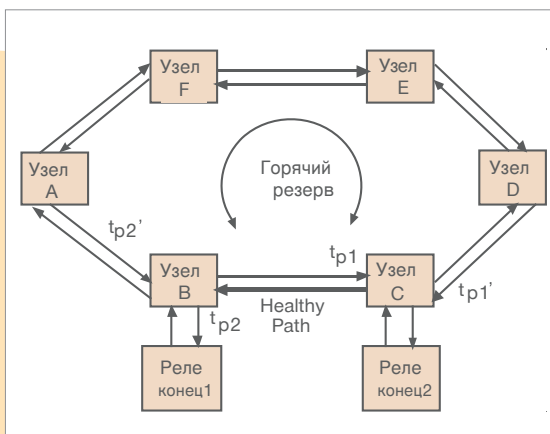


Рисунок 6 Сети SDH/SONET

## ОБМЕН ДАННЫМИ МЕЖДУ ЗАЩИТАМИ

### > Согласование обмена данными

Для обеспечения совместимости со стандартным оборудованием обмена данными устройства серии MiCOM P54x работают с пропускной способностью 56/64 кБит/с с каналами с кодово-импульсной модуляцией (PCM). Если MUX - IEEE C37.94 TM - совместимый, то устройство защиты можно подключить к нему напрямую оптоволоконным кабелем. Возможно также использование интерфейсов, совместимых с рекомендациями ITU-T G.821 для V.35, G.703 и X.21, с помощью применения интерфейсных модулей серии P59x (см. брошюру "Интерфейсные модули серии P59x").

При использовании прямого оптоволоконного соединения возможна организация канала с длиной волны 1300нм и 1550нм. Передатчики разработаны с "оптическим запасом", достаточным для работы с многокилометровыми кабелями, см. таблицу ниже.

Вариант порта реле	Типовая длина длина кабеля (км)
850 нм многомод. (к MUX)	1
1300 нм многомод.	30
1300 нм одномод.	60
1550 нм одномод.	80

### > Контроль обмена данными

Надежный обмен данными имеет высокое значение для дифференциальной защиты. Каждый активный канал контролируется независимо, и выдает статистику ошибок в линию под управлением ITU-T G.821.

Для выполнения горячего резерва на случай нарушений в канале обмена данными существует несколько способов. Можно использовать двойное резервирование каналов обмена данными, когда имеются дублированные связи, проложенные различными путями. В таком случае будут использоваться оба канала для передачи данных защиты CH1 и CH2. В качестве альтернативы, резервные дистанционные и максимальные токовые органы могут включаться в работу (или как параллельно работающая основная защита, или как временная защита, вводимая только на время нерабочего состояния канала).

Дифференциальная защита  
откалибрована в  
дифференциальной плоскости  
- без компромисса для  
селективности

## ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О РЕЗЕРВНЫХ ЗАЩИТАХ

### > МТЗ

Предусмотрены четыре ступени фазной и нулевой (от замыканий на землю) защиты с возможностью выбора стандартной характеристики выдержки времени IDMT (Рисунок 7). Имеется также чувствительная защита от замыканий на землю.

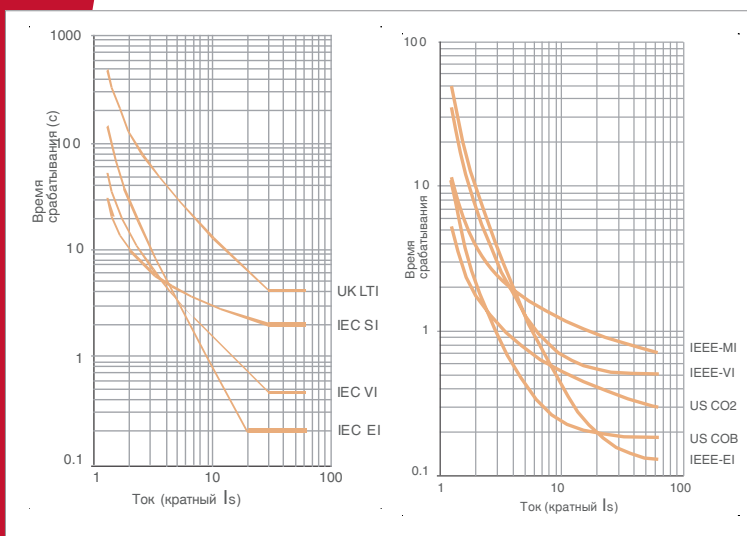


Рисунок 7 МЭК и IEEE/ANSI IDMT

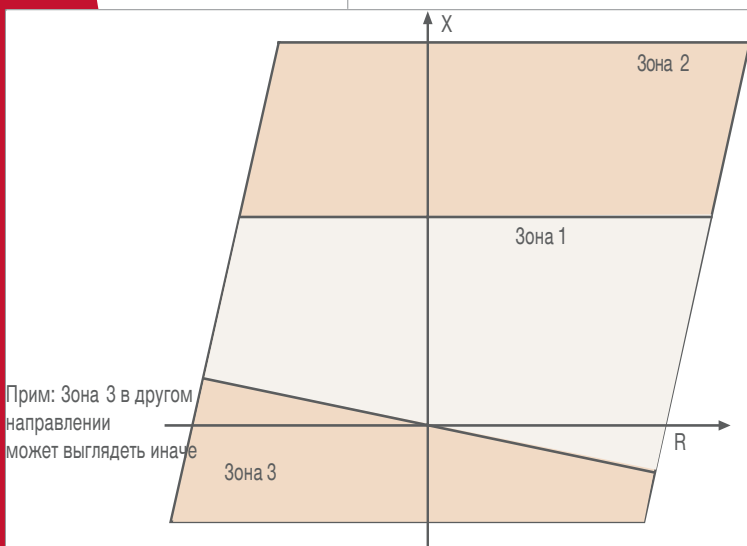
### > Обрыв проводника

Эта защита реагирует на процентное соотношение разбалансировки фаз, вызванное неполнофазным режимом.

### > Защита от тепловой перегрузки

Тепловая модель имеет сигнальную и отключающую ступени для, соответственно, предупреждения и защиты объекта в случае длительной перегрузки цепей.

Рисунок 8 Трехступенчатая дистанционная защита с характеристикой в виде параллелограмма



Прим: Зона 3 в другом направлении может выглядеть иначе

## РЕЗЕРВНАЯ ЗАЩИТА ВН/СВН

### > Дистанционная защита

Модели P543-P546 содержат трехступенчатую дистанционную защиту с полным набором органов. Характеристики срабатывания - параллелограммы, см. Рисунок 8. Характеристики обеспечивают хорошую чувствительность при дуговых (через переходное сопротивление) повреждениях, поскольку граница зоны по активному сопротивлению может быть задана высокой, а для наклона линии реактивного сопротивления каждой ступени используется адаптивная техника. Это исключает возможность недостаточной чувствительности/излишней чувствительности из-за протекания нагрузочного тока. При необходимости в работу может вводиться блокировка при качаниях, кроме того, можно запрограммировать и другие связанные с дистанционной защитой функции, такие как включение на повреждение и схемы телеускорения (простое назначение в программируемых схемах логики устройства - "PSL").

### ФУНКЦИИ КОНТРОЛЯ

#### > Быстродействующее УРОВ

Двухступенчатый УРОВ для отключения смежных выключателей и, если требуется, "действия на себя".

#### > Контроль цепей (предохранителей) ТН

Предусмотрен контроль цепей ТН для обнаружения отключения одной, двух или трех фаз ТН.

### УПРАВЛЕНИЕ

#### > Меню "горячих клавиш"

Команды отключения и включения выполняются с помощью "горячих клавиш" на передней панели устройства, что обеспечивает непосредственное управление выключателем без необходимости листания меню. Другие управляющие воздействия, например вкл./откл. и ввод/вывод легко программируются.

#### > АПВ с контролем синхронизма

Пользователь может выбрать одно-, двух-, трех- или четырехкратное АПВ.

#### > Программируемая логика

Мощная графическая логика позволяет пользователю адаптировать работу функций защиты и управления.

Предусмотрены логические элементы ИЛИ, И и большинство распространенных функций, с возможностью инвертировать входы и выходы и организовывать обратные связи. Система оптимизирована для гарантирования того, что выходные сигналы защит не задерживаются работой PSL.

Программируемая логическая схема конфигурируется с использованием графического редактора MiCOM S1 как показано на Рисунке 9. Релейные выходы могут конфигурироваться как "с запоминанием" (т.е. "с фиксацией") или "с самовозвратом".

### > Интерфейс пользователя

Интерфейс пользователя и тексты меню могут отображаться на английском, французском, немецком и испанском языках в стандарте поставки. Также поддерживается возможность изменять тексты меню и пояснения к сигналам.

### > Защита паролем

Защита паролем может быть независимо применена к интерфейсу пользователя на передней панели, переднему порту обмена данными и заднему порту обмена данными. Предусмотрена двухуровневая система защиты паролем, обеспечивающая доступ, соответственно, к управлению и уставкам.

### > Возможности измерения и записи

Все события, записи КЗ и повреждений выполняются с метками времени с точностью 1мс. В качестве опции возможно оборудование устройства портом IRIG-B для точной синхронизации по времени.

### > Измерения параметров энергосистемы

Предусмотрена возможность измерения мгновенных и интегральных значений напряжения, тока и мощности. Измерения можно просматривать в первичных или вторичных величинах.

## ПОСЛЕАВАРИЙНЫЙ АНАЛИЗ

### > ОМП

Алгоритм ОМП выдает расстояние до места повреждения в милях, километрах, Омах или в процентах от длины линии. Используемый хорошо зарекомендовавший себя алгоритм допускает наличие предаварийной наружки и сопротивления дуги.

### > Записи событий

До 500 записей событий с метками времени сохраняются в энергонезависимой памяти.

### > Записи КЗ

Сохраняются следующие данные о последних пяти КЗ:

- индикация поврежденной фазы
- сработавшая защита
- активная группа уставок
- ОМП (для моделей P543-P546)
- время срабатывания реле и выключателя

- Ток, напряжение и частота предаварийного режима и режима КЗ.

### > Записи повреждений (осциллограф)

Осциллограф имеет 8 аналоговых каналов, 32 дискретных канала и 1 канал времени. Записи повреждений можно выгрузить из устройства с помощью обмена данными с удаленного рабочего места и сохранить в формате COMTRADE, готовыми к просмотру.

## КОНТРОЛЬ ОБЪЕКТА

### > Контроль цепи отключения

Контроль цепи отключения может быть реализован с использованием оптронных входов и программируемой логической схемы.

### > Контроль положения выключателя

Генерируется аварийный сигнал, если имеет место несоответствие между нормально разомкнутыми и нормально замкнутыми блок-контактами выключателя.

### > Контроль условий работы выключателя

- Контроль количества операций отключения выключателя
- Запись суммарного тока отключений (режим работы по прерыванию тока)  
S I<sup>x</sup>, 1.0 J x J 2.0
- Контроль времени срабатывания выключателя

## ОБМЕН ДАННЫМИ С УДАЛЕННЫМ РАБОЧИМ МЕСТОМ

Предусмотрены два вспомогательных порта обмена данными; задний порт удаленного доступа, позволяющий осуществлять обмен данными с удаленным рабочим местом и передний порт, позволяющий осуществлять местный обмен данными. Дополнительный, второй задний порт можно заказать в качестве опции.

При заказе может быть выбран любой из перечисленных далее протоколов связи:

- Courier/K-Bus
- MODBUS
- IEC 60870-5-103
- DNP 3.0
- UCA2

### > Второй задний порт COURIER

Второй задний порт связи, заказываемый в качестве опции, предназначен, главным образом, для модемного доступа инженеров-релейщиков/операторов к устройству, когда основной порт занят обменом данными с системой SCADA.

Рисунок 9 Редактор PSL (MiCOM S1)

