РУКОВОДСТВО ПО ПРИМЕНЕНИЮ MICOM P125 / P126 / P127

ФАЗА II

СОДЕРЖАНИЕ

1.	**ВВЕДЕНИЕ**	**7**
1.1	**Защита воздушных и кабельных линий электропередачи**	**7**
1.2	**Направленные реле защиты серии MiCOM**	**8**
2.	**ФУНКЦИИ ТОКОВЫХ ЗАЩИТ И АВТОМАТИКИ**	**11**
2.1	**[67/50/51] Направленная/ненаправленная трехфазная МТЗ (P127)**	**11**
2.2	**[67] Направленная защита максимального тока**	**11**
2.2.1	Принцип работы	11
2.2.2	Синхронная поляризация	15
2.2.3	Внутреннее блокирование ступеней I>…I>>…I>>>	15
2.2.4	Рекомендации по выбору уставок	16
2.2.5	Применение направленной трехфазной защиты максимального тока	17
2.3	**[50/51] Максимальная токовая защита (P126 – P127)**	**19**
2.3.1	Функция мгновенной МТЗ [50/51]	19
2.3.2	Внутренняя блокировка I>…I>>… I>>>	19
2.3.3	Трехфазная защита максимального тока	20
2.4	**Направленная защита от замыканий на землю (P125, P126 и P127)**	**22**
2.4.1	Общие рекомендации по выбору уставок	23
2.4.2	Применение направленной защиты от замыканий на землю [67N] в сети с изолированной нейтралью	24
2.4.3	Характеристики ваттметрической защиты (Pe)	26
2.4.4	Вопросы применения	27
2.4.5	Защита IeCos	28
2.4.6	Когда используется **IeCos** и когда **Pe**	28
2.5	**Применение MiCOM P125 в качестве однофазного реле мощности**	**28**
2.5.1	Обзор	28
2.5.2	Подключение реле	29
2.5.3	Уставка угла максимальной чувствительности	30
2.5.4	Замена реле прямой/обратной мощности типа MWTU11/TWL1111	31
2.5.5	Применение функции измерения мощности	31
2.6	**Защита от теплового перегруза (P126 и P127)**	**32**
2.6.1	Характеристики постоянной времени	32
2.6.2	Математическая формула применимая к реле серии MiCOM:	33
2.6.3	Рекомендации по выбору уставок тепловой защиты от перегруза	34
2.7	**Защита минимального тока (P126 и P127)**	**34**
2.8	**Максимальная токовая защита обратной последовательности (P126 и P127)**	**34**

2.8.1 Рекомендации по выбору уставок I2 35

3. ЗАЩИТЫ ПО НАПРЯЖЕНЮ 37

3.1 Уставки для подключения цепей напряжения 37

3.2 Измерения напряжений выводимые на дисплей 38

3.3 Меню измерения 38

3.4 [59N] Защита при повышении напряжения нулевой последовательности (P125, P126 и P127) 38

3.4.1 Рекомендации по выбору уставок 38

3.5 [27] Защита минимального напряжения (P127) 39

3.5.1 Рекомендации по выбору уставок 39

3.6 [59] Защита максимального напряжения (P127) 40

3.6.1 Рекомендации по выбору уставок 40

4. ДРУГИЕ ФУНКЦИИ ЗАЩИТЫ ИНТЕГРИРОВАННЫЕ В P127 41

4.1 Защита по понижению/повышению частоты (81U/O) 41

4.1.1 Описание функции 41

4.1.2 Описание меню на ЖКД 41

4.2 3-фазная направленная защита по повышению мощности (32) 42

4.2.1 Описание функции 42

4.2.2 Индикация измерений мощности 42

4.2.3 Обзор 45

4.2.4 Описание меню на ЖКД 45

5. ОПИСАНИЕ РАБОТЫ И ПРИНЦИПЫ ВЫБОРА УСТАВОК ФУНКЦИИ АПВ (P126 & P127) 46

5.1 Доступные уставки 48

5.2 Конфигурирование логики работы АПВ 49

5.2.1 Ввод в работу 49

5.2.2 Уставки и функциональные настройки 49

5.2.3 Блокировка АПВ 53

5.2.4 Дискретные входы функции АПВ 54

5.2.5 Выходные реле функции АПВ 54

5.2.6 Светодиоды функции АПВ 54

5.2.7 Измерения связанные с функцией АПВ 54

5.2.8 Рекомендации по выбору уставок АПВ 55

5.2.9 Количество циклов (попыток автоматического выключения) 55

5.2.10 Уставка времени бестоковой паузы. 56

5.2.11 Согласование с предохранителями 58

6. ФУНКЦИИ УПРАВЛЕНИЯ И АВТОМАТИКИ 60

6.1 Команда отключения 60

6.2 Фиксация срабатывания выходных реле 60

6.3 Защита при обрыве проводника (P126 и P127) 60
6.3.1 Рекомендации по выбору уставок 61
6.3.2 Пример выбора уставок 61
6.4 Блокировка при броске тока намагничивания (только P127) 61
6.5 Функция Пуск-Наброс (P126 и P127) 62
6.5.1 Отопительная/охладительная нагрузка 63
6.5.2 Двигательная нагрузка 63
6.5.3 Защита от замыкания на землю для трансформатора 64
6.6 Функции МТЗ с управлением по напряжению (51V) и контроль цепей ТН 64
6.7 Дополнительные таймеры (P125, P126 и P127) 66
6.8 Схема логической селективности (P126 и P127) 66
6.9 Блокируемая направленная/ненаправленная МТЗ 67
6.10 Контроль положения выключателя 68
6.11 Мониторинг технического состояния выключателя (P126 и P127) 68
6.12 Параметры контроля технического состояния выключателя (P126 и P127) 68
6.12.1 Рекомендации по выбору уставок 69
6.13 Устройство резервирования отказа выключателя (УРОВ) 70
6.13.1 Уставки функции УРОВ 71
6.14 Контроль цепи отключения (P126 и P127) 71
6.14.1 Принцип контроля цепи отключения использованный в MiCOM P126 и P127 71
6.14.2 Расчет параметров внешнего резистора R1 75
6.15 Защита при ручном или автоматическом включении на повреждение (SOTF/TOR) (P126 и P127) 76
6.15.1 Общие вопросы 76
6.15.2 Описание принципа работы функции SOTF/TOR 76
6.16 Режим местного или дистанционного управления выключателем (P125, P126 и P127) 78
6.16.1 Общие положения 78
6.16.2 Выбор режима местного/дистанционного управления сигналом по логическому входу 78
6.16.3 Уставки 79
6.17 Логические уравнения (P126 и P127) 81

7. РЕГИСТРАЦИЯ (P125, P126 И P127) 83
7.1 Регистрация событий 83
7.2 Регистрация аварий 83
7.3 Регистрация пусков 83
7.4 Осциллографирование 83

8. ИЗМЕРЕНИЕ МАКСИМАЛЬНОГО И СРЕДНЕГО ПОТРЕБЛЕНИЯ (P126 И P127) 84
8.1 Среднее потребление 84
8.2 Максимальное потребление 85

9. ПЕРЕКЛЮЧЕНИЕ ГРУПП УСТАВОК (P125, P126 И P127) 85

9.1.1 Переключение групп уставок по логическому входу 86

9.1.2 Приоритеты 86

10. ИЗМЕРЕНИЯ 87

10.1 Измерения мощности и электрической энергии (P127) 87

11. ЛОГИЧЕСКИЕ ВХОДЫ И ЛОГИЧЕСКИЕ ВЫХОДЫ 89

11.1 Логические входы 89

11.2 Логические выходы 89

12. НАЛАДОЧНЫЙ РЕЖИМ 90

13. ТРЕБОВАНИЯ К ТРАНСФОРМАТОРАМ ТОКА 91

13.1 МТЗ с зависимой (IDMT) или независимой характеристикой (DT) и защита от замыканий на землю 91

13.2 МТЗ и ЗНЗ без выдержки времени (мгновенные ступени) 91

13.3 Чувствительная ЗНЗ (SEF) с независимой (DMT) /зависимой (IDMT) характеристикой 91

ЧИСТАЯ СТРАНИЦА

1. ВВЕДЕНИЕ

1.1 Защита воздушных и кабельных линий электропередачи

Надежная передача и распределение электрической энергии в энергосистеме в большой степени зависит от целостности подземных кабельных линий и воздушных линий электропередачи которые соединяют между собой отдельные части сети. Следовательно, связанные с ними устройства релейной защиты должны обеспечивать надежную и селективную работу.

Наиболее частым видом повреждения кабельных и воздушных линий электропередачи являются короткие замыкания. Эти замыкания могут быть между фазами, но наиболее частым видом замыканий являются замыкания при которых одна или более фаз замыкаются на землю.

С одной стороны отключение коротких замыканий должно выполняться с минимальным временем, но с другой стороны отключение должно быть селективным по отношению к другим устройствам релейной защиты установленным в системе.

Чувствительность защиты к коротким замыканиям является общим вопросом для электроустановок всех уровней напряжения. Для линий электропередачи сопротивление заземления опор может быть достаточно большим. Замыкания с большим сопротивлением также являются преобладающими на линиях проходящих по песчаной или скалистой местности. Повреждения проводников линии в таких условиях должны также быстро обнаруживаться и локализоваться.

Влияние сопротивления короткого замыкания наиболее сказывается в системах низкого напряжения, которое выражается в низких уровнях тока замыкания, что в свою очередь осложняет обнаружение повреждений через высокое сопротивление. В дополнение в ряде энергосистем используются специальные устройства заземления нейтрали для компенсации тока замыкания на землю.

Режимы работы нейтрали, такие как резистивные заземления, заземление через катушку Петерсена или изолированная нейтраль делают чрезвычайно трудной проблему обнаружения замыканий на землю. Для преодоления проблемы зачастую требуется использование специального оборудования.

В настоящее время первостепенное значение имеет бесперебойность энергоснабжения.

На воздушных линиях электропередачи большинство повреждений носят неустойчивый характер т.е. самоустраняются после отключения.

Для обеспечения большей стабильности работы сети используется многократное автоматическое повторное включение в сочетании с отключениями без выдержки времени. В случае возникновения устойчивых повреждений важно отключить только поврежденный участок сети. Быстродействующее селективное отключение повреждений является фундаментальным требованием к защите распределительной сети.

Силовые трансформаторы устанавливаемые в системах всех уровней напряжения имеют специфические требования к устройствам релейной защиты. Основным требованием является ограничение повреждения при замыканиях между обмотками разных фаз и замыкания на корпус.

Повреждения такого оборудования электроустановок как трансформаторы, кабельные и воздушные линии электропередачи может быть также вызвано недопустимым перегрузом, что ведет к перегреву и ухудшению изоляции. Для

защиты оборудования от таких режимов работы устройства защиты должны иметь также функции защиты от теплового перегруза.

Кроме этого необходимо принимать во внимание случаи неотключения повреждений при отказе устройств защиты данного присоединения или при отказе коммутационного оборудования. Устройства защиты присоединений должны иметь функцию определения отказа выключателя, а вышестоящие устройства защиты должны обеспечивать резервирование нижестоящих устройств.

Кроме этого на воздушных линиях электропередачи может произойти такое повреждение как обрыв проводника одной из фаз. Данный вид продольного повреждения обычно выявляется значительно сложнее.

Использование цифровых технологий в релейной защите позволяет в настоящее время иметь устройства реагирующие на подобные нарушения работы сети и действующие на сигнал или отключение.

В большой сети необходимость согласования уставок токовых защит по времени и току срабатывания может представлять значительную сложность, а также часто ведет к большим временам отключения. Подобная проблема может быть решена путем использования релейных схем блокирования максимальных токовых защит.

1.2 Направленные реле защиты серии MiCOM

Реле серии MiCOM являются продуктом компании АРЕВА Передача и Распределение использующим последние достижения цифровых технологий. Данная серия реле включает широкий спектр устройств предназначенного для защиты различных видов оборудования энергосистемы, таких как электродвигатели, генераторы, фидеры, воздушные и кабельные линия электропередачи.

Для обеспечения максимальной унификации, терминалы защиты данной серии выпускаются на базе единой аппаратной платформы и программного обеспечения. Одним из устройств данной серии является реле направленной максимальной токовой защиты от междуфазных и однофазных замыканий. Направленное реле максимального тока обеспечивает защиту для различных случаев применения, включая воздушные и кабельные линии электропередачи магистральных и распределительных сетей.

В реле также интегрирован ряд дополнительных функций облегчающих диагностику работы системы и послеаварийный анализ. Все данные функции доступны для пользователя.

Имеет три модели направленных реле максимального тока: P125, P126 и P127.

Оптимальная стоимость применения устройства достигается широкими функциональными возможностями терминалов.

Функции защиты и дополнительные функции каждой из моделей реле сведены в приведенную ниже таблицу.

КОД ANSI	ФУНКЦИИ	P125	P126	P127
50/51P/N	1 фазная МТЗ или 1 фазная ЗНЗ	o		
50/51	3 фазная МТЗ (от м/ф КЗ)		o	o
50/51N	Максимальная токовая защита от 1 фазных КЗ		o	o
67P	3 фазная направленная МТЗ от м/ф КЗ			o
67N	Направленная токовая защита от 1 фазных КЗ	o	o	o
51V	МТЗ контролируемая напряжением			o
37	3 фазная защита минимального тока		o	o
46	МТЗ обратной последовательности		o	o
27/59	Пофазная защита по повышению/по понижению напряжения (работа в режимах «И» или «ИЛИ»)			o
59N	Защита по повышению напряжения 3Uo	o	o	o
32	Направленная защита по мощности			o
32N	Защита от 1ф. КЗ по активной мощности КЗ (Ваттметрическая защита)	o	o	o
81U/O	Защита по повышению/понижению частоты сети			o
49	Защита от теплового перегруза		o	o
86	Фиксация срабатывания (подхват) выходных реле	o	o	o
79	Автоматика повторного включения (АПВ)		o	o
50BF	Обнаружение отказа выключателя (УРОВ)		o	o
46BC	Обнаружение обрыва проводника линии по I2/I1		o	o
	Логическое блокирование	o	o	o
	Тестирование выходных реле (режим наладочных проверок)	o	o	o
	Режимы местного/дистанционного управления выключателем	o	o	o
	Контроль целостности цепи отключения и мониторинг технического состояния выключателя		o	o
	Пуск – наброс (отстройка токовых защит от броска пускового тока нагрузки)		o	o
	Схема логической селективности работы реле		o	o
	Блокировка при броске тока намагничивания			o
	Ускорение защит при включении на КЗ (ВКПОВ)		o	o
	Выбор направления чередования фаз (сети)			o
	Контроль исправности цепей ТН (КЦИ ТН)			o

Направленные реле максимальной токовой защиты разработаны для обеспечения большей функциональности в части релейной защиты, измерений, автоматики и управления в любой электрической сети среднего уровня напряжения.

Специфическая конструкция этих направленных реле делает возможным различные варианты применения, такие как: потребитель электроэнергии на уровне среднего напряжения, кабельная линия, воздушная линия электропередачи и т.п. Функции защиты от междуфазных замыканий и замыканий на землю предусматривают

мгновенные (без выдержки времени) и замедленные (в выдержкой времени) выходные сигналы.

Реле могут работать в сети с нейтралью зеземленной через индуктивное сопротивление, при использовании заземления нейтрали через устройство с резонансной настройкой, такое как катушка Петерсона, а также в сети с изолированной или глухозаземленной нейтралью.

Использование функций защиты в сочетании с логикой блокирования позволяет оптимизировать систему защит в сети и уменьшить времена отключения повреждений.

Выдержка времени первой и второй ступеней фазной токовой защиты и защиты от замыканий на землю по выбору пользователя может быть установлена фиксированной или инверсной (обратнозависимой) (по стандартам IEC, ANSI/IEEE, CO, RI или RECT).

Для ваттметрической/IeCos и токовой защиты обратной последовательности может быть установлена фиксированная (независимая) или инверсная (обратнозависимая) выдержка времени срабатывания (по стандартам IEC, ANSI/IEEE, CO, RI или RECT) только для первой ступени.

Широкий выбор характеристик защиты облегчает адаптацию данных направленных токовых реле к другим реле уже установленными в прилегающей сети независимо от их типа.

2. ФУНКЦИИ ТОКОВЫХ ЗАЩИТ И АВТОМАТИКИ

2.1 [67/50/51] Направленная/ненаправленная трехфазная МТЗ (P127)

Направленная либо ненаправленная МТЗ имеет три ступени

Каждая ступень может быть задана как направленная или ненаправленная; если выбрана уставка (Yes – Да), защита работает как обычная трехфазная ненаправленная МТЗ от междуфазных КЗ.

Если задана уставка (DIR – Направленная), реле работает как трехфазная направленная защита (относится только к P127), если задана уставка (NO – Нет), то это означает, что данная ступень выведена из работы (не используется).

Уставка тока срабатывания третьей ступени защиты, по желанию пользователя, может быть установлена на работу по пиковому значению измеренного значения фазного тока (по выборкам сигнала).

При этом, заданная уставка срабатывания сравнивается с максимальным мгновенным (пиковым) значением измеренного фазного тока.

Работа по пиковым значениям может быть использована в случаях, когда из-за насыщения трансформаторов тока измерения могут существенно искажаться.

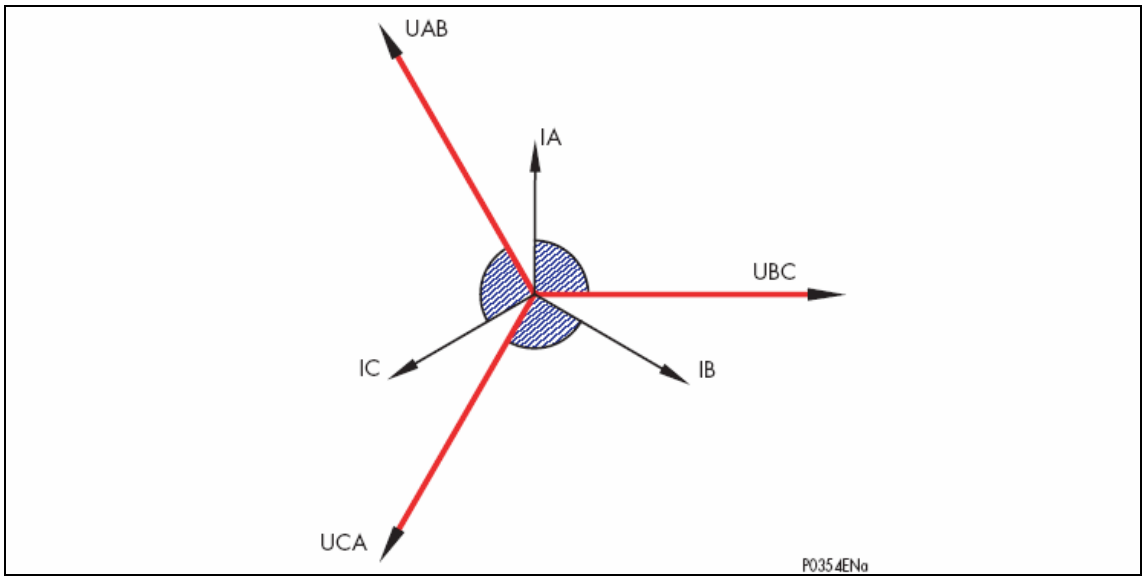
2.2 [67] Направленная защита максимального тока

2.2.1 Принцип работы

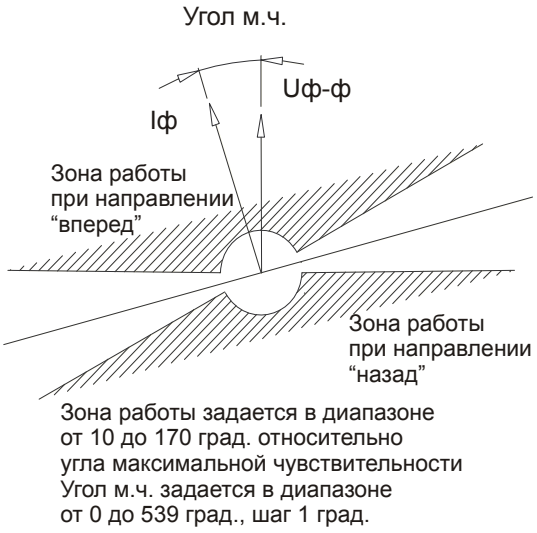
В случае если ток замыкания может протекать по реле в обоих направлениях, необходимо для селективной работы защиты использовать направленные токовые защиты. Типовыми случаями необходимости использования направленных защит довольно часто встречающимися в распределительной сети, являются параллельные фидеры (как с трансформаторами так и без) и кольцевая сеть.

Для обеспечения направленности реле максимального тока необходимо подать в него опорное напряжение или другими словами напряжение поляризации. В качестве опорного напряжения чаще всего используется напряжение системы, поскольку его фаза остается относительно постоянной при коротких замыканиях. Фазные органы направления реле используют в качестве напряжения поляризации сдвинутое на 90^0 линейное напряжение в соответствии со следующей таблицей:

Защищаемая фаза	Рабочий ток	Напряжение поляризации
Фаза A	IA	VBC
Фаза B	IB	VCA
Фаза C	IC	VAB



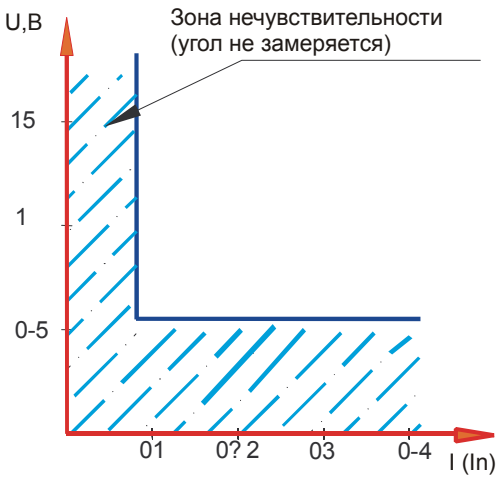
При коротком замыкании в системе, ток КЗ обычно отстает от напряжения на угол пропорциональный коэффициенту системы X/R.



Важно обеспечить работу реле с максимальной чувствительностью к токам лежащим в этой области.

Это достигается уставкой характеристического угла (RCA) (иногда называют углом максимальной чувствительности или момента). Данная уставка задает угол на который должен быть сдвинут ток подаваемый в реле относительно напряжения для получения максимальной чувствительности органа направления.

Кроме этого в реле задается ширина зоны срабатывания относительно заданного угла максимальной чувствительности.



Вычисление угла между фазным напряжением и фазным током зависит от величины напряжения и тока.

Заштрихованная область показывает зону в которой возможен расчет угла, т.е. определение направленности.

Уставки каждой из направленных ступеней включают:

- Ток срабатывания

- RCA – Угол максимальной чувствительности / максимальный момент и ширина зоны срабатывания

Напряжения в системе обеспечивают сигнал (напряжение) поляризации (выбора направления). Минимальное напряжение необходимое для определения направленности составляет 0,6В вторичных для реле с номинальным диапазоном входного напряжения 57-130В и 3В для реле номинального диапазона 220-480В (реле прямого подключения).

Выдержка времени первой и второй ступеней может быть установлена фиксированной (т.е. независимой от тока КЗ) или инверсной (обратнозависимой) (по стандартам IEC, ANSI/IEEE, CO, RI или RECT). Параметры данных кривых приведены в разделе **Технические данные и характеристики срабатывания** настоящего технического руководства.

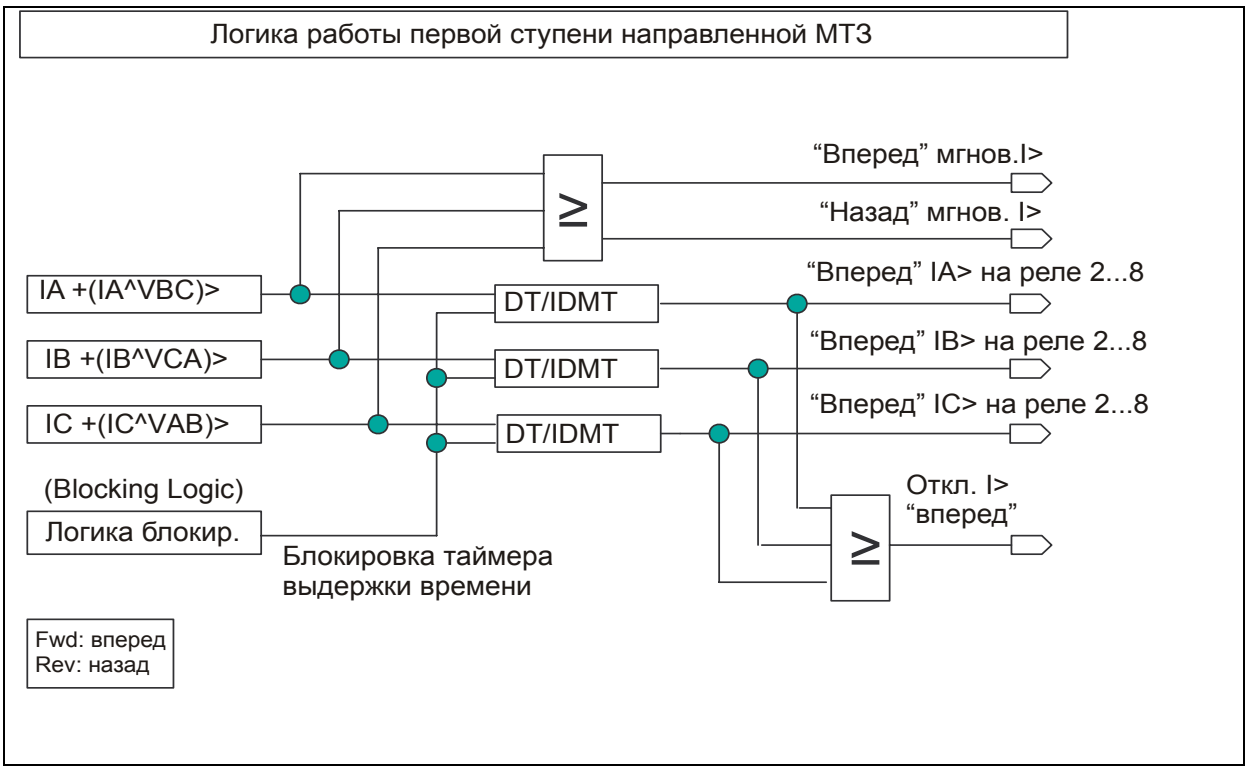
Для третьей ступени может быть использована только независимая (фиксированная) выдержка времени, но при этом в ненаправленном режиме работы данная ступень может работать по пиковым значениям тока.

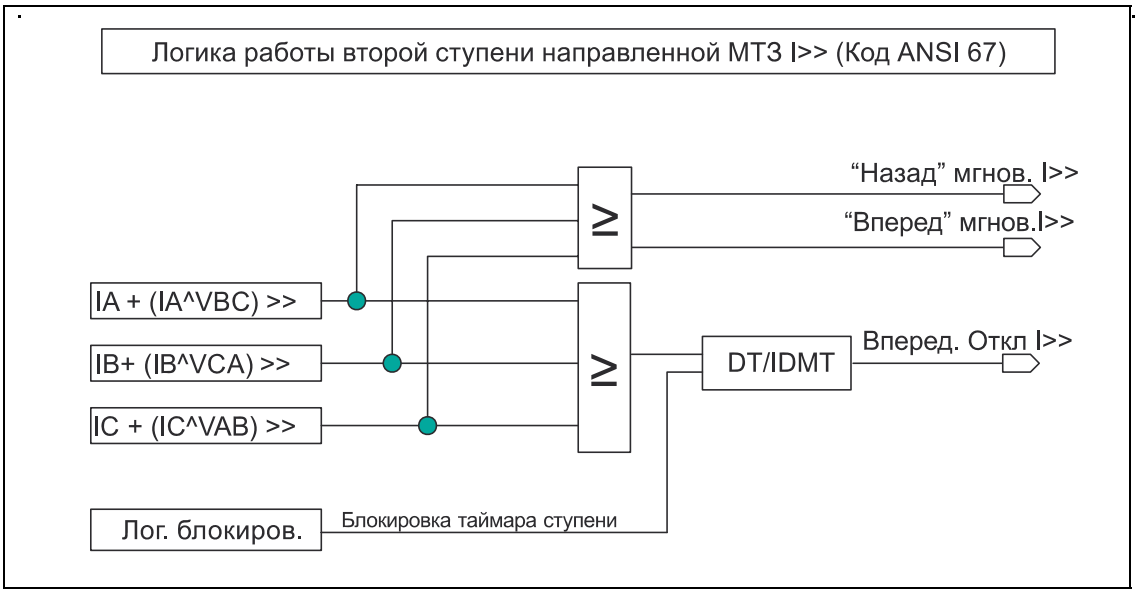
Команда отключения от данной защиты может быть сформирована при выполнении следующих условий:

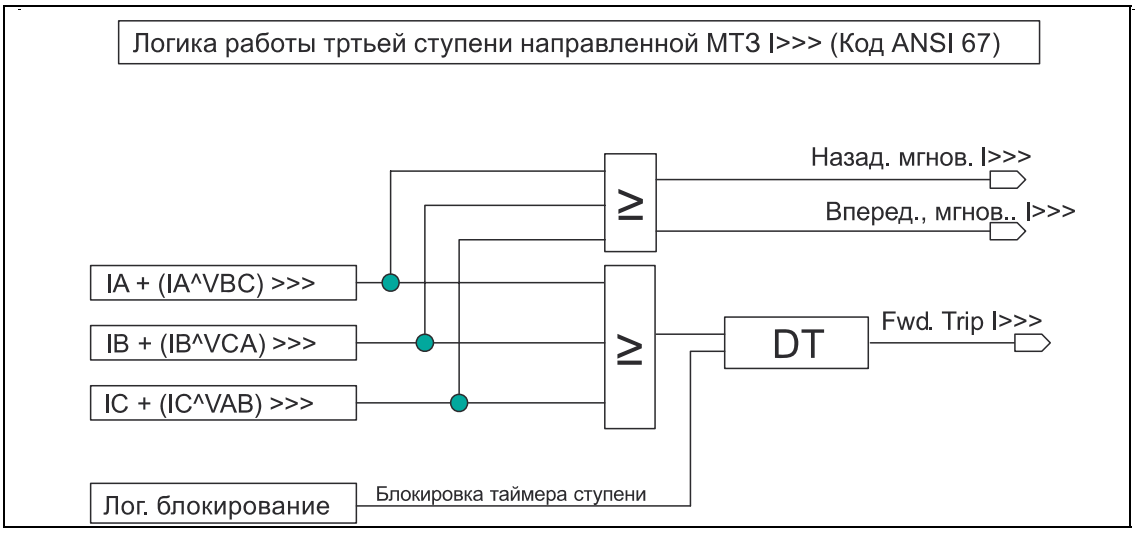
- ток в одной из фаз превысил уставку срабатывания;

- вектор тока расположен в области срабатывания заданной для данной ступени.

На следующем рисунке показана функциональная схема каждой из ступеней.







На следующих рисунках в качестве примера показаны окна меню в которых первая направленная вперед ступень с выдержкой времени и первая же ступень без выдержки времени направленная обратно назначаются на различные выходные реле. Аналогичные возможности имеются для 2-й и 3й ступеней.

tI>	**8 7 6 5 4 3 2**
	0 0 0 0 1 0 0

Назначение первой направленной вперед ступени с выдержкой времени (tI>) на выходное реле 4 (RL4). Назначение выполняется заданием значения **1** для выбранного выходного реле. 0 – означает, что реле не выбрано.

I_R>	**8 7 6 5 4 3 2**
	0 1 0 0 0 1 0

Назначение первой направленной назад ступени без выдержки времени (I_R>) на выходные реле 3 и 7 (RL3 и RL7).

2.2.2 Синхронная поляризация

Органы направления максимальной токовой защиты поляризуются линейный напряжением сдвинутым на 90^0 по отношению к соответствующему фазному току.

Абсолютное значения фазы напряжения измеряется в каждом периоде и последнее значение сохраняется в памяти реле.

В случае близкого трехфазного короткого замыкания т.е. когда напряжение поляризации недостаточно для определения направления мощности КЗ, используется режим синхронной поляризации.

Минимальное напряжение необходимое для определения направленности составляет 0,6В (фиксированное значение) для реле с номинальным диапазоном входного напряжения 57-130В и 3В (фиксированное значение) для реле номинального диапазона 220-480В.

При напряжении выше приведенных значений используется стандартная процедура поляризации (по измеряемым значениям напряжений), при напряжении ниже минимальных значений используется синхронная поляризация (вектор напряжения, сохраненный в памяти реле). Режим синхронной поляризации продолжается до восстановления значения входного напряжения.

Однако, если напряжение на входе реле исчезает на время более чем 5 сек, направленные ступени МТЗ от м/ф КЗ блокируются.

2.2.3 Внутреннее блокирование ступеней I>…I>>…I>>>

Использование данной функциональной возможности становится доступным лишь при использовании зависимой характеристики срабатывания (IDMT) для первой ступени защиты.

На следующих рисунках показаны окна меню в которых можно ввести или вывести данную функциональную возможность.

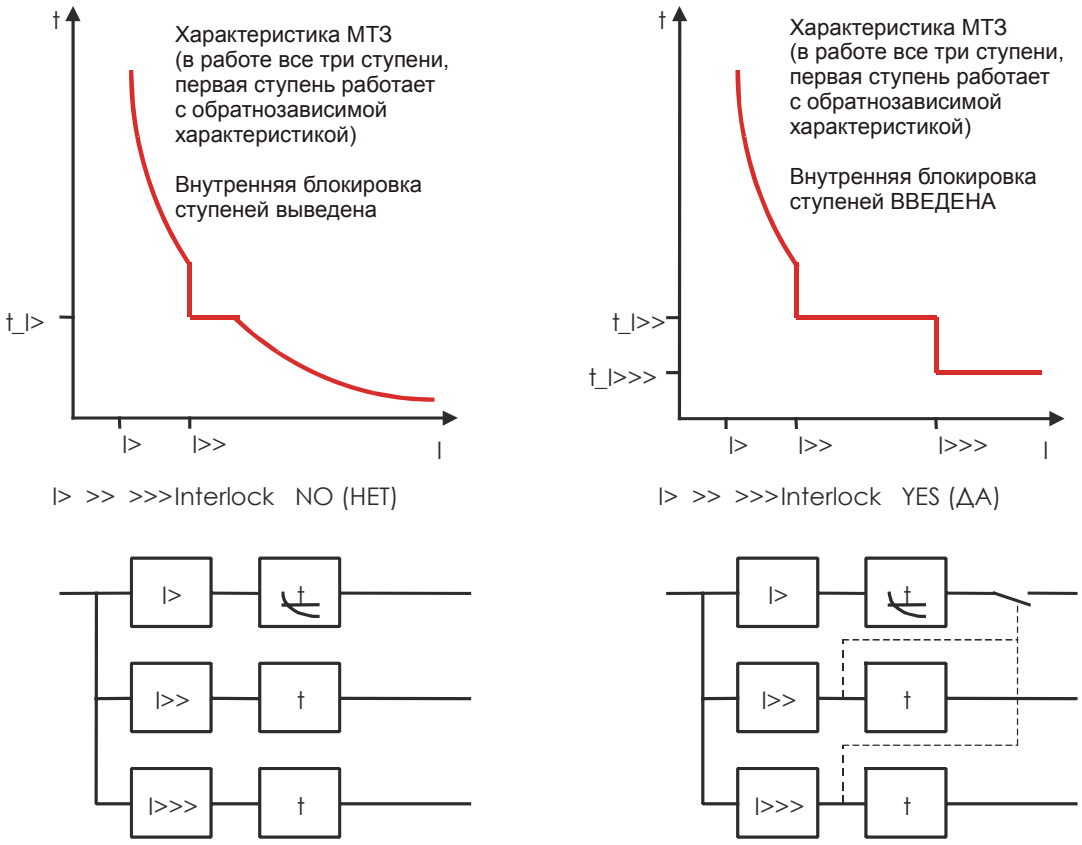
I> >> >>>	
Interlock	**Yes**

Блокирование первой ступени от второй и третьей ступеней, но только в случае использования зависимой выдержки (IDMT) для первой ступени.

Доступный выбор: No (Нет), Yes (Да)

Использование данной функции позволяет при превышении уставок срабатывания 2 – й и 3-й ступеней приостанавливать (блокировать) выходной сигнал от 1-й ступени для сохранения селективности работы защит.

На приведенном ниже рисунке показано изменение характеристики первой ступени защиты для случая использования (ДА) и не использования (НЕТ) данной функциональной возможности.



2.2.4 Рекомендации по выбору уставок

Уставки, задаваемые в реле направленной защиты максимального тока, зависят от конкретного применения реле. На параллельно работающих фидерах ток нагрузки, протекающий в реле, всегда лежит вне пределов области срабатывания. Соответственно уставка тока срабатывания может быть меньше чем ток максимального нагрузочного режима, типовое значении 50% от In (Iном.).

При выборе уставки необходимо принимать во внимание минимальное значение уставки которое может быть задано в реле исходя из его термической стойкости. На некоторых электромеханических реле допустимый длительно протекающий в реле ток не может более чем два раза превышать заданную в реле уставку. Следовательно, 50% от In было минимальным значением уставки МТЗ задаваемой в таких реле.

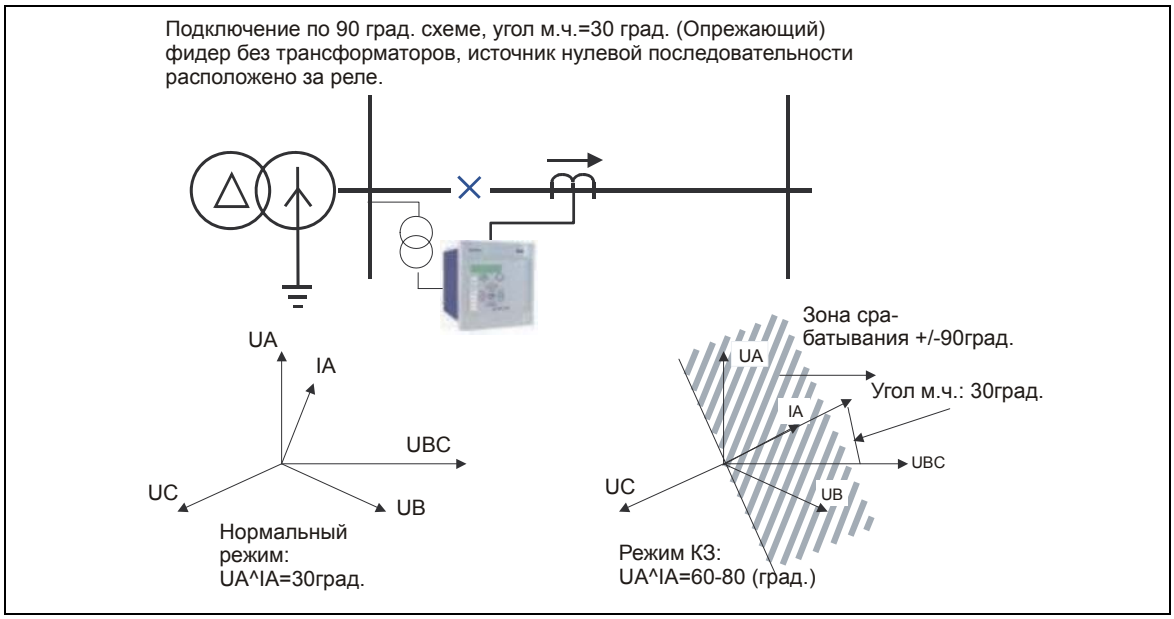
В последних поколениях реле длительно допустимый ток составляет 4 x In. Следовательно, для реле данного типа можно, при необходимости, задавать и значительно более чувствительные уставки.

В кольцевой сети, ток нагрузки, протекающий в реле, может иметь то или иное направление, в зависимости от места его установки. Соответственно, уставка срабатывания должна быть выше максимального тока нагрузки, аналогично уставкам ненаправленных защит максимального тока.

Уставка характеристического угла ($\varphi_{МЧ}$) направленного реле зависит от конкретного случая использования данного реле.

Например, для простых фидеров, там где источник нулевой последовательности расположен за реле, характеристический угол устанавливает равным 30^0.

Данный пример проиллюстрирован на следующем рисунке.

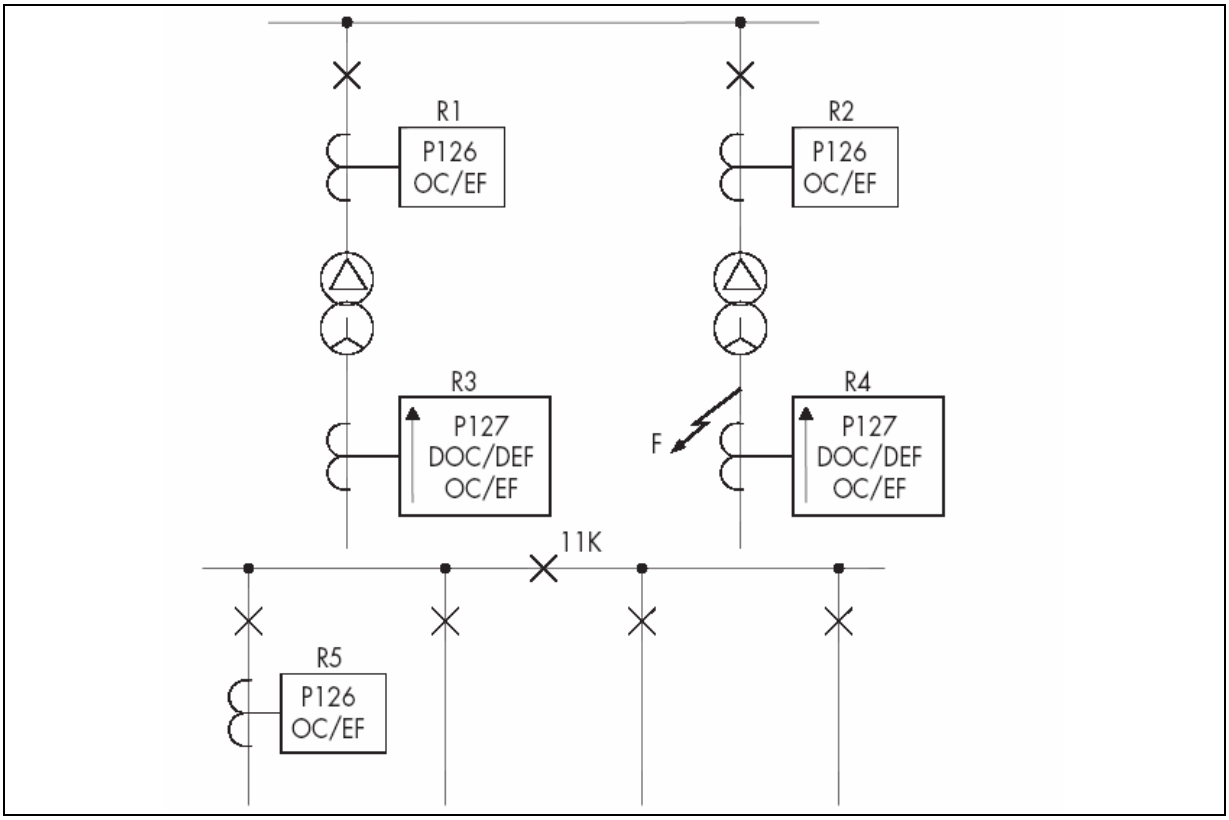


На MiCOM P127 характеристический угол реле (или угол максимального момента) (RCA) может быть задан в диапазоне от 0^0 до $+359^0$ с шагом в 1^0. Ширина зоны срабатывания «привязанной» к заданному углу максимальной чувствительности может задаваться в диапазоне от $\pm10^0$ до $\pm170^0$ с шагом в 1^0.

Дополнительная информация относительно диапазонов регулирования уставок направленной защиты максимального тока приведена в разделе **Технические данные и Характеристики срабатывания.**

2.2.5 Применение направленной трехфазной защиты максимального тока

2.2.5.1 Параллельные фидеры



ТИПОВАЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНАЯ СЕТЬ С ДВУМЯ ТРАНСФОРМАТОРАМИ ВКЛЮЧЕННЫМИ НА ПАРАЛЛЕЛЬНУЮ РАБОТУ

На приведенном выше рисунке показан участок типовой распределительной сети с двумя силовыми трансформаторами включенными параллельно.

В таком случае короткое замыкание в точке ‘F’ может привести к срабатыванию на отключение реле R3 и R4 и тем самым обесточить шины напряжения 11кВ.

Соответственно при данной конфигурации системы, необходимо использовать установленные там же направленные защиты ориентированные в сторону своего питающего трансформатора.

Уставки этих реле должны быть согласованы с реле R1 и R2 таким образом, чтобы обеспечить селективное отключение подобных повреждений.

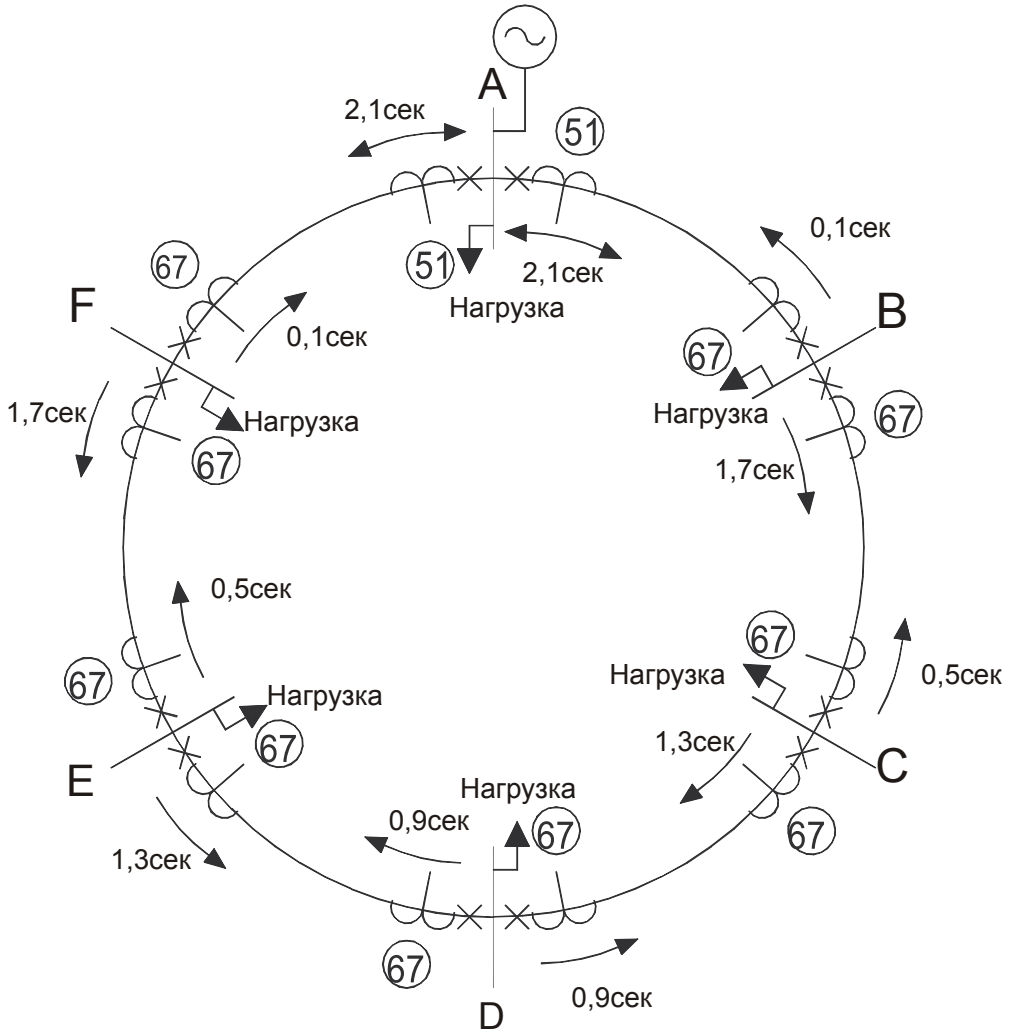
В подобном случае реле R3 и R4 могут обычно иметь ненаправленные МТЗ для обеспечения защиты шин 11кВ и резервирования МТЗ отходящих фидеров (R5).

Следует отметить, что требования по использования направленных защиты при параллельной работе силовых трансформаторов относятся также и бестрансформаторным фидерам работающим параллельно.

2.2.5.2 Кольцевая сеть

Обычным явление в распределительной сети является организация сети по кольцевой схеме. Основным преимуществом подобной структуры сети является бесперебойное энергоснабжение потребителей при замыкании на любой из линий соединяющих подстанции в кольцевую сеть.

На следующем рисунке показана типовая схема кольцевой сети оснащенной максимальными токовыми защитами.



ТИПОВАЯ СХЕМА КОЛЬЦЕВОЙ СЕТИ С МАКСИМАЛЬНЫМИ ТОКОВЫМИ ЗАЩИТАМИ

Как и в случае описанном для параллельных фидеров, ток может протекать в любом направлении в зависимости от расположения реле по отношению к месту замыкания и источникам мощности.

Следовательно, для обеспечения селективной работы устройств релейной защиты в данных условиях также необходимо использование направленных защит.

Обычной процедурой согласования реле максимального тока в кольцевой сети предусматривается размыкание кольца в точке источника питания и согласование реле сначала по часовой стрелке и затем против часовой стрелки. Стрелки расположенные рядом с реле обозначают направление срабатывания «вперед» для соответствующих реле, т.е. таким же образом, как и для параллельных фидеров, направленные ступени реле ориентированы в сторону фидера защищаемого данным реле. На показанном выше рисунке показаны типовые уставки времени срабатывания (в случае использования независимых характеристик) из которых видно, что повреждения на линиях соединяющих подстанции отключаются неселективно от реле на каждом из концов поврежденного фидера.

Заметим, что любые из трех ступеней могут быть заданы направленными и согласованы по выше описанной процедуре. Кроме этого следует отметить, что для первой и второй ступени доступны также и зависимые характеристики (IDMT).

2.3 [50/51] Максимальная токовая защита (P126 – P127)

Трехфазная защита максимального тока имеет три независимые ступени.

Выдержка времени первой и второй ступеней может быть установлена фиксированной или инверсной (обратнозависимой) (по характеристикам IEC, ANSI/IEEE, CO, RI или RECT). Параметры данных характеристик приведены в разделе Технические данные и характеристики срабатывания настоящего руководства.

Для третьей ступени может быть использована только независимая (фиксированная) выдержка времени. При этом сравниваются максимальное (пиковое) значение тока с заданной уставкой.

Использования работы ступени по пиковым значениям тока может использоваться в случае насыщения ТТ, т.е. когда измерения тока искажаются.

Логика работы защиты по превышению уставки тока описана ниже.

2.3.1 Функция мгновенной МТЗ [50/51]

Мгновенный сигнал на выходе ступени защиты появляется сразу, как только будет превышена уставка тока срабатывания. При необходимости на данный выход функции может быть назначено одно из выходных реле. Появление мгновенного выхода функции говорит о том, что в одной из фаз ток превысил заданную уставку и начался отсчет таймера данной ступени защиты.

2.3.2 Внутренняя блокировка I>…I>>… I>>>

Использование данной функциональной возможности доступно при использовании зависимых характеристик срабатывания (IDMT) для первой ступени защиты.

На следующих рисунках показаны окна меню в которых можно ввести или вывести данную функцию

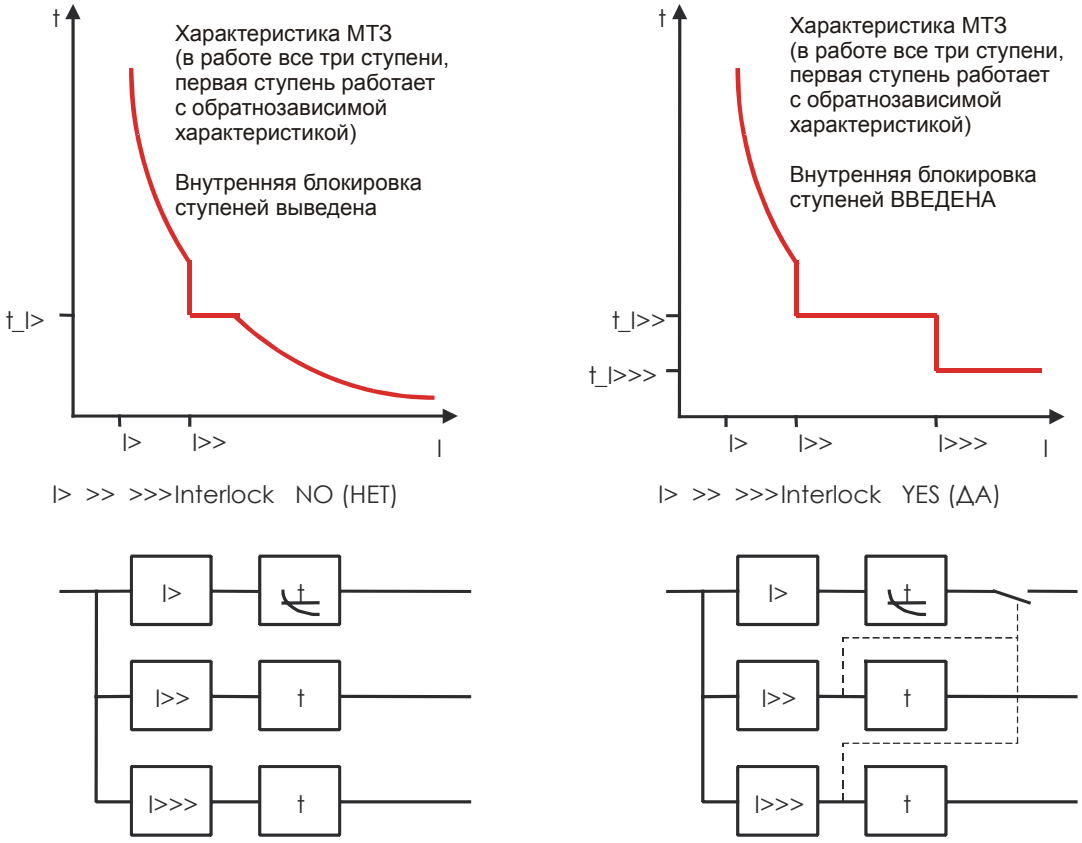
I> >> >>>	
Interlock	**Yes (ДА)**

Блокирование первой ступени от второй и третьей ступеней, но только в случае использования зависимой выдержки (IDMT) для первой ступени.

Доступный выбор: No (НЕТ), Yes (ДА)

Использование данной функции позволяет при превышении уставок срабатывания 2 – й и 3-й ступеней приостанавливать (блокировать) выходной сигнал от 1-й ступени для сохранения селективности работы защит.

На приведенном ниже рисунке показано изменение характеристики первой ступени защиты для случая использования (Да) и не использования (Нет) данной функциональной возможности.

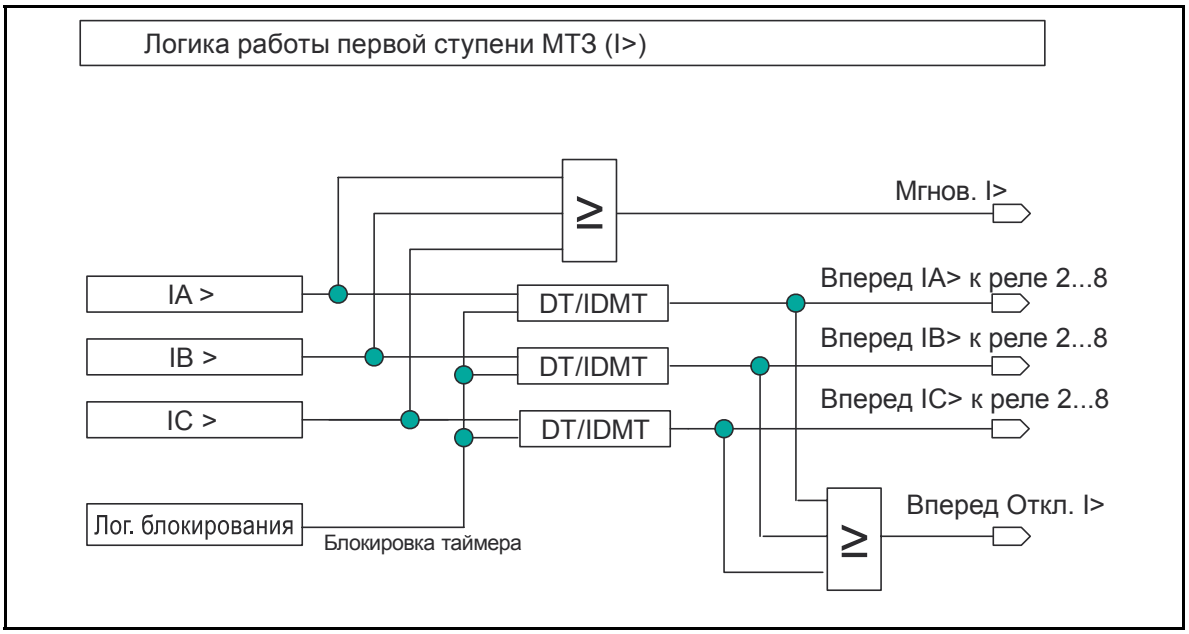


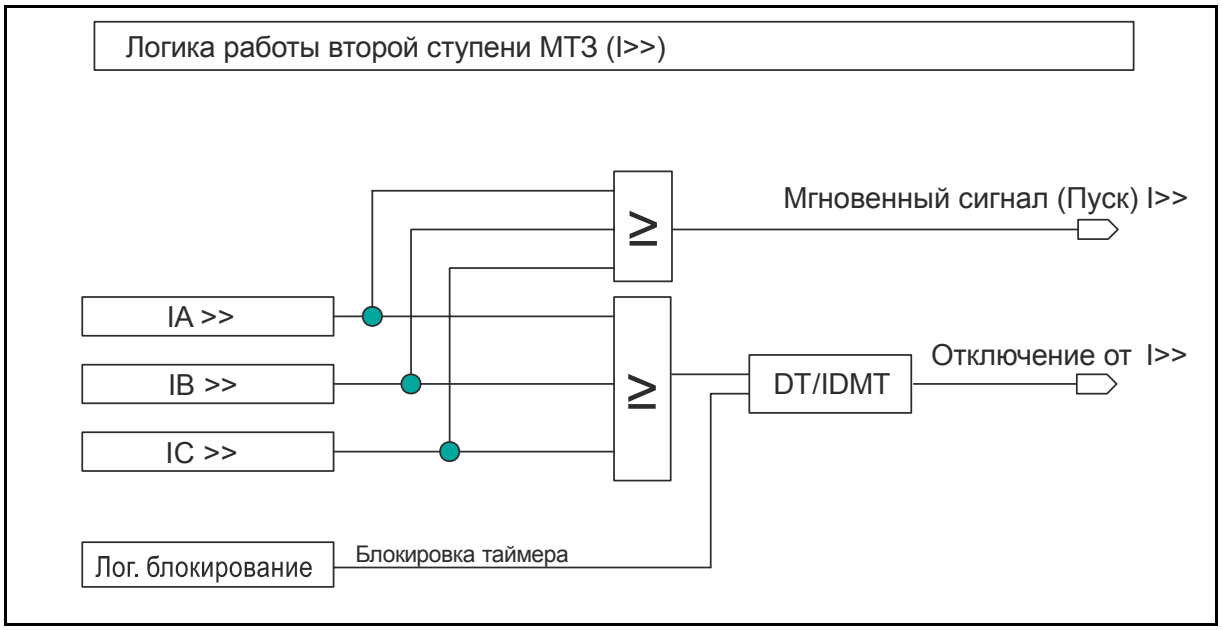
2.3.3 Трехфазная защита максимального тока

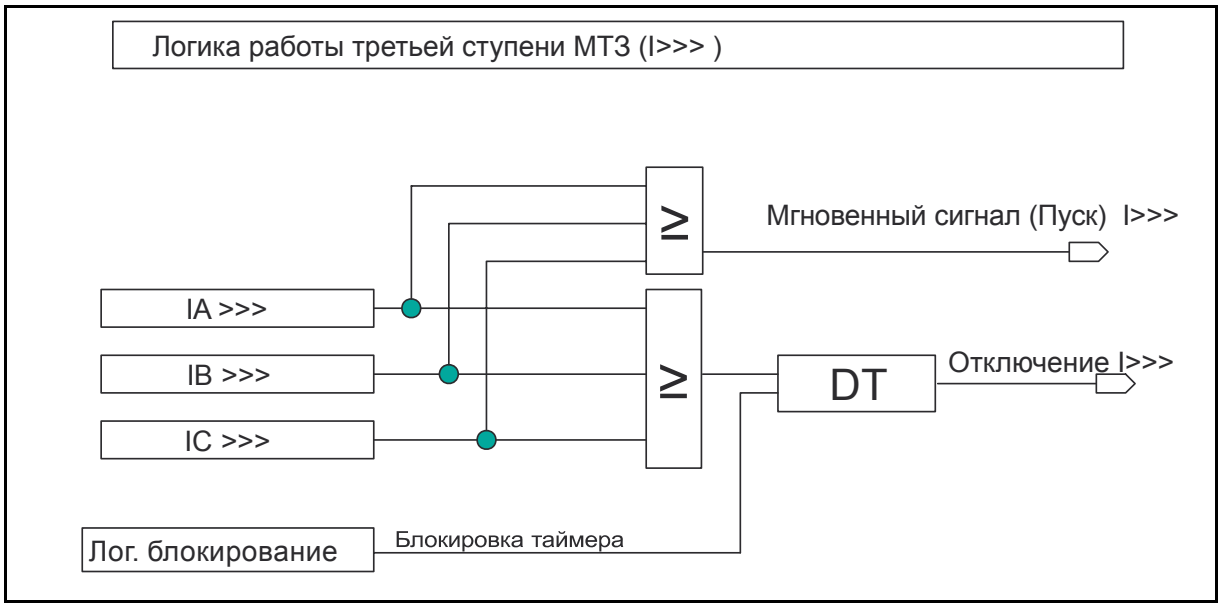
Данная функция доступна в P127 конфигурированным на работу в качестве ненаправленного реле максимальной токовой защиты, а в реле P126 данная защита может быть только ненаправленная.

Далее рассмотрены некоторые случаи применения данной защиты, однако наиболее рациональным является использование ненаправленной МТЗ в сочетании с возможностями функций логического блокирования или логической селективности описанными далее в соответствующих разделах технического руководства.

На следующих рисунках приведены логические схемы для каждой из ступеней защиты.


Логика работы первой ступени МТЗ (I>)
≥
Мгнов. I>
IA >
IB >
IC >
DT/IDMT
DT/IDMT
DT/IDMT
Вперед IA> к реле 2...8
Вперед IB> к реле 2...8
Вперед IC> к реле 2...8
Лог. блокирования
Блокировка таймера
≥
Вперед Откл. I>


Логика работы второй ступени МТЗ (I>>)
≥
Мгновенный сигнал (Пуск) I>>
IA >>
IB >>
IC >>
≥
DT/IDMT
Отключение от I>>
Лог. блокирование
Блокировка таймера


Логика работы третьей ступени МТЗ (I>>>)
≥
Мгновенный сигнал (Пуск) I>>>
IA >>>
IB >>>
IC >>>
≥
DT
Отключение I>>>
Лог. блокирование
Блокировка таймера

2.4 Направленная защита от замыканий на землю (P125, P126 и P127)

В реле типа MiCOM P125, P126, P127 имеется направленная/ненаправленная защита от замыканий на землю.

В защите предусмотрено три направленных/ненаправленных ступени максимального тока и две ступени ваттметрической защиты (Pe) и защиты по активному току замыкания на землю (IeCos).

Две первые ступени могут работать с независимыми или зависимыми характеристиками времени срабатывания (кривые IEC, IEEE/ANSI, CO2 – 8, RI и RECT разделе приведенными в **Технические данные и характеристики срабатывания.** Для ваттметрической защиты (Pe/IeCos) только для первой ступени предусмотрен выбор независимой или зависимой характеристики с использованием тех же кривых IEC, IEEE/ANSI, CO2 – 8, RI и RECT.

Органы направленной максимальной токовой защиты от замыканий на землю сравнивают ток замыкания на землю и напряжение 3Uo (Ue) с уставками соответствующих ступеней Ie>, Ue>, Ie>>, Ue>>, Ie>>>, Ue>>> и соответствующие углы между током Ie и Ue с углами (уставками) заданными для каждой ступени. Команда отключения формируется при выполнении следующих условий:

- Превышены уставки Ie и Ue (орган максимального тока ЗНЗ)
- Вектор тока Ie находится в области срабатывания (Ie ^ Ue)
- Ie [mA] + Ue [V] > 18 (для Ien = 1A) или Ie [mA] + 5 x Ue [V] > 90 (для Ien = 5A)
- Истекла выдержка времени таймера на отключение

Ширина зоны срабатывания определяется соответствующей уставкой регулируемой в диапазоне от $\pm 10^0$ до 170^0 с шагом в 1^0 для каждого из заданных характеристических углов ($\varphi_{мч}$) регулируемый в свою очередь в диапазоне от $\pm 0^0$ до 359^0 с шагом в 1^0, который задается индивидуально для каждой из ступеней.

Эти же ступени могут быть заданы как ненаправленные с независимой от тока уставкой времени срабатывания.

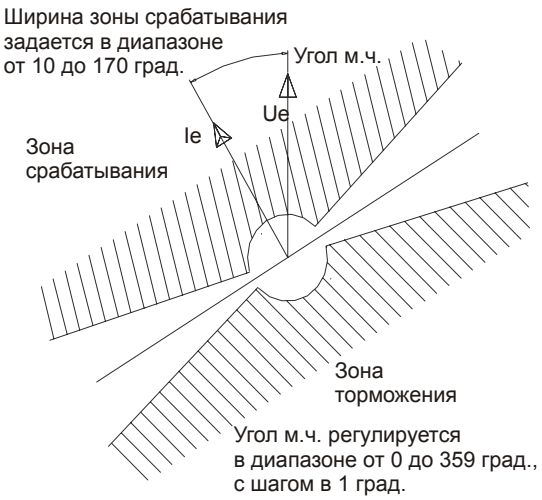
Третья ступень защиты может быть как направленная так и ненаправленная, но лишь с независимой выдержкой времени срабатывания. Это же относится и к второй ступени защиты по Pe или IeCos.

Третья ступень может работать по пиковым значениям тока путем задания уставок в соответствующем подменю конфигурирования ступени. (см. раздел FT Технического руководства).

Режим работы по пиковым значениям устанавливается в случае возможного насыщения трансформаторов тока и соответствующем искажении результатов измерений.

Таймер возврата, предусмотренный для каждой из ступеней защиты, служит для защиты при возникновении непостоянных (кратковременных повторяющихся) замыканий.

На соседнем рисунке показаны зоны работы реле «вперед» и «назад» для направленной защиты от замыканий на землю.

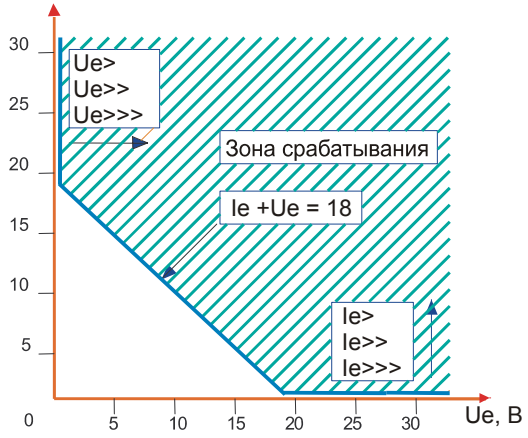


Области определения направления имеют область (полуокружность) ограничивающую характеристику срабатывания для исключения нестабильной работы органа направления при наличии небольшой постоянной

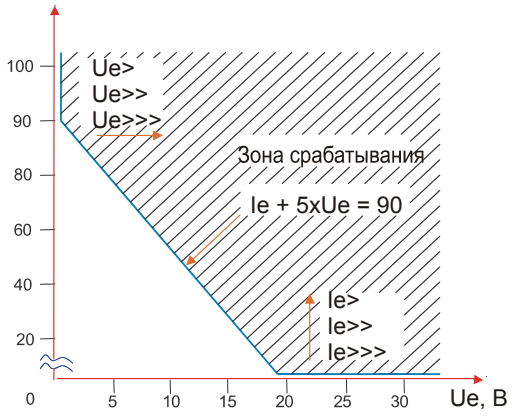
несимметрии в сети. Условия недостаточной чувствительности при определении направления представлены на следующем рисунке, где область срабатывания отмечена штриховкой.

Зона срабатывания ограничена условиями уравнения Ie + (k x Ue) < (k x 18). (Определенное экспериментально значение 18 определяет гарантированную стабильность работы органа направления мощности).

Коэффициент **К** равен 1 для Ien=1A, **К** =5 для Ien=5A



Ien = 1A



Ien = 5A

Для обеспечения достоверного определения направления мощности КЗ орган направления должен получать сигнал напряжения поляризации достаточной величины (более подробно в разделе **Технические данные и характеристики срабатывания**).

Сигнал поляризации должен представлять условия замыкания на землю. Так напряжение 3Uo появляющееся при замыканиях на землю может быть использовано органом направления в качестве напряжения поляризации. Реле P127 может вычислять данное напряжение из трех фазных напряжений если в реле задана уставка **3Vpn** (три напряжения фаза – ноль). Оно может также измеряться при соответствующем подключении обмоток ТН и задании уставки **2Vpp+Vr** (два напряжения фаза – фаза + напряжение разомкнутого треугольника) или **2Vpn+Vr** (два напряжения фаза – ноль + напряжение разомкнутого треугольника).

В реле типа P125 и P126 выполняется только прямое измерение данного напряжения на выходе обмоток ТН соединенных в разомкнутый треугольник или от отдельного ТН.

2.4.1 Общие рекомендации по выбору уставок

При расчете уставок угла максимальной чувствительности/максимального момента для трехфазного направленного реле максимального тока, выбирают положительные значения углов. Это объясняется тем фактом, что в качестве напряжения поляризации рассматривается напряжение опережающее по фазе на 90^0 фазный ток в момент замыкания. В случае направленной защиты от замыканий на землю ток нейтрали (3Io) при замыкании отстает от поляризующего напряжения (3Uo) в зависимости от режима заземления нейтрали.

Ниже приведены рекомендуемые значения углов максимальной чувствительности для защиты от замыканий на землю в зависимости от вида заземления нейтрали в системе.

Резистивное заземление нейтрали	180^0
Изолированная нейтраль	270^0
Заземление через дугогасящую катушку (катушка Петерсена)	200^0
Магистральные сети (глухозаземленная нейтраль)	$90^0 – 120^0$

Диапазоны регулирования уставок для направленно/ненаправленной защиты от замыканий на землю, а также для ваттметрической защиты (Pe/IeCos) приведены в разделах **Технические данные и характеристики срабатывания (TD)** и **Руководство для пользователя (FT).**

2.4.2 Применение направленной защиты от замыканий на землю [67N] в сети с изолированной нейтралью

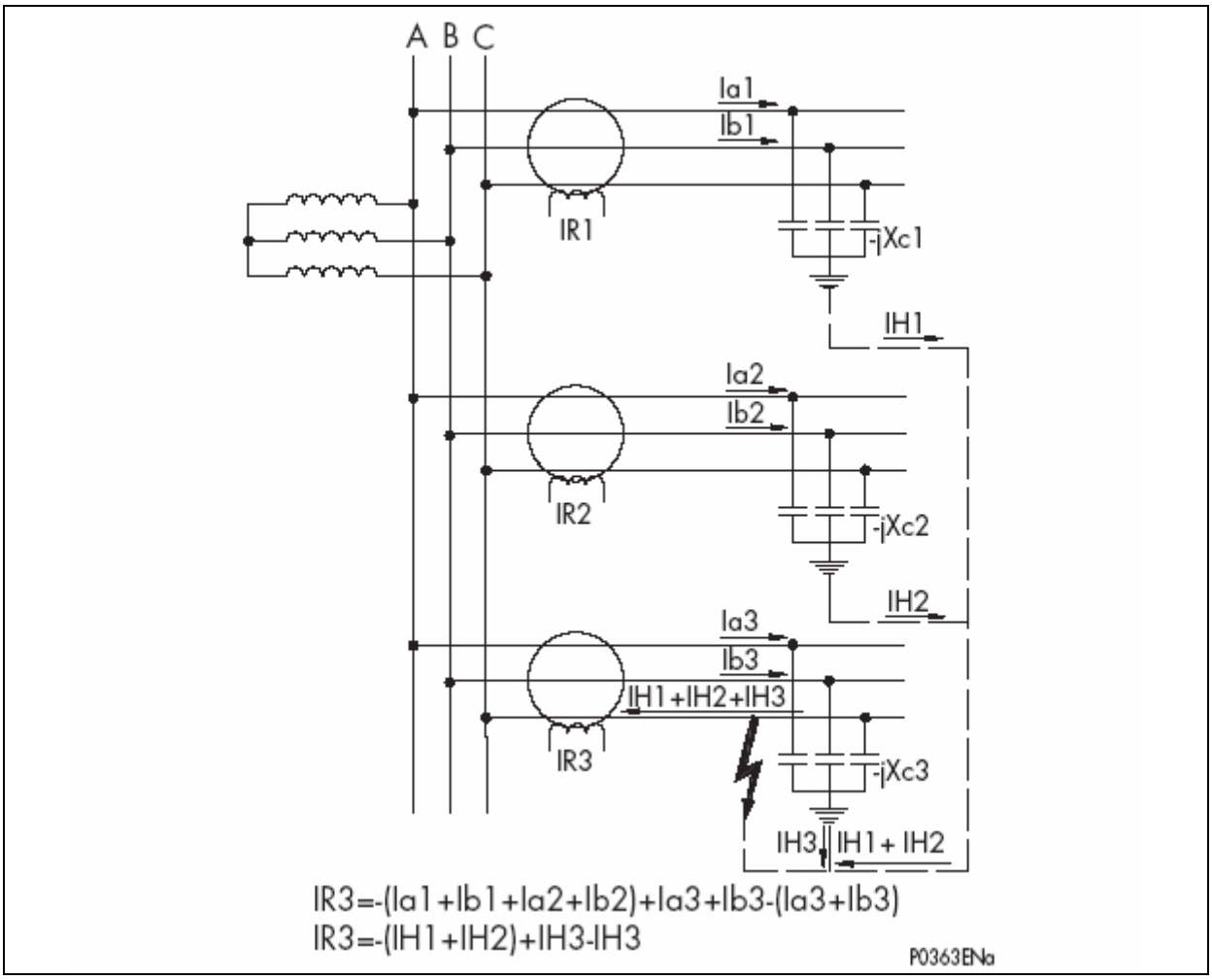
Преимуществом системы с изолированной нейтралью является отсутствие протекания значительного тока при замыкании фазы на землю. Соответственно энергоснабжение потребителей может продолжаться даже в условиях наличия в сети однофазного замыкания. Но данное преимущество омрачается тем что напряжения на здоровых фазах в устойчивом и переходном режимах могут быть очень большими. В общем случае системы с изолированной нейтралью применяются лишь в сетях низкого или среднего напряжения, т.е. там где повышение уровня изоляции для защиты от перенапряжений не связано со значительными дополнительными расходами.

Сети высокого напряжения обычно работают с глухозаземленной нейтралью или с заземлением нейтрали через низкоомное сопротивление.

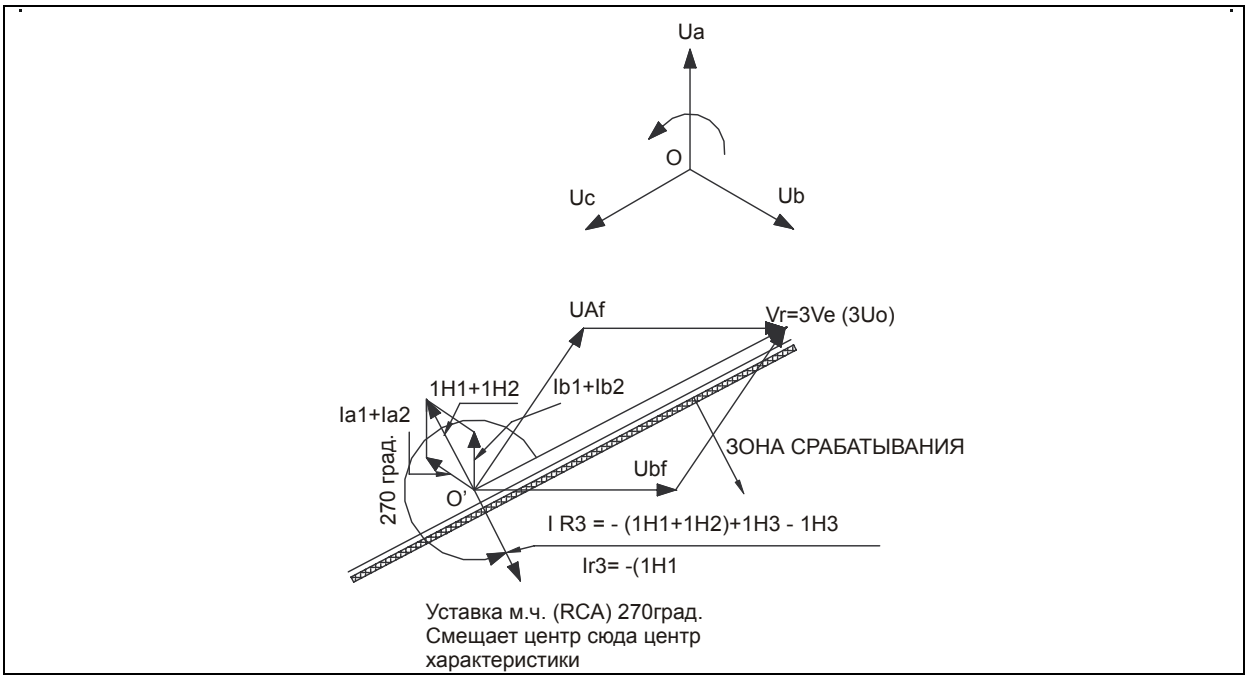
Несмотря на некоторые преимущества эксплуатации сетей с изолированной нейтралью, в этих сетях существует проблема с обнаружением замыканий на землю. При использовании традиционных защит максимального тока проблема не может быть эффективно решена. Обнаружение замыканий на землю в сети с изолированной нейтралью возможно лишь при использовании защит максимального напряжения реагирующих на напряжение нулевой последовательности. Реле серии MiCOM P125, P126 и P127 располагают данной функцией.

Однако полностью селективная защита от замыканий на землю для сетей данного типа может быть выполнена с использованием функции защиты от замыканий на землю. Данная функция интегрирована в реле серии MiCOM P125, P126 и P127.

Для выполнения чувствительной защита от замыканий на землю необходимым условием является использование трансформатора тока нулевой последовательности. Это позволяет исключить ток небаланса возможного вследствие различия характеристик трансформаторов тока включенных по схеме фильтра нулевой последовательности. При этом возможно использование трансформатора тока с меньшим коэффициентом трансформации, что в свою очередь позволяет добиться необходимой чувствительности защиты.



Как следует из рисунка приведенного выше и векторной диаграммы (см. ниже) по реле на «здоровых» фидерах протекает емкостный ток небаланса своих фидеров. В то время как по реле на поврежденном фидере протекает емкостный ток остальной части сети (IH1 и IH2 в данном случае) за вычетом емкостного тока своего (поврежденного) фидера (IH3).



Из векторной диаграммы следует, что замыкание фазы «С» на землю приводит к повышению фазного напряжения «здоровых» фаз в √3 раз.

Емкостный ток фазы «A» (Ia) на векторной диаграмме опережает результирующее напряжение фазы «A» на 90^0. Аналогичным образом зарядный ток фазы «B» (Ib) опережает напряжение фазы «B» (Vb) на 90^0.

Ток небаланса обнаруженный трансформатором тока нулевой последовательности на «здоровом» фидере получаемы в результате сложения векторов **Ia1** и **Ib1** (Ia2 и Ib2) ровно на 90^0 опережает по фазе ожидаемое напряжение нулевой последовательности (Vr = 3Uo).

Векторная диаграмма показывает, что токи нулевой последовательности «здоровых» и поврежденного фидеров IH1 + IH2 и IR2 соответственно противоположны по отношению друг к другу (180^0). Следовательно, орган направления может быть использован для селективного обнаружения замыкания.

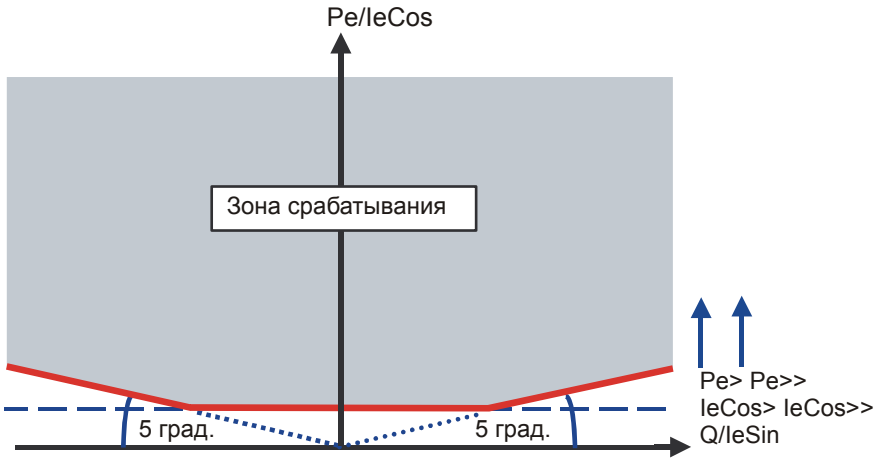
Если напряжение поляризации органа направления равное 3Uo сдвинуто по фазе на $+270^0$, то ток нулевой последовательности в реле на поврежденном фидере будет расположен в зоне срабатывания (Зона отключения) характеристики направленности. Как было ранее рекомендовано, угол максимальной чувствительности органа направления защиты от замыкания на землю для сети должен быть задан равным 270^0.

2.4.3 Характеристики ваттметрической защиты (Pe)

В реле P125, P126 и P127 интегрирована функция измерения мощности нулевой последовательности.

Кроме этого пользователю предоставляется возможность выбора между ваттметрической защитой (Pe) и защитой IeCos (активная составляющая тока замыкания на землю).

На следующем рисунке приведена характеристика отключения (область срабатывания) ваттметрической защиты.



В следующей формуле уставки по мощности срабатывания в меню реле названы Pe> и Pe>>.

Уставки Pe> и Pe>> рассчитываются следующим образом:

Vres x Ires x Cos (f-fc) = 9 x Ve x Ie x Cos (f – fc)

Где:

f	= угол между напряжением поляризации (Vres) и током нейтрали
fc	= угол максимальной чувствительности/момента
Vres	= напряжение смещения нейтрали (3Uo)
Ires	= ток нейтрали (3Io)
Ve	= напряжение нулевой последовательности Uo
Ie	= ток нулевой последовательности Io

2.4.3.1 Рекомендации по выбору уставок ваттметрической защиты (Pe)

Уставки ступеней Pe выводятся на дисплей в формате: ##. ## x Ien W

В данной формуле значение уставки ##.## умножается на величину Ien

Значение уставки выражается в Ваттах (вторичных).

Например: уставка ступени Pe> должна быть задана с передней панели реле, причем значение необходимо задать уставку 20Вт.

Ien = 1A , внутреннее значение уставки будет равно 20 x 1 = 20Вт.

При задании порогового значения уставки ваттметрической защиты (Pe/IeCos) на дисплее реле выводится следующее окно меню.

Pe> **20 x Ien W**

Индикация порогового значения уставки.
Диапазон регулирования уставки **Pe>** составляет:
Реле высокой чувствительности по току: 0,001 – 1 In
Для реле диапазона 57-130В: от 0,2 до 20 x Ien Вт с шагом 0,02 x Ien Вт
Для реле диапазона 220-480В: от 1 до 80 x Ien Вт с шагом 0,1 x Ien Вт
Уставка **IeCos** регулируется от 0,002 до 1 In с шагом 0,001

Реле средней чувствительности по току: 0,01 – 8 In
Для реле диапазона 57-130В: от 1 до 160 x Ien Вт с шагом 0,1
Для реле диапазона 220-480В: 4 до 640 x Ien Вт с шагом 0,5
Уставка **IeCos** регулируется от 0,01 до 8 In с шагом 0,005

Реле низкой чувствительности по току: 0,1 – 40 In
Для реле диапазона 57-130В: от 10 до 800 x Ien Вт с шагом 1
Для реле диапазона 220-480В: 40 до 3200 x Ien Вт с шагом 5
Уставка **IeCos** регулируется от 0,1 до 25 In с шагом 0,01

Аналогичная процедура задания уставки применяется для второй ступени защиты Pe>>.

Процедура задания уставок по времени срабатывания приведена в разделе **Руководство для пользователя (FT)**.

2.4.4 Вопросы применения

Использование защиты Pe> и Pe>> предполагает подключение к реле цепей тока и напряжения. Измерение мощности Pe зависит от способа подключения цепей напряжения. При подключении трех фазных напряжений (**3Vpn**) , напряжение Ve (Uo) равно Ve=1/3(Va+Vb+Vc). При других видах подключения для вычислений Pe используется напряжение Uo непосредственно подаваемое на реле.

Согласно рекомендуемых схем внешних подключений реле P125, P126 и P127 реле должно быть подключено таким образом, чтобы быть ориентированным в сторону защищаемого фидера, т.е. в направлении от шин, в соответствии с заданным (рекомендуемым) углом максимальной чувствительности.

Резистивное заземление нейтрали	180^0
Изолированная нейтраль	270^0
Заземление через дугогасящую катушку (катушка Петерсена)	200^0
Магистральные сети (глухозаземленная нейтраль)	$90^0 – 120^0$

Как показано на схеме внешних подключений, обычно для органа защиты от замыканий на землю используется трансформатор тока нулевой последовательности. Это позволяет исключить ток небаланса вызванный различием характеристик ТТ соединенных по схеме фильтра тока нулевой последовательности. При этом

используется трансформатор тока с меньшим коэффициентом трансформации, чем достигается повышение чувствительности защиты.

2.4.5 Защита IeCos

Защита **IeCos** использует ту же концепцию что и защита **Pe**.

Различие заключается в том, что данная уставка основана на активной составляющей тока замыкания на землю.

Рекомендуемые значения углов максимальной чувствительности те же что и в приведенной выше таблице.

2.4.6 Когда используется **IeCos** и когда **Pe**

Ваттметрическая защита **Pe/IeCos** почти реализована в системе дугогасящей катушки (Катушка Петерсена).

При коротком замыкании в схеме катушки Петерсена мы имеем активный и индуктивный токи.

Активный ток величина постоянная потому что напряжение смещения нейтрали всегда присутствует; индуктивный ток является суммой емкостной составляющей от «здоровой» линии и реактивной (индуктивной) составляющей поврежденной линии.

В такой ситуации сложно определить поврежденную линию и выделить ток повреждения потому что емкостная и индуктивная составляющие противоположны по фазе.

Поскольку напряжение смещения нейтрали присутствует параллельно между катушкой и активным сопротивлением, для отключения поврежденной линии используется ваттметрическая защита.

Наличие/величина резистивного компонента зависит от поврежденной линии.

Определяющими условиями для выбора **Pe** или **IeCos** являются величина тока замыкания и относительные границы рабочей зоны/области повреждений.

В некоторых случаях ток нейтрали неповрежденного фидера при возникновении замыкания может лежать в рабочей области. В то время как ток поврежденного фидера лежит вблизи границы рабочей области.

В этом случае селективное определение поврежденного фидера достигается путем использования характеристики **IeCos**, поскольку ток поврежденного фидера будет иметь большую активную составляющую, в то время как на неповрежденных фидерах активная составляющая будет минимальна.

Для сети с изолированной нейтралью обычной практикой является использование характеристики **IeSin** которая получается если задан характеристический угол реле 90^0 или 270^0.

2.5 Применение MiCOM P125 в качестве однофазного реле мощности

2.5.1 Обзор

Однофазное реле MiCOM P125 разработано для использования в качестве самостоятельной направленной защиты от замыканий на землю. Кроме этого в реле также интегрированы такие функции защиты как защита по активной составляющей тока замыкания на землю (IeCos) так и защита по мощности нулевой последовательности (Pe). Функции защиты могут быть сконфигурированы для выполнения однофазного измерение мощности или альтернативно позволяют обеспечить чувствительную однофазную направленную защиту максимального тока с характеристиками сходными с реле обратной мощности MWTU11/TWL1111.

Использование MiCOM P125 в качестве отдельно стоящего реле мощности предоставляет широкий диапазон регулируемых уставок, который зависит от диапазона чувствительности по току определяемому при заказе реле. В приведенной ниже таблице приведены доступные диапазоны регулирования уставок в зависимости от кода заказанной модели.

	Аналоговый вход		Диапазон регулирования (о.е.)	
	Диапазон ТТ	Диапазон ТН	Pe	IeCos
P125AA	0.1 – 40	57 – 130	10 – 800 Вт	0.1 - 40
P125AB		220 – 480	40 – 3200 Вт	
P125BA	0.01 – 8	57 – 130	1 – 60 Вт	0.01 – 8
P125BB		220 – 480	4 – 640 Вт	
P125 CA	0.002 – 1	57 – 130	0.2 – 20 Вт	0.002 – 1
P125CB		220 – 480	1 – 80 Вт	

Различные варианты подключения допускают подключение напряжения поляризации по схеме фаза-фаза либо фаза-ноль, а широкий диапазон регулирования уставок характеристического угла реле (угол максимальной чувствительности) позволяют применять реле для работы по активной или реактивной мощности в режимах импорта (потребление) или экспорта (генерация) энергии.

Аналоговый вход реле MiCOM P125 рассчитанный на подключения переменного напряжения в диапазоне 57 – 130В или 220 – 480 В (диапазон выбирается при заказе реле) обеспечивает возможность подключения к трансформатору напряжения или непосредственно к сети номинального напряжения 415 В.

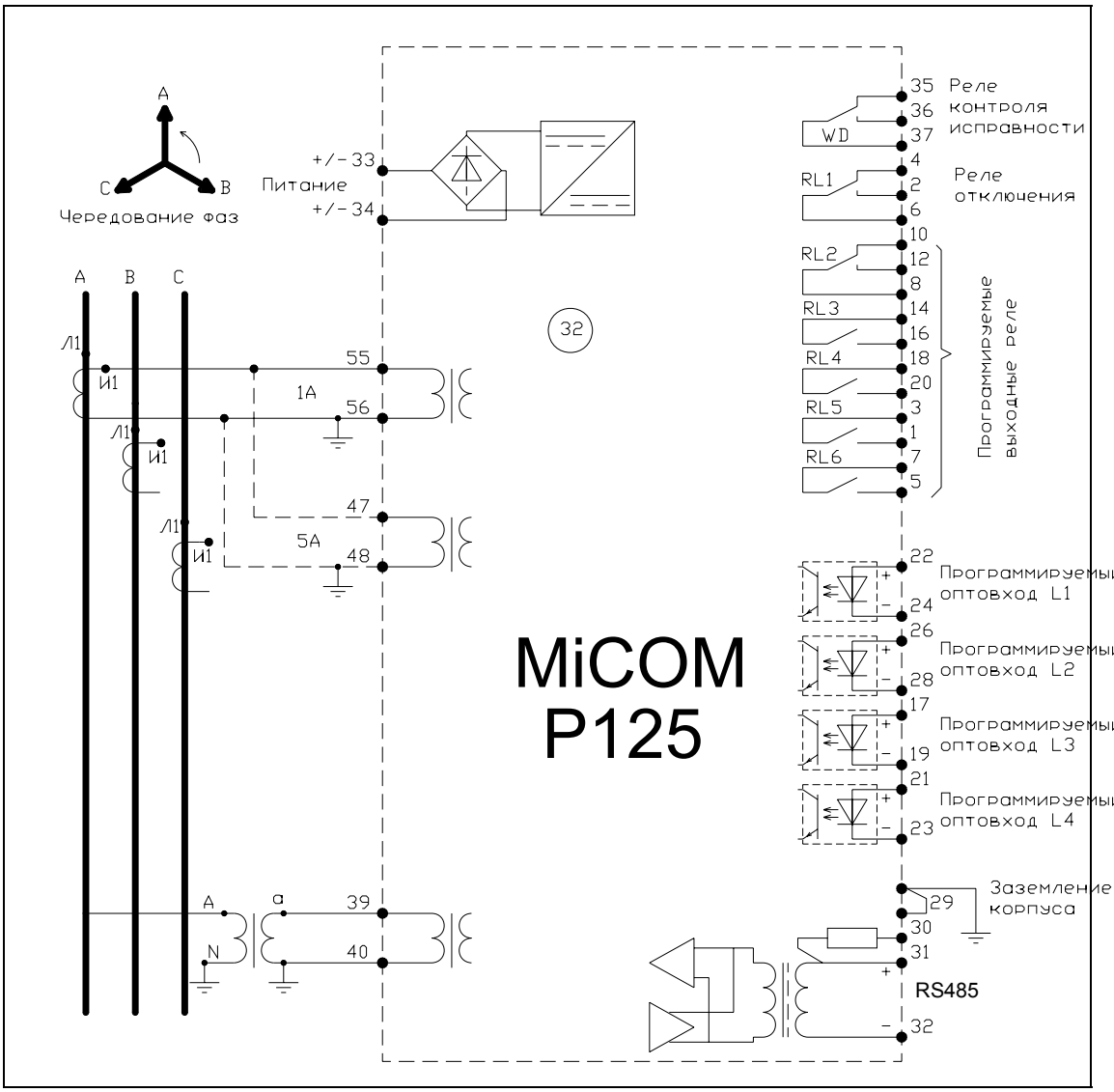
2.5.2 Подключение реле

Уставка реле по углу, которая более подробно будет рассмотрена далее позволяет пользователю выбрать схему подключения к цепям ТН в зависимости от конкретных условий применения данного реле, наличия вторичных цепей ТН и философии защиты используемой пользователем.

Подключение к цепям ТН может быть выполнено по схеме фаза – фаза или фаза – нейтраль согласно приведенной ниже таблицы.

Для упрощения понимания, подключения выполняются для случая использования реле в качестве реле обратной мощности с углом в 180^0.

Напряжение поляризации	Клеммы	
	Опережающий индекс (например, Va-n)	Отстающий индекс (например, Va-n)
Va-n	40	39
Vb-n		
Vc-n		
Va-b		
Vb-c		
Vc-a		



На схеме показан один из вариантов подключения к ТТ. Токовый аналоговый вход реле может быть подключен к любому из доступных трансформаторов тока (фазы А, В или С).

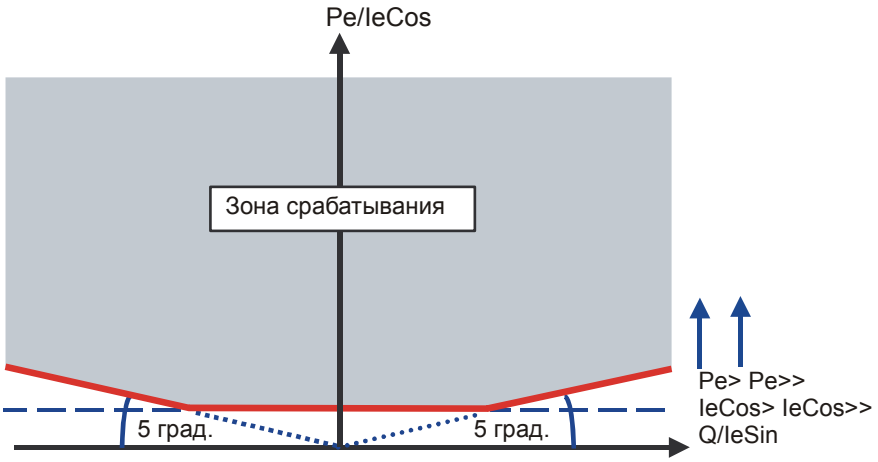
2.5.3 Уставка угла максимальной чувствительности

В приведенной ниже таблице даны рекомендации по уставке угла максимальной чувствительности в зависимости от варианта применения реле и различных подключений к цепям трансформаторов тока и напряжения. Рекомендованные уставки относятся к варианту подключения приведенному выше.

Функция	Напряжение	Ток	Угол м.ч.
Импорт активной мощности	Va-n	Ia	180
	Vb-n	Ib	
	Vc-n	Ic	
	Va-b	Ic	270
	Vb-c	Ia	
	Vc-a	Ib	
Импорт реактивной мощности*	Va-n	Ia	90
	Vb-n	Ib	
	Vc-n	Ic	
	Va-b	Ic	180
	Vb-c	Ia	

Функция	Напряжение	Ток	Угол м.ч.
	Vc-a	Ib	
Экспорт активной мощности	Va-n	Ia	0
	Vb-n	Ib	
	Vc-n	Ic	
	Va-b	Ic	90
	Vb-c	Ia	
	Vc-a	Ib	
Экспорт реактивной мощности *	Va-n	Ia	270
	Vb-n	Ib	
	Vc-n	Ic	
	Va-b	Ic	0
	Vb-c	Ia	
	Vc-a	Ib	

* относится к отстающей реактивной мощности при импорте и экспорте



2.5.4 Замена реле прямой/обратной мощности типа MWTU11/TWL1111

Строго говоря, реле MWTU11/TWL1111 не является реле измерения мощности. Реле работает с использованием характеристики IeCos. При условии, что на реле имеется достаточное напряжение для поляризации, реле с номинальным током входа равным 1А срабатывает при 10мА на уставке 1%, не зависимо от величины приложенного напряжения.

При заказе реле MiCOM P125B среднего диапазона чувствительности по току (0,01 – 8 Ien), становится доступным диапазон регулирования уставки от 1% до 100% от номинального тока (подключенного аналогового входа) с шагом регулирования уставки равным 0,1%.

2.5.5 Применение функции измерения мощности

Стандартная конфигурация реле MiCOM P125 при использовании ваттметрической защиты от замыканий на землю выполняет измерение мощности нулевой последовательности. Схема внешних подключений реле при таком его применении приведена в рекламных материалах и руководстве по эксплуатации (раздел **Схемы подключения**). Изменение внешних подключений позволяет использовать реле для измерения фазного тока и линейного или фазного напряжений, при этом рабочим параметром реле становится однофазная мощность. Поскольку защиты по мощности обычно требуются для симметричных режимов, следовательно можно использовать данного реле выполняющее однофазное измерение.

При использовании в данном реле функции измерения мощности (Pe), необходимо при заказе реле принять во внимание токовый диапазон реле. Рассмотрим применение реле модели MiCOM P125CA, подключаемого по схеме фаза-ноль к ТТ с

номинальным вторичным током 1А. Уставка реле 0,2 Вт будет эквивалентна 0,2/63,5 Вт, 0,3% от номинальной нагрузки.

2.6 Защита от теплового перегруза (P126 и P127)

Тепловая защита от перегруза служит для защиты электрооборудования от работы при температурах (активных частей) превышающих предельно допустимые значения. Продолжительна работа в режиме перегруза приводит к дополнительному нагреву активных частей оборудования что в свою очередь вызывает преждевременное старение изоляции и как крайний случай ее пробой.

MiCOM P126 и P127 оснащены функцией моделирования теплового состояния защищаемого объекта, используя для этого измерение тока нагрузки присоединения. Выход функции имеет две ступени, одна может задаваться с действием на сигнал, а вторая на отключение.

Тепло, выделяющееся в активных частях оборудования, такого как силовой кабель или трансформатор, представляет собой активные потери (I^2R x t). Следовательно, нагрев пропорционален квадрату тока нагрузки. Тепловая модель объекта формируемая в реле базируется на квадрате тока интегрированного по времени.

Реле MiCOM P126 и P127 автоматически использует наибольший из фазных токов при моделировании теплового состояния объекта.

Оборудование рассчитано на длительную работу при температуре соответствующей номинальной нагрузке, при этом выделяемое тепло уравновешивается теплом рассеиваемым в окружающую среду и т.п. Перегрев наступает когда оборудование работает в течении определенного времени с токами превышающими номинальный ток. При этом известно, что рост температуры происходит по экспоненциальному закону с постоянной нагрева. Снижение температуры при охлаждении происходит аналогично по экспоненциальному закону.

Для того чтобы использовать данную защиту, необходимо знать постоянную времени нагрева/остывания для защищаемого объекта (Te).

В следующем разделе показано, что различные виды оборудования имеют различные постоянные времени, объясняемые конструктивными различиями.

2.6.1 Характеристики постоянной времени

Такие характеристики используются для защиты силовых кабелей, сухих трансформаторов (например типа AN) и конденсаторных батарей.

Постоянная времени тепловой защиты от перегруза определяется выражением:

$$e^{\left(\frac{-t}{\tau}\right)} = \frac{\left(I^2 - \left(k \times I_{FLC}\right)^2\right)}{\left(I^2 - I_p^2\right)}$$

Где:

t = время до отключения, после появления тока перегрузки, I;

τ = постоянная времени нагрева/остывания защищаемого объекта;

I = наибольший фазный ток;

I_{FLC} = номинальный нагрузочный ток (уставка реле ‘Thermal Trip’);

k = константа, определяющая начало характеристики (k=1,05 допускает длительный режим с током < 1.05 I_{FLC})

I_P = ток стабильного режима, предшествовавшего режиму перегрузки.

Время отключения от тепловой защиты зависит от тока протекавшего в доперегрузочном режиме, т.е. перегруз наступил из «холодного» или «горячего» состояния оборудования.

Кривые характеристик тепловой защиты от перегруза приведены в разделе **Технические данные и характеристики срабатывания.**

2.6.2 Математическая формула применимая к реле серии MiCOM:

Расчет времени до отключения от защиты рассчитывается по формуле:

$$tTrip = T_e \ln\left(\frac{\left|I_x^2 - \theta^2\right|}{\left|I_x^2 - \theta_{trip}^2\right|}\right)$$

Где :

tT_{trip} = время до отключения (в секундах)

T_e = постоянная времени защищаемого объекта (в секундах)

I_x = тепловая перегрузка, равная $I_{eq}/k\ I\Theta>$

I_{eq} = эквивалентный ток соответствующий среднеквадратичному (эффективному) значению наибольшего из фазных токов

$I\Theta>$ = номинальный нагрузочный ток защищаемого объекта (по данным завода изготовителя и соответствующим справочным материалам)

k = коэффициент в формуле расчета времени отключения от тепловой защиты от перегруза

Θ = исходное тепловое состояние (до наступления перегруза).

Θ_{trip} = тепловое состояние, при котором необходимо действие защиты на отключение.

Задание уставок тепловой защиты выполняется в соответствующих меню:

Расчет теплового состояния объекта выполняется по формуле:

$$\Theta_{\tau+1} = \left(\frac{I_{eq}}{k \times I_{\Theta}>}\right)^2 \left[1 - e^{\left(\frac{-t}{T_e}\right)}\right] + \Theta_{\tau} e^{\left(\frac{-t}{T_e}\right)}$$

Тепловое состояние (Θ) рассчитывается каждые 100 мс.

2.6.3 Рекомендации по выбору уставок тепловой защиты от перегруза

Уставка по току рассчитывается следующим образом:

Θtrip = Длительно допустимый ток нагрузки защищаемого объекта / Ктт
Типовые значения постоянных времени приведены в следующих таблицах.

Уставка постоянной времени (Te) 'Time Constant' задается в минутах.

Кабели с бумажной изоляцией в свинцовой броне или кабели с полиэтиленовой изоляцией фаз, проложенные в грунте или кабельных каналах. В таблице приведены данные постоянных времени τ выраженные в минутах для кабелей различного уровня напряжения и сечения.

Сечение, мм^2	**6 -11 кВ**	**22 кВ**	**33 кВ**	**66 кВ**
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
	Постоянная времени τ (минуты)			

Другие виды оборудования:

	Постоянная времени τ (мин.)	**Ограничения по применению**
Трансформаторы сухого типа	40 60 - 90	< 400 кВА 400 - 800 кВА
Сухие реакторы	40	
Конденсаторные батареи	10	
Линии электропередачи	10	Сечение ≥ 100 мм^2 Cu или150мм^2 Al
Шины	60	

При необходимости контролировать достижение определенного теплового состояния объекта задается уставка с действием на сигнал. Уставка задается в процентах от теплового состояния отключения (100%). Типовое значение уставки составляет 70%.

2.7 Защита минимального тока (P126 и P127)

Защита минимального тока [37] позволяет обнаружить сброс нагрузки (например срыв потока в насосе и обрыв ленты конвейера). В защите используется фиксированная (независимая от тока) выдержка времени срабатывания.

Пользователь для данной защиты может задать следующие параметры:

- Уставку тока срабатывания **I<**
- Выдержку времени срабатывания **tI<**

2.8 Максимальная токовая защита обратной последовательности (P126 и P127)

При использовании традиционных защит максимального тока, уставка по току должна быть всегда выше максимального тока нагрузки, тем самым ограничивая

чувствительность таких защит. Во многих системах защиты используются также защиты от замыканий на землю реагирующие на ток нулевой последовательности, что улучшает чувствительность системы защиты к однофазным замыканиям. Однако могут возникнуть повреждения, которые данными схемами не определяются.

Всякое несимметричное замыкание сопровождается наличием тока обратной последовательности различной величины. Следовательно, защита реагирующая на ток обратной последовательности может быть использована как для защиты от междуфазных так однофазных замыканий.

В этом разделе рассматривается вопрос применения максимальной токовой защиты обратной последовательности в дополнение к стандартной МТЗ и ЗНЗ с целью преодоления сложностей возникающих при выполнении системы защиты.

- МТЗ обратной последовательности обладает более высокой чувствительностью к междуфазным замыканиям через активное сопротивление, которые могут не чувствовать традиционная МТЗ
- В некоторых случаях, ток нулевой последовательности может быть недостаточен для работы традиционной защиты от замыканий на землю из-за конфигурации сети. Например, традиционное реле защиты от замыканий на землю, подключенное со стороны треугольника трансформатора со схемой соединения обмоток звезда-треугольник, не чувствует однофазные замыкания со стороны звезды трансформатора. Однако, ток обратной последовательности присутствует с обоих сторон трансформатора независимо от схемы соединения его обмоток. Следовательно, максимальная токовая защита обратной последовательности с выдержкой времени, может быть использована в качестве резервной защиты от всех несимметричных замыканий не определенных другими защитами.
- В тех случаях, когда вращающиеся электрические машины защищаются предохранителями, сгоревший предохранитель приводит к появлению значительного тока обратной последовательности. МТЗ обратной последовательности может быть использована в качестве эффективной защиты для резервирования специализированных защит электрических двигателей.
- В некоторых случаях требуется лишь сигнализировать о появлении в системе составляющих тока обратной последовательности. Оперативный персонал, получивший сигнал, выясняет причину несимметрии.

Функция МТЗ обратной последовательности предусматривает задание уставки по току срабатывания I2>, I2>>, I2>>> и времени замедления срабатывания tI2>, tI2>>, tI2>>>.

2.8.1 Рекомендации по выбору уставок I2

Данная функция защиты имеет три ступени.

Первая ступень может работать с фиксированным (DT) или обратнозависимым (IDMT) замедлением срабатывания.

Зависимые характеристики такие же как и для защит максимальных защит [50/51], [50N/51N].

Уставка по току срабатывания (задается в меню ***PROTECTION G1/[46] Neg. Sec. OC*** *(УСТАВКИ 1 (2)/[46]МАКС I ОБРАТ.))* должна быть выше, чем ток обратной последовательности присутствующий в нормальном режиме из-за несимметрии нагрузки в системе. Эта уставка может быть задана в процессе выполнения наладочных работ, путем использования функции измерения с выводом на дисплей реле тока обратной последовательности в нормальном режиме работы сети. Рекомендуется задавать уставку не менее чем на 20% превышающую результаты измерения.

В случае необходимости применения данной функции реле для специфических случаев защиты от несимметричных повреждений, неопределяемых другими защитами, требуется выполнение необходимых расчетов и анализа режимов работы сети, для выбора точного значения уставки срабатывания по току. Однако, для обеспечения надежной работы защиты, уставка тока срабатывания должна быть не менее чем на 20% больше расчетного тока обратной последовательности при рассматриваемых удаленных КЗ.

Не менее важным моментом при задании уставок защиты является уставка по времени срабатывания. Следует отметить, что первоначальное назначение данной защиты - это обеспечение резервирования других защит или действие на сигнал. Следовательно, данная защита должна действовать с достаточно большими выдержками времени.

Необходимо удостовериться что выдержка времени защиты больше времени срабатывания других устройств защиты в системе (в минимальном режиме работы), которые могут также реагировать на несимметричные повреждения. К ним относятся:

- Максимальная токовая защита
- Защита от замыканий на землю
- Защита от обрыва провода
- Влияние токов обратной последовательности на тепловую защиту от перегруза

3. ЗАЩИТЫ ПО НАПРЯЖЕНЮ

3.1 Уставки для подключения цепей напряжения

Для правильного функционирования реле P127 необходимо в подменю конфигурации подключения ТН ***Configuration/ General Options/ VT Connection*** *(Построение/Общие настройки/ Подключение ТН)* задать уставки соответствующие фактическому подключения реле к цепям ТН.

В данном меню для P127 предусмотрен выбор из трех вариантов уставок подключения ТН.

1. **3Vpn (Три напряжения фаза-нейтраль):**

При данном виде подключения реле выполняет прямые измерения напряжений Ua, Ub и Uc и рассчитывает напряжение нулевой последовательности по формуле Ue=1/3(Ua+Ub+Uc). Вычисленное таким образом значение напряжения Ue используется в реле для сравнения с уставкой по Ue (для защиты при повышения напряжения нулевой последовательности) и для определения угла по отношению к току замыкания на землю (для соответствующей защиты). Однако в меню ИЗМЕРЕНИЯ, напряжение UN на дисплей не выводится.

2. **2Vpn + Vr (Два напряжения фаза-нейтраль и напряжение разомкнутого треугольника)**

При данном способе подключения, реле выполняет прямое измерение напряжений **Ua** и **Ub**. Напряжение на входе реле, ранее использовавшемся для подключения напряжения фазы **C** (клеммы 73-74) теперь подключенному на сумму трех фазных напряжений, используется для ввода в реле напряжения **Ur**, которое выводится на дисплей в меню ИЗМЕРЕНИЯ как **UN**. Результаты измерения по данному входу также используются для сравнения с уставкой **Ue** (в защите при повышении напряжения нулевой последовательности).

Кроме этого, для пофазных защит максимального и минимального напряжения, величина напряжения фазы **C** реконструируется в реле по следующему уравнению:

- Uc = Ua + Ub + Ur. Полученное таким образом значение сравнивается с уставками защит максимального и минимального напряжения в случае повреждения на фазе **C.** В этом случае, напряжение фазы **C** не выводится на дисплей в меню ИЗМЕРЕНИЯ.
- Реконструкция напряжения фазы «C» достоверна лишь при использовании 5-стержневого трансформатора напряжения. (два из которых используются для получения напряжений Ua и Uc, а остальные используются для организации схемы разомкнутого треугольника необходимого для получения напряжения Ur.

ВНИМАНИЕ: ЕСЛИ НАПРЯЖЕНИЕ Ur (3Uo) ИЗМЕРЯЕТСЯ ОТ ОТДЕЛЬНОГО ТРАНСФОРМАТОРА, ТО ДАННАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ НАПРЯЖЕНИЯ ФАЗЫ «C» НЕ ДЕЙСТВИТЕЛЬНА И НЕ МОЖЕТ БЫТЬ ИСПОЛЬЗОВАНА.

3. **2Vpp + Vr (Два напряжения фаза – фаза и напряжение разомкнутого треугольника)**

При данном способе подключения реле выполняет прямое измерение напряжений Uab и Ubc, при этом напряжение между фазами A и C (Uca) реконструируется в самом реле по уравнению Uca = Uab + Ubc.

Третий вход напряжения (клеммы 73-74) может быть подключен к разомкнутому треугольнику или к специальному выделенному для этого трансформатору напряжения. Результаты измерения по данному входу могут быть использованы защитой по повышению напряжения нулевой последовательности.

Измеренное напряжение выводится на дисплей в меню ИЗМЕРЕНИЯ как **UN**.

3.2 Измерения напряжений выводимые на дисплей

Ниже приведен обзор выводимых на дисплей параметров напряжения в зависимости от заданной схемы подключения:

	Конфигурация **3Vpn**	Вывод на дисплей	Конфигурация **2Vpn + Vr**	Вывод на дисплей	Конфигурация **2Vpp + Vr**	Вывод на дисплей
Ua	Прямое измерение	Да	Прямое измерение	Да	Не использ.	Не использ.
Ub	Прямое измерение	Да	Прямое измерение	Да	Не использ.	Не использ.
Uc	Прямое измерение	Да	Вычисленное значение	Да	Не использ.	Не использ.
Uab	Вычисленное значение	Да	Вычисленное значение	Да	Прямое измерение	Да
Ubc	Вычисленное значение	Да	Вычисленное значение	Да	Прямое измерение	Да
Uca	Вычисленное значение	Да	Вычисленное значение	Да	Вычисленное значение	Да
UN	Вычисленное значение	Да	Прямое измерение	Да	Прямое измерение	Да

3.3 Меню измерения

Почему используется напряжение UN?

Напряжение нейтрали или остаточное напряжение (смещение нейтрали) или напряжение нулевой последовательности рассматривается как одно и то же напряжение, но поскольку на дисплее невозможно изменять наименование использована следующая терминология:

- Ue для меню уставок ступеней
- UN для меню измерений
- UN для записей регистратора аварий

Напряжение UN в меню измерений и записях регистратора аварий подразумевает остаточное напряжение, утроенное напряжение нулевой последовательности, напряжение смещения нейтрали и т.п.

3.4 [59N] Защита при повышении напряжения нулевой последовательности (P125, P126 и P127)

В трехфазной симметричной сети работающей в нормальном режиме, сумма трех фазных напряжений дает ноль, поскольку является результатом векторного сложения трех одинаковых векторов сдвинутых относительно друг друга на 120^0. Однако, если в первичной сети возникает замыкание на землю появляется «остаточное» напряжение или другими словами напряжение нулевой последовательности. Это напряжение может, например, быть измерено на выходе трансформатора напряжения при соединении вторичных фазных обмоток в разомкнутый треугольник. Следовательно, для определения наличия замыкания на землю в первичной сети может быть использовано реле, реагирующее на напряжение нулевой последовательности. Следует заметить, что такой режим работы сети приводит к повышению напряжения нейтрали относительно земли, что обычно называют напряжением «смещения» нейтрали.

3.4.1 Рекомендации по выбору уставок

Уставка по напряжению срабатывания заданная в реле зависит от величины ожидаемого напряжения нулевой последовательности возникающего при замыкания на землю.

Оно в свою очередь зависит от режима работы нейтрали в защищаемой сети. При этом задаваемая уставка должна быть больше величины напряжения нулевой последовательности постоянно присутствующего в нормальном режиме работы сети.

Данная функция защиты имеет лишь один таймер задержки на срабатывание tUe>>>>.

Диапазон регулирования уставок и функциональные возможности защиты по напряжению нулевой последовательности приведены в разделе **Технические данные и характеристики срабатывания (TD)**, меню уставок описаны в разделе **Руководство для пользователя (FT)**.

3.5 [27] Защита минимального напряжения (P127)

Существует множество причин понижения напряжения в системе, некоторое из них рассмотрены ниже:

Увеличение нагрузки в системе

Обычно восстановление нормального напряжения выполняется с помощью автоматических регуляторов напряжения и РПН. Отключение от защит минимального напряжения может быть востребовано в том случае, если устройства регулирования напряжения в системе неисправны или не в состоянии восстановить напряжение до требуемого уровня.

При возникновении замыканий в сети напряжение поврежденных фаз также снижается. Степень снижения напряжения напрямую зависит от вида замыкания, способа заземления нейтрали и токи замыкания по отношению к месту установки реле. Кроме этого уставка по напряжению должна быть согласована с другими устройствами защитами в данной системе для обеспечения необходимой селективности работы защит.

Полное исчезновение напряжения на шинах

Погашение шин подстанции может произойти в результате короткого замыкания на вводе или на самих шинах. В такой ситуации может потребоваться отключение всех фидеров, для того что бы при подаче питания на шинах не было нагрузки. Отключение всех выключателей фидеров может быть выполнено при использовании реле трехфазной защиты минимального напряжения.

3.5.1 Рекомендации по выбору уставок

В большинстве случаев применения защита минимального напряжения не должна работать при замыканиях на землю возникающих в системе. В этом случае при задании уставок для данной защиты необходимо выбрать режим работы по линейному напряжению, поскольку оно в меньшей степени снижается (чем фазные напряжения) при однофазных замыканиях на землю.

Уставка защиты минимального напряжения должна быть на некоторую величину ниже, чем минимально возможное напряжение при нормальной работе системы. Эта уставка зависит от конкретной системы в которой устанавливается данная защита, но обычно в сети работающей в нормальном режиме возможное снижение напряжения порядка -10% от номинального значения.

Данная функция защиты имеет две программируемые ступени с таймерами задержки срабатывания: tU<, tU<<.

Возврат пусковых органов ступеней защиты происходит после восстановления напряжения до уровня 105% от заданной уставки.

Орган защиты минимального напряжения может, на усмотрение пользователя, работать с использованием логики «ИЛИ» или «И», сравнивая при этом с заданными уставками ступеней U< и U<< каждое из входных напряжений UAB, UBC и UCA .

Реле постоянно отслеживает линейные напряжения.

ПРИМЕЧАНИЕ: Если же реле конфигурировано на работу в режиме **3Vpn** и, соответственно подключено на три фазных напряжения, то уставки ступеней данной защиты должны быть умножены на √3.

Если задан режим работы OR (ИЛИ) и соответственно одно или более напряжений снизятся ниже уставки срабатывания, запускается таймер задержки отключения и по истечении заданной выдержки времени, формируется команда отключения от данной защиты.

Если задан режим работы AND (И) и все напряжения снизятся ниже уставки срабатывания, функция посылает команду отключения по истечении выдержки времени таймера данной ступени.

Данная функция защиты имеет две программируемые ступени с регулируемыми таймерами задержки срабатывания tU<, tU<< (DT).

Диапазон регулирования уставок и функциональные возможности защиты минимального напряжения приведены в разделе **Технические данные и характеристики срабатывания (TD)**, меню уставок описаны в разделе **Руководство для пользователя (FT)**.

3.6 [59] Защита максимального напряжения (P127)

Как было сказано ранее, снижение напряжения в системе происходит относительно часто поскольку связано с замыканиями в системе. Однако, повышение напряжения также возможно и чаще всего это связано с потерей/отключением нагрузки.

При сбросе нагрузки происходит рост напряжения источника питания. Обычно в такой ситуации напряжение приводится к нормальному с помощью автоматических регуляторов напряжения и РПН. Однако, при неисправности устройств автоматического регулирования напряжения и следовательно невозможности вернуть к нормальному уровню напряжение в системе в течение заданного времени для сохранения изоляции необходимо использование защит при повышении напряжения для прекращения режима работы с недопустимо высоким напряжением. Кроме этого повышение напряжения «здоровых» фаз происходит в результате замыкания на землю в сети с изолированной нейтралью.

В идеальном случае, изоляция первичного оборудования в системе должна быть рассчитана на работу в данном режиме.

Обычно для защиты первичного оборудования используется реле определяющее наличие замыкания на землю и дающее команду на отключение защищаемого присоединения если замыкание не устранено в течение заданного времени. Однако в этом же случае желательно использовать функцию защиты максимального напряжения, которая может служить в качестве резервной защиты. Для данной защиты достаточно иметь одну ступень с независимой выдержкой на срабатывание.

3.6.1 Рекомендации по выбору уставок

Уставка реле с органом максимального напряжения должна быть согласована с другими реле максимального напряжения установленными в других точках сети. Согласование уставок выполняется аналогично согласованию токовых защит работающих в сети.

Орган максимального напряжения имеет две ступени срабатывания с регулируемыми таймерами с независимой выдержкой времени tU>, tU>>.

После отключения, пусковые органы органа максимального напряжения возвращаются в исходное состояние при снижении напряжения до уровня 95% от заданной уставки.

Орган максимального напряжения может работать по логической схеме OR (ИЛИ) или AND (И). При этом с уставками U> и U>> сравниваются все линейные напряжения UAB, UBC и UCA.

ПРИМЕЧАНИЕ: Если же реле конфигурировано на работу в режиме **3Vpn** и, соответственно подключено на три фазных напряжения, то уставки ступеней данной защиты должны быть умножены на √3.

Если задан режим работы OR (ИЛИ) и одно или более напряжений повысится выше уставки срабатывания, защита посылает команду отключения при условии истечении выдержки времени таймера данной ступени.

Если задан режим работы AND (И) и все напряжения повысятся выше уставки срабатывания, защита посылает команду отключения при условии истечении выдержки времени таймера данной ступени.

Диапазон регулирования уставок и функциональные возможности защиты максимального напряжения приведены в разделе **Технические данные и характеристики срабатывания (TD)**, меню уставок описаны в разделе **Руководство для пользователя (FT)**.

4. ДРУГИЕ ФУНКЦИИ ЗАЩИТЫ ИНТЕГРИРОВАННЫЕ В P127

4.1 Защита по понижению/повышению частоты (81U/O)

4.1.1 Описание функции

Органы повышения и понижения частоты доступные в P127 предоставляют пользователю полноценную защиту по частоте.

Всего имеется шесть ступеней: каждая из ступеней может быть конфигурирована на срабатывание при понижении либо при повышении частоты в пределах рабочего диапазона [fn – 4,9 Гц, fn + 4,9 Гц), где fn – номинальная частота сети (задается уставкой 50Гц или 60Гц). Каждая из ступеней имеет свой таймер срабатывания с независимой выдержкой времени.

Если значение измеряемой в реле частоты сети превысит значение хотя бы одной из шести конфигурированных ступеней, то формируется соответствующий сигнал пуска (данной ступени) а затем, по истечении выдержки таймера данной ступени защиты, генерируется выходной сигнал ступени.

4.1.2 Описание меню на ЖКД

[81] FREQUENCY (ЧАСТОТА)	Заголовок подменю “FREQUENCY” (ЧАСТОТА)
[81] F1= 81>	Описание: конфигурация 1-й ступени Диапазон: NO (НЕТ) / 81> / 81<
[81] F1= 52.0 Гц	Описание: уставка срабатывания 1-й ступени Диапазон: от "fn – 4,9Гц" до "fn + 4,9Гц"
[81] tF1= 60 мс	Описание: время срабатывания Диапазон: от 0 до 600с, шаг = 0.01с
[81] F2= НЕТ	Описание: конфигурация 2-й ступени Диапазон: NO (НЕТ) / 81> / 81<
[81] F2= 50.0 Гц	Описание: уставка срабатывания 2-й ступени Диапазон: от "fn – 4,9Гц" до "fn + 4,9Гц"
[81] tF2= 0 мс	Описание: время срабатывания Диапазон: от 0 до 600с, шаг = 0.01с
[81] F3= НЕТ	Описание: конфигурация 3-й ступени Диапазон: NO (НЕТ) / 81> / 81<
[81] F3= 50.0 Гц	Описание: уставка срабатывания 3-й ступени Диапазон: от "fn – 4,9Гц" до "fn + 4,9Гц"
[81] tF3= 0 мс	Описание: время срабатывания Диапазон: от 0 до 600с, шаг = 0.01с
[81] F4= НЕТ	Описание: конфигурация 4-й ступени Диапазон: NO (НЕТ) / 81> / 81<
[81] F4= 50.0 Гц	Описание: уставка срабатывания 4-й ступени Диапазон: от "fn – 4,9Гц" до "fn + 4,9Гц"

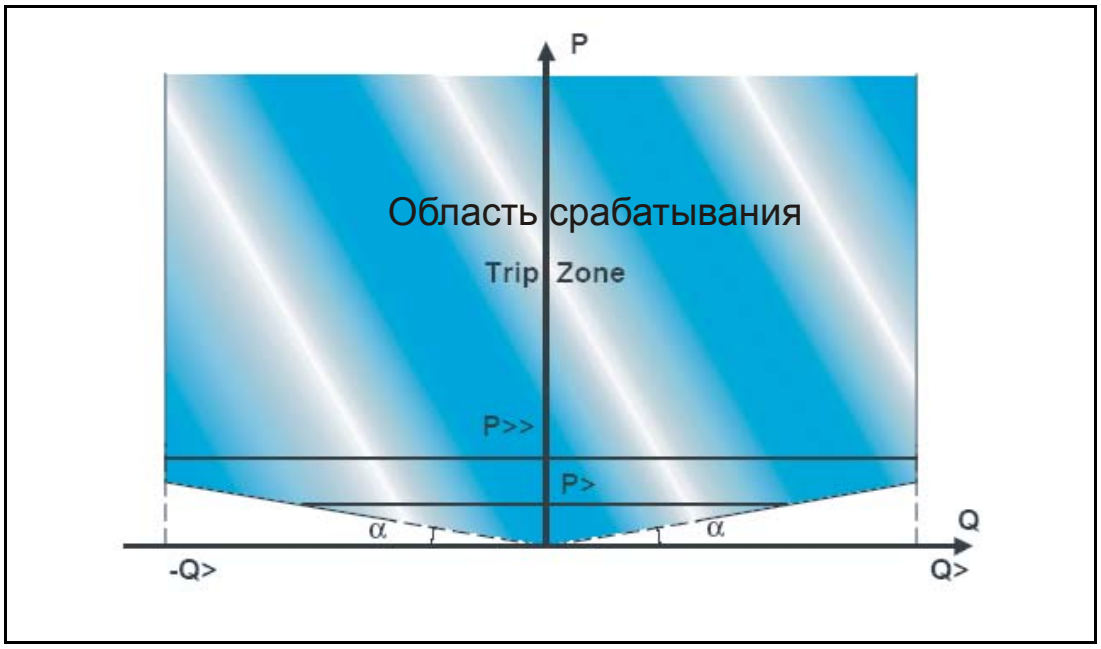
[81] tF4= 0 мс	Описание: время срабатывания Диапазон: от 0 до 600с, шаг = 0.01с
[81] F5= НЕТ	Описание: конфигурация 5-й ступени Диапазон: NO (НЕТ) / 81> / 81<
[81] F5= 50.0 Гц	Описание: уставка срабатывания 5-й ступени Диапазон: от "fn – 4,9Гц" до "fn + 4,9Гц"
[81] tF5= 0 мс	Описание: время срабатывания Диапазон: от 0 до 600с, шаг = 0.01с
[81] F6= НЕТ	Описание: конфигурация 6-й ступени Диапазон: NO (НЕТ) / 81> / 81<
[81] F6= 50.0 Гц	Описание: уставка срабатывания 6-й ступени Диапазон: от "fn – 4,9Гц" до "fn + 4,9Гц"
[81] tF6= 0 мс	Описание: время срабатывания Диапазон: от 0 до 600с, шаг = 0.01с

4.2 3-фазная направленная защита по повышению мощности (32)

4.2.1 Описание функции

В MiCOM P127 доступна для использования направленная защита по мощности контролирующая пределы трехфазной активной и реактивную мощности а также обнаруживает падение мощности и изменение направления.

Каждая из ступеней имеет свой таймер. Если измеренная активная и реактивная мощность попадает в область зоны отключения, то в реле генерируется соответствующий сигнал пуска и формируется выходной сигнал по истечении выдержки времени заданной пользователем.



4.2.2 Индикация измерений мощности

В реле P127 очень важно установить в подменю Configuration/ General Options/ VT Connection (*Построение/Общие уставки/Подключение ТН)* уставку соответствующую физической схеме подключения реле к вторичным цепям ТН (см. п. 3.1.)

3Vpn (Три напряжения фаза - нейтраль)

2Vpn + Vr (Два напряжения фаза - нейтраль плюс напряжение разомкнутого треугольника)

2Vpp + Vr (Два напряжения фаза – фаза плюс напряжение разомкнутого треугольника)

В приведенной далее таблице сведены измеряемые параметры в зависимости от схемы подключения реле к цепям ТН.

	Подключение 3Vpn	Индикация на ЖКД	Подключение 2Vpn+Vr	Индикация на ЖКД	Подключение 2Vpp + Vr	Индикация на ЖКД
P (kW)	Прямое измерение	Да	Вычисленное значение	Да	Вычисленное значение	Да
Q (KVAr)	Прямое измерение	Да	Вычисленное значение	Да	Вычисленное значение	Да
S (KVA)	Прямое измерение	Да	Вычисленное значение	Да	Вычисленное значение	Да
Cos(Phi) [°]	Прямое измерение	Да	Вычисленное значение	Да	Вычисленное значение	Да
3Ph WHours Fwd (3-фаз. Ват/час вперед)	Прямое измерение	Да	Вычисленное значение	Да	Вычисленное значение	Да
3Ph WHours Rev (3-фаз. Ват/час назад)	Прямое измерение	Да	Вычисленное значение	Да	Вычисленное значение	Да
3Ph VArHours Fwd (3-фазн. ВАР/час вперед)	Прямое измерение	Да	Вычисленное значение	Да	Вычисленное значение	Да
3Ph VArHours Rev (3-фазн. ВАР/час назад)	Прямое измерение	Да	Вычисленное значение	Да	Вычисленное значение	Да
3Ph VAHours (3-фазн. ВА часы)	Прямое измерение	Да	Вычисленное значение	Да	Вычисленное значение	Да

4.2.2.1 Активная мощность (P)

Вычисление активной мощности выполняется по следующим формулам:

При подключении 3Vpn или 2Vpn +Vr:

$$P = Ua * Ia * \cos(Ua \wedge Ia) + Ub * Ib * \cos(Ub \wedge Ib) + Uc * Ic * \cos(Uc \wedge Ic)$$

$$Sn = 3.In \cdot Un$$

При подключении 2Vpp +Vr:

$$P = Uab * Ia * \cos(Uab \wedge Ia) - Ubc * Ic * \cos(Ubc \wedge Ic)$$

$$Sn = \sqrt{3}.In \cdot Un$$

$$P'' = \frac{P}{\sqrt{3}.KI \cdot KU \cdot Un}$$

$$P' = InTA \cdot UnTV \cdot P'' = \frac{InTA \cdot UnTV}{\sqrt{3}.KI \cdot KU \cdot Un} P$$

где:

– P активная мощность выраженная в знаках АЦП

Где In и Un соответственно номинальный ток и номинальное напряжение вторичной стороны

– P” активная мощность вторичной стороны выраженная в Pn

– P’ активная мощность первичной стороны выраженная в Ваттах

Поскольку данные измерения используются только для функций защиты, они не выводятся на ЖКД.

4.2.2.2 Реактивная мощность (Q)

Вычисление реактивной мощности выполняется по следующим формулам:

При подключении 3Vpn или 2Vpn +Vr:

$$Q = Ua * Ia * \sin(Ua \wedge Ia) + Ub * Ib * \sin(Ub \wedge Ib) + Uc * Ic * \sin(Uc \wedge Ic)$$

При подключении 2Vpp +Vr:

$$Q = Uab * Ia * \sin(Uab \wedge Ia) - Ubc * Ic * \sin(Ubc \wedge Ic)$$

$$Q'' = \frac{Q}{\sqrt{3}.KI \cdot KU \cdot Un}$$

$$Q' = InTA \cdot UnTV \cdot Q'' = \frac{InTA \cdot UnTV}{\sqrt{3}.KI \cdot KU \cdot Uan} Q$$

где:

– Q реактивная мощность выраженная в знаках АЦП

Где In и Un соответственно номинальный ток и номинальное напряжение вторичной стороны

– Q” реактивная мощность вторичной стороны выраженная в VAR (ВАР)

– P’ реактивная мощность первичной стороны выраженная в VAR (ВАР)

Поскольку данные измерения используются только для функций защиты, они не выводятся на ЖКД.

4.2.2.3 Фазовый сдвиг мощности

Вычисление фазового сдвига мощности (*phi*) выполняется по следующей формуле:

$$phi = \arctan(\frac{Q}{P})$$

4.2.3 Обзор

При использовании реле P127 в качестве отдельного реле мощности обеспечивает широкий диапазон выбора уставок, который зависит от диапазона входного напряжения реле (определяется при заказе). В приведенной ниже таблице указаны доступные диапазоны регулирования уставок в зависимости от номинала входов подключения к ТН.

	Аналоговые входы реле			
	Диапазон уставок ЗНЗ	Входы для ТН, (В)	P	k
P127AA	0.1 – 40 In	57 – 130	1 – 10000W*k	1 или 5 A
P127AB		220 - 480	4 – 40000W*k	1 или 5 A
P127BA	0.01 – 8 In	57 – 130	1 – 10000W*k	1 или 5 A
P127BB		220 - 480	4 – 40000W*k	1 или 5 A
P127CA	0.002 – 1 In	57 – 130	1 – 10000W*k	1 или 5 A
P127CB		220 - 480	4 – 40000W*k	1 или 5 A

4.2.4 Описание меню на ЖКД

[32] PHASE POWER (3-ТА ПО МОЩНОСТИ)	**Заголовок подменю “PHASE POWER” (ЗАЩИТА ПО МОЩНОСТИ)**
P>? YES (ДА)	**Описание:** конфигурация (ввод в работу) 1-й ступени P> **Диапазон:** YES (ДА)/NO (НЕТ)
P> 5000 x КВт	**Описание:** уставка срабатывания 1-й ступени P> **Диапазон:** от 1 до 10000 x КВт, шаг = 1 x КВт
tP> 60,00 мс	**Описание:** задержка срабатывания 1-й ступени P>**Диапазон:** от 0 до 150с, шаг = 0.01с
P>>? YES (ДА)	**Описание:** конфигурация (ввод в работу) 2-й ступени P>**Диапазон:** YES (ДА)/NO (НЕТ)
P>> 7000 x КВт	**Описание:** уставка срабатывания 2-й ступени P>**Диапазон:** от 1 до 10000 x КВт, шаг = 1 x КВт
tP>> 30,00 с	**Описание:** задержка срабатывания 2-й ступени P>**Диапазон:** от 0 до 150с, шаг = 0.01с

Примечание:

– Q> = 1,2 * Sn

– $\alpha = 2^0$

5. ОПИСАНИЕ РАБОТЫ И ПРИНЦИПЫ ВЫБОРА УСТАВОК ФУНКЦИИ АПВ (P126 & P127)

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.

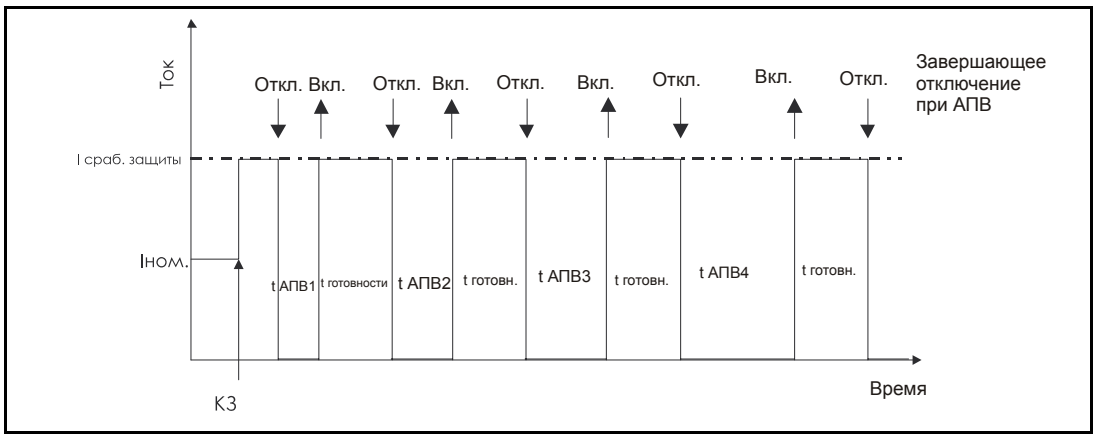
На следующем рисунке приведена диаграмма работы 4-х кратного АПВ (максимально возможное количество циклов) вплоть до последнего отключения:

tАПВ1, tАПВ2, tАПВ3, tАПВ4 = бестоковые паузы 1, 2, 3 и 4 таймеров бестоковой паузы АПВ

t готовн. = время готовности АПВ (Reclaim time)

Откл. = Отключение выключателя

Вкл. = Включение выключателя



ТИПОВАЯ ДИАГРАММА ЦИКЛОВ АПВ

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 использования 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 выгода потому, что повторное включение поврежденного кабеля приведет к еще большему повреждению.

Диапазон регулирования уставок и меню конфигурирования функции АПВ приведены подробно в разделах **Технические данные и характеристики срабатывания (TD)** и **Руководство для пользователя (FT).**

Функция АПВ интегрированная в реле P126 и P127 работает по типовой логике с дополнительными функциональными возможностями.

В следующем разделе приведены уставки конфигурирования работы функции АПВ:

5.1 Доступные уставки

В следующей таблице перечислены уставки параметров функции

Текст меню	Диапазон уставки		Шаг
PROTECTION G1 (УСТАВКИ 1 (2))	**MIN**	**MAX**	
Autoreclose? ([79] АПВ ?)	NO (НЕТ)	YES (ДА)	NO (НЕТ)/ YES (ДА)
Ext CB Fail? ([79] ВНЕШ. ПОВР ВЫКЛ. ?)	NO (НЕТ)	YES (ДА)	
Ext CB Fail Time ([79] t ВНЕШН. =)	0,010 с	600 с	0,010 с
Ext Block? ([79] БЛОК. АПВ ?)	NO (НЕТ)	YES (ДА)	
tD1 ([79] ВРЕМЯ АПВ 1 =)	0,010 с	300 с	0,010 с
tD2 ([79] ВРЕМЯ АПВ 2 =)	0,010 с	300 с	0,010 с
tD3 ([79] ВРЕМЯ АПВ 3 =)	0,010 с	600 с	0,010 с
tD4 ([79] ВРЕМЯ АПВ 4 =)	0,010 с	600 с	0,010 с
Reclaim Time tR ([79] ВРЕМЯ ПАУЗЫ АПВ=)	0,020 с	600 с	0,010 с
Inhibit Time tI ([79] ВРЕМЯ ЗАПРЕТА =)	0,020 с	600 с	0,010 с
Phase Cycles ([79] ВЫБОР ЧИСЛА АПВ МТЗ =)	0	4	1
E/Gnd Cycles ([79] ВЫБОР ЧИСЛА АПВ ЗНЗ =)	0	4	1
Cycles ([79] Циклы АПВ) tI>	4321 0000	4321 2222	0/1/2
Cycles ([79] Циклы АПВ) tI>>	4321 0000	4321 2222	0/1/2
Cycles ([79] Циклы АПВ) tI>>>	4321 0000	4321 2222	0/1/2
Cycles ([79] Циклы АПВ) tIe>	4321 0000	4321 2222	0/1/2
Cycles ([79] Циклы АПВ) tIe>>	4321 0000	4321 2222	0/1/2
Cycles ([79] Циклы АПВ) tIe>>>	4321 0000	4321 2222	0/1/2
Cycles ([79] Циклы АПВ) tPe/IeCos>	4321 0000	4321 2222	0/1/2
Cycles ([79] Циклы АПВ) tPe/IeCos>>	4321 0000	4321 2222	0/1/2
Cycles ([79] Циклы АПВ) tAux1 (t ДОП.1)	4321 0000	4321 2222	0/1/2
Cycles ([79] Циклы АПВ) tAux2 (t ДОП.2)	4321 0000	4321 2222	0/1/2

Пример уставки :

[79] Циклы АПВ tI>	4321 1201

Данная уставка задает действия функции АПВ при срабатывании ступени tI> в четвертом, третьем, втором и первом цикле.

0 = АПВ не запускается при отключении от данной ступени : безусловное отключение

1= отключение от данной ступени сопровождается пуском АПВ

2= в данном цикле АПВ ступень tI> не действует на отключение независимо от того что ступень сконфигурирована на отключение в соответствующем меню

Если, например, задано 1201,то это означает что:

1) Первое отключение от tI> приводит к пуску АПВ

2) Отключение от tI> во втором цикле АПВ не запускает АПВ т.е. дальнейшего АПВ не последует, если отключение было именно от этой, а не от других ступеней. (в приведенном выше таблице это могут быть tI>>, tI>>>, tIe>, tIe>>>)

3) В третьем цикле АПВ ступень tI> на отключение не действует (КЗ отключается другими защитами (ступенями)

4) Действие ступени tI> в четвертом цикле АПВ аналогично действию в первом с той лишь разницей, что пятого цикла АПВ все равно не будет (до 4 циклов)

5.2 Конфигурирование логики работы АПВ

5.2.1 Ввод в работу

Для ввода в работу функции АПВ необходимо выполнить корректные уставки параметров.

При некорректном задании уставок функции АПВ на дисплее реле выводится сообщение: **Conflict Recloser (Неверная конфигурация АПВ).**

5.2.2 Уставки и функциональные настройки

Ниже приведена последовательность задания уставок при использовании интерфейса передней панели реле.

1. **Enable the Autoreclose (Ввести АПВ)**

Установите значение **Yes (Да)**.
Сразу после этого может появиться сообщение «**Conflict Recloser» (Неверная конфигурация АПВ)**. **Не беспокойтесь,** вы только начали процесс ввода уставок функции и часть из них еще не введена.

2. **Ext CB Fail (Внешний сигнал неготовности выключателя/привода)**

Использование данного сигнала позволяет учитывать состояние выключателя в процессе работы АПВ. Этот сигнал поступает от выключателя (например, **Low SF6 –** низкое давление элегаза) и должен быть назначен на один из свободных дискретных входов реле в меню конфигурирования входов AUTOMAT. CTRL/INPUTS (АВТОМАТИКА/ВХОДЫ). Если вы решаете контролировать исправность/готовность выключателя/ привода, задайте уставку **Yes (Да)**, тогда вам будет необходимо задать время таймера **Ext CB Fail Time (Время готовности выключателя)**. Выключатель/привод будет объявлен не готовым к включению и соответственно включение от АПВ будет блокировано, если после истечения выдержки таймера **Ext CB Fail Time (Время готовности выключателя)** сигнал **Ext CB Fail (Готовность выключателя)** по прежнему присутствует на входе реле. Таймер готовности выключателя запускается после истечении выдержки времени цикла АПВ (таймер tD). Если в течении времени отсчета таймера ожидания готовности выключателя (**Ext CB Fail Time**) сигнал неготовности/неисправности выключателя исчезнет, то функция АПВ продолжает работать в соответствии с заданными уставками. Если задана уставка **No (Нет)**, то функция **Ext CB Fail (Внешний сигнал неготовности выключателя)** не активируется.

3. **Ext Block (Внешняя блокировка АПВ)**

Сигнал **Ext Block (Внешняя блокировка)** позволяет блокировать работу АПВ внешним сигналом. Если установлена уставка **Yes (Да)**, то для ее активирования необходимо назначить один из свободных дискретных входов на прием сигнала блокировки АПВ (**Block 79**) в меню конфигурирования входов AUTOMAT. CTRL/INPUTS (АВТОМАТИКА/ВХОДЫ). При активировании сигнала **Ext Block (Внешняя блокировка)** путем подачи напряжения на соответствующий дискретный вход реле, функция АПВ блокирована после отключения от защит пускающих АПВ в соответствии с матрицей конфигурации циклов. (Для пуска АПВ от внешних защит используют входы tAux.1 и tAux2).

4. **Времена циклов (tD1, tD2, tD3, tD4) и окно в 50 мс**

Цикл АПВ запускается при формировании команды отключения от защиты (МТЗ, ЗНЗ или по внешнему сигналу) при включенном выключателе (вход 52а находится под напряжением). Таймер цикла АПВ (**tD1, tD2, tD3, tD4**) запускается если снимается сигнал с дискретного входа (52а) подключенного к вспомогательному контакту выключателя и возвращается пусковой орган защиты. Это означает, что выключатель отключился. Если при отключении выключателя от защиты сигнал 52а не снимается, то через фиксированное время в 2 сек (для сети частотой 50Гц) или 1,67 сек (для сети 60Гц) функция АПВ возвращается в исходное состояние (т.е. пуска нет). Если же при работе защит сигнал 52а меняет свое состояние но пусковой орган защиты остается активным (в сработанном состоянии), таймер цикла АПВ (tD) запустится в этом случае лишь после возврата пускового органа защиты.
В описанных выше случаях КОНТРОЛЬНОЕ ВРЕМЯ НЕ ПРЕДУСМОТРЕНО.
Сигнал «52а» должен быть назначен на один из дискретных входов в меню AUTOMAT. CTRL/INPUTS (АВТОМАТИКА/ВХОДЫ). Состояние сигнала «52а» в зависимости от состояния выключателя при ведено в следующей таблице.

Состояние вспомогательных контактов выключателя		Состояние выключателя
52A	52B	----------
Разомкнут	Замкнут	Отключен
Замкнут	Разомкнут	Включен

При запуске таймера цикла АПВ (tD), активируется еще одно окно времени. Отсчет времени этого интервала (окна) начинается одновременно с пуском таймера **tD**. Длительность интервала составляет 50 мс.

Если в течение этого окна (50мс) сигнал пускового органа защиты, подействовавшей на отключение выключателя, носит прерывистый (неустойчивый) характер, АПВ блокируется.

5. **Reclaim Time tR (Время готовности АПВ)**

После истечения выдержки времени таймера цикла АПВ (**tD**), функция дает команду на включение выключателя через одно из выходных реле. При этом запускается таймер готовности (**tR**) при условии, что сигнал «52а» активен (под напряжением). Это означает, что выключатель включен.
При посылке команды включения выключателя также запускается таймер **tClose Pulse (длительность импульса включения)**. При работе этого таймера контролируется состояние сигнала 52а (ожидается его переход с низкого на высокий логический уровень при успешном включении выключателя). Если статус сигнала 52а не изменился до истечения выдержки времени таймера задающего длительность команды включения (tClose Pulse), наступает состояние нарушения контрольного времени, что в свою очередь ведет к блокировке АПВ. В противном случае, отсчет времени сбрасывается и АПВ продолжает работу в соответствии с уставками.
Уставки таймера длительности команды на включение выключателя (tClose Pulse) выполняется в подменю AUTOMAT. CTRL/CB Supervision (АВТОМАТИКА/Контроль выключателя).
Если во время отсчета выдержки времени готовности АПВ (tR) изменится состояние сигнала 52а с высокого на низкий логический уровень (выключатель из включенного состояние переходит в отключенное), функция АПВ блокируется.

Если во время отсчета выдержки времени готовности АПВ (tR) не произойдет отключения ни от одной из внутренних или внешних по защит, по истечении выдержки времени готовности функция АПВ переходит в начальное состояние готовности к повторной работе согласно заданной матрицы пусков циклов АПВ.

6. **Inhibit Time (Время запрета АПВ) tI**

Таймер запрета/блокировки АПВ запускается всякий раз когда выполняется оперативное (ручное) включение выключателя. Все отключения выключателя в течении времени работы таймера **tI** ведут к блокированию АПВ. Уставка **Inhibit Time (tI)** –используется для предотвращения пуска АПВ при оперативном включении выключателя на короткое замыкание.

7. **Количество циклов АПВ от МТЗ и ЗНЗ**

Максимальное количество циклов АПВ которое может быть задано в реле P126 и P127 составляет 4. Пользователь может задать пуск 4 циклов от МТЗ и 4 цикла от ЗНЗ а также и до 4 циклов от других защит. В любом случае функция АПВ способна выполнить всего не более 4 попыток автоматического включения выключателя.
Что это может означать?
Например мы задали по 4 попытки повторного включения инициированными пусками от МТЗ и 4 от ЗНЗ.
При возникновении замыкания были выполнены две попытки включения выключателя при пусках АПВ от МТЗ и если следующее КЗ будет замыканием на землю, АПВ способно использовать оставшиеся попытки включения. Количество циклов АПВ инициированных от МТЗ и ЗНЗ должно задаваться в матрице конфигурации циклов АПВ. Задание «0» для МТЗ и/или для ЗНЗ означает что всякое отключение от МТЗ или ЗНЗ считается последним (завершающем) отключением для функции АПВ. В таком случае АПВ блокируется.

8. **Матрица конфигурации циклов АПВ**

Начиная с программного обеспечения версии 6A, пользователь имеет возможность назначить для каждой из ступеней МТЗ от междуфазных КЗ, для каждой ступени максимальной токовой защиты от замыканий на землю или от защиты по мощности, а также для внешних защит действующих через дискретные входы назначенные как tAux 1 (tДОП.1) и tAux2 (tДОП.2), действовать на отключение с последующим пуском или без пуска цикла АПВ или вообще не действовать на отключение (в данном цикле АПВ). Данный выбор предоставляется для каждого из циклов АПВ. В приведенной ниже таблице даны возможности конфигурирования работы защит в циклах АПВ.

Cycles tI> ([79] Циклы АПВ)	4321 0000	4321 2222	0/1/2
Cycles tI>> ([79] Циклы АПВ)	4321 0000	4321 2222	0/1/2
Cycles tI>>> ([79] Циклы АПВ)	4321 0000	4321 2222	0/1/2
Cycles tIe> ([79] Циклы АПВ)	4321 0000	4321 2222	0/1/2
Cycles tIe>> ([79] Циклы АПВ)	4321 0000	4321 2222	0/1/2
Cycles tIe>>> ([79] Циклы АПВ)	4321 0000	4321 2222	0/1/2
Cycles tPe/IeCos> ([79] Циклы АПВ)	4321 0000	4321 2222	0/1/2
Cycles tPe/IeCos>> ([79] Циклы АПВ)	4321 0000	4321 2222	0/1/2
Cycles ([79] Циклы АПВ)	4321	4321	0/1/2

tAux1	(t ДОП.1)	0000	2222	
Cycles tAux2	([79] Циклы АПВ) (t ДОП.2)	4321 0000	4321 2222	0/1/2

Уставки 0, 1 и 2 означают:

0 = все отключения данной ступенью (в данном цикле) рассматриваются как завершающие. АПВ блокируется (не пускается при отключении от данной ступени).

1= после отключения от данной ступени запускается АПВ

2= срабатывание данной ступени не ведет к срабатыванию выходного реле RL1 и соответственно выключатель не отключается несмотря на то что в меню AUTOMAT. CTRL/Trip Command (АВТОМАТИКА/Заказ. ОТКЛ) эта ступень включена в состав защит/ступеней действующих на отключение (на срабатывание выходного реле RL1). При данной уставке, после истечении выдержки времени таймера готовности (tR) на дисплей реле выводится сообщение “Recloser Successful” (Успешное АПВ). При этом АПВ вновь готово к работе в соответствии с заданной матрицей конфигурации циклов.

Если при дистанционном задании уставок (с помощью S1 или другой программы) выполнена неверная конфигурация матрицы циклов, на дисплее реле вместо уставки 0, 1 или 2 может быть выведен символ **▉**.
В упомянутом выше случае, вывод сообщения не предусмотрен, но АПВ не работает при ошибочно заданных уставках, например если **tI** (время запрета АПВ) задано больше чем выдержка времени сработавшей ступени защиты, АПВ также блокируется. Функция АПВ выполняет циклы (попытки включения) для других (ступеней) правильно заданных уставок.

ПРИМЕЧАНИЕ: Обращайте внимание на задание уставок АПВ выполняемое локально или дистанционно.

Уставки количества циклов для МТЗ и ЗНЗ и уставки матрицы конфигурации циклов АПВ строго взаимосвязаны между собой.

Ниже приведен пример задания количества циклов АПВ. Правила определения количества доступного количества циклов также приведены ниже.

1. Для того чтобы иметь хотя бы одну попытку автоматического включения должно быть задано значение «1».
2. Количество единиц подсчитывается начиная с правой стороны

	A	**B**	**C**	**D**
Cycles ([79] Циклы АПВ) tI>	4321 **0000**	4321 **0011**	4321 **0011**	4321 **0010**
Cycles ([79] Циклы АПВ) tI>>	4321 **0000**	4321 **0200**	4321 **1200**	4321 **1000**
Cycles ([79] Циклы АПВ) tI>>>	4321 **0010**	4321 **0002**	4321 **2010**	4321 **0021**
Cycles ([79] Циклы АПВ) tAux1 (для МТЗ)	4321 **1110**	4321 **0100**	4321 **0000**	4321 **0020**
Подсчет количества единиц	**1110**	**0111**	**1011**	**1011**
Уставка количества циклов (с пуском от МТЗ)	**0**	**3**	**2**	**2**

Ниже приведены два примера задания уставок.

Пример 1

Мы предполагаем задать следующие уставки АПВ.
tI=0,5 с, tD1= tD2= tD3= tD4= 1 с; tR = 2 с
Количество циклов равно 2.

CYCLES	**4321**
tI>	**0211**

Ступень tI> = ON в меню AUTOMAT. Ctrl/Trip Command (АВТОМАТИКА/ Заказ ОТКЛ.)

При данных уставках мы будем иметь две попытки автоматического включения. Третья будет выполняться без команды на отключение и если истечет выдержка времени таймера tR (готовность АПВ) на дисплей реле выводится сообщение “Recloser Successful” (Успешное АПВ).

В конце третьего цикла (задано значение =2) АПВ возвращается в исходное состояние. Если работает tI>, начинается новый отсчет циклов АПВ.

Пример 2

Мы предполагаем задать следующие уставки АПВ.

tI=0,5 с, tD1= tD2= tD3= tD4= 1 с; tR = 2 с

Количество циклов равно 4.

CYCLES	**4321**
tI>	**0211**

CYCLES	**4321**
tI>>	**1111**

Ступень tI> и tI>= ON в меню AUTOMAT. Ctrl/Trip Command (АВТОМАТИКА/ Заказ ОТКЛ.)

Если при возникновении КЗ отключения будут только от tI> то работа функции АПВ не будет отличаться от описанной выше (Пример 1). Если в третьем цикле вместо tI> будет отключение от tI>> , функция АПВ будет работать в соответствии с уставками конфигурации циклов при работе tI>> (Пример 2).

5.2.3 Блокировка АПВ

Если защита сработает во время работы таймера готовности или будет завершающее отключение при исполнении попыток автоматического включения, функция АПВ блокируется и находится в этом состоянии до снятия блокировки.

В течение tD + tR АПВ блокируется при/от:

- Любой команды отключения поданной на выключатель
- Отключение от защиты при повышении напряжения 3Uo (59N)
- Отключение от МТЗ обратной последовательности (46)
- Отключение от защиты при тепловом перегрузе (49)
- Достигнуто предельное заданное количество попыток АПВ
- Уставка конфигурации циклов (сработавшей защиты) задана =0
- Срабатывание УРОВ (52BF)
- Неисправность цепей отключения (TCS)
- Диагностика состояния выключателя
- Время включения/отключения выключателя больше заданной уставки

Если во время цикла АПВ будет потеряно питание реле, функция АПВ вернется полностью в исходное состояние.

Блокировка АПВ может быть снята путем:

- Подачи команды ручного включения выключателя
- Подтверждением сообщения на дисплее реле путем нажатия клавиши «C» на передней панели реле
- Подтверждением полученных сигналов локально (с помощью программы связи S1) или дистанционно.

5.2.4 Дискретные входы функции АПВ

Для обеспечения функциональности АПВ необходимо выполнить конфигурации дискретного входа для контроля состояния выключателя по положению вспомогательного контакта (52a). Невыполнение данной конфигурации приведет к появлению сигнала **"Conflict Recloser"** (Неверная конфигурация АПВ).

Используемый сигнал должен удовлетворять условиям:

Состояние вспомогательного контакта	**Положение выключателя**
52a	**----------**
Разомкнут (низкий уровень)	Выключатель отключен
Замкнут (высокий уровень)	Выключатель включен

5.2.5 Выходные реле функции АПВ

Функция АПВ обеспечивает информацию о работе АПВ **79 Run (Идет цикл АПВ)** и **79 Trip (АПВ Отк.)**.

Функция АПВ выдает команду на включение выключателя **CB Close (Включить выключатель)**

Команда **CB Close (Включить выключатель)** должна быть назначена на выходное реле действующее на включение выключателя.

Данная уставка должна быть назначена при конфигурировании функции АПВ. Отсутствие уставки ведет к появлению **"Conflict Recloser"** (Неверная конфигурация АПВ).

Наличие сигнала **79 Run (Идет цикл АПВ)** говорит о том, что идет отсчет таймера цикла **tD** или таймера готовности **tR**. Сброс (возврат) сигнала **79 Run (Идет цикл АПВ)** происходит по истечению выдержки таймера готовности (**tR**) последнего из запрограммированных циклов или в случае блокирования АПВ.

Сигнал **79 Trip (АПВ Отк.)** появляется если АПВ переходит в состояние блокирования (после исчерпания всех разрешенных попыток автоматического включения).

5.2.6 Светодиоды функции АПВ

На светодиоды с 5 по 8 на передней панели реле может быть выведена следующая информация о работе функции АПВ: сигнал 'Recloser Run' (Продолжается работа АПВ) эквивалентная сигналу '79 Run' и сигнал 'Recloser Blocked' (АПВ блокировано), аналогично сигналу '79 Trip' (АПВ Отк.)

5.2.7 Измерения связанные с функцией АПВ

В меню измерения могут быть выведены данные счетчиков количества операций выполненных АПВ. Показания всех счетчиков, при необходимости, могут быть сброшены в 0 путем нажатия клавиши «C» на передней панели реле или средствами

локального либо удаленного доступа (например, с помощью программы связи MiCOM S1).

Доступные счетчики:

- Общее количество АПВ (Reclosers number)
- Количество АПВ1
- Количество АПВ2
- Количество АПВ3
- Количество АПВ4

5.2.8 Рекомендации по выбору уставок АПВ

Ниже приведены основные уставки необходимые для ввода в работу функции АПВ.

Напомним, что необходимо учитывать совместимость данных заданных в матрице конфигурирования циклов и уставкам определяющими количество циклов (попыток автоматического включения).

Недействительная конфигурация, заданная для функции АПВ ведет к появлению сигнала (**Conflict Recloser – Неверная конфигурация АПВ).**

УСТАВКИ КОНФИГУРАЦИИ ФУНКЦИИ АПВ		
Autoreclose (АПВ) ?	ON (ВКЛ.)	
Phase Cycles (Кол-во циклов при пуске от МТЗ) или/и E/Gnd Cycles (кол-во циклов при пуске от ЗНЗ)	Как минимум одна «1»	Если задать все «**0**», то АПВ не будет (недоступно)
Согласованность между количеством циклов и матрицей конфигурации циклов	1234 0111	Максимальное количество доступных циклов (при данной матрице) составляет ≤ 3
Команда отключения (Trip)	Хотя бы одна команда отключения (Trip)	Достаточно того, что хотя бы одна из ступеней МТЗ или/и ЗНЗ была назначена на отключение (вошла в список команд назначенных на откл.)
Один из дискретных входов от 1 до 7. Данный вход должен назначен на срабатывание по высокому уровню сигнала на входе (уставки по умолчанию)	52a	Сигнал, подаваемый на данных вход, должен соответствовать положению выключателя: Высокий уровень сигнала – Выключатель включен, низкий уровень – выкл-ль отключен.
Одно из выходных реле от 2 до 8	CB Close (Включить выкл-ль)	Данное реле должно быть назначено на срабатывание <u>только</u> для этой функции (только по этой команде).

5.2.9 Количество циклов (попыток автоматического выключения)

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.

5.2.10 Уставка времени бестоковой паузы.

Уставка продолжительности бестоковой паузы зависит от рада следующих факторов.

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 потребуется более продолжительное время, необходимое для снятия оперативных команд управления и т.п.

Прекращения 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.

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.

БАПВ 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.

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 = $\left(10.5+\frac{V_{sys}}{34.5}\right)\times\frac{1}{f}[сек]$

Где V_{sys} = напряжение системы (в кВ)

f = частота (Гц)

Так для сети 50Гц напряжением 66кВ время деионизации составит 0,25с

Для сети напряжением 132кВ - 0,29с

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

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

1-й цикл АПВ 5-10 сек

2-й цикл АПВ 30 сек

3-й цикл АПВ 60-100 сек

4-й цикл АПВ (не используется Великобритании, однако применяется в ЮАР) = 60-100 сек

5.2.10.1 Время готовности АПВ

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 случая 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 продляется за счет интервала времени отведенного на подтверждение готовности привода, если к моменту истечении выдержки времени таймера бестоковой паузы

АПВ, привод не готов, путем задания соответствующей уставки функции АПВ. Блокировка АПВ наступает, если по истечении этой выдержки времени привод выключателя по прежнему не готов.

- 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 блокированию схемы АПВ и вводу неселективных ступеней.

- Если возникнет такая ситуация, то устойчивое КЗ будет воспринято как последовательность неустойчивых КЗ с повторяющимися безуспешными пытками 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.

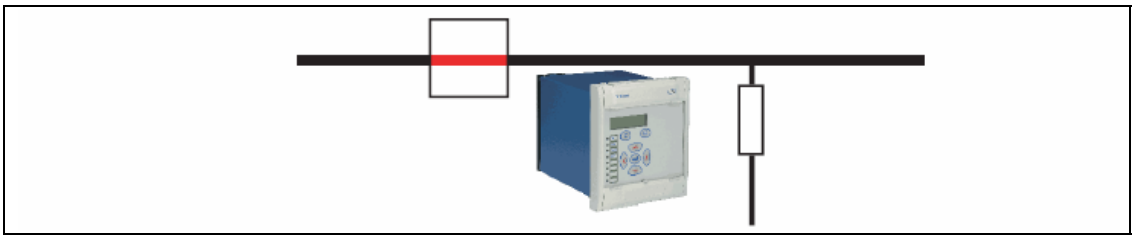
- Чувствительная защита от замыканий на землю используется для определения замыканий с большое активное сопротивлением и обычно имеет большую выдержку времени, порядка 10-15с. Возможно необходимо принять во внимание время работы этой защиты, если разрешено АПВ после ее срабатывания в течении работы таймера времени готовности АПВ и при этом таймер готовности не блокируется сигналом пуска этой защиты. Чувствительная защита предназначена работать в таких случаях как, например, замыкание оборванного провода на сухой грунт или деревянный забор. Такие замыкания не являются неустойчивыми и могут представлять опасность для населения. Обычной практикой является блокирование АПВ при работе чувствительной защиты от замыканий на землю и блокирование включения выключателя.

- 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 составляет 3-10с, что позволяет избежать излишних продолжительных отключений в случае грозы. Однако, времена готовности 60-180с также могут быть установлены.

5.2.11 Согласование с предохранителями

При использовании АПВ необходимо принимать во внимание возможность согласования с предохранителями. Использование плавких вставок является типовым для защиты отпаечных линий в сельской местности.



Предполагаемые уставки для защит и АПВ приведены ниже, остальные уставки должны отвечать приведенным ранее требованиям.

Направленная МТЗ [67]	
I> Введена	I>> Введена
Ток срабатывания I> 8 In	Ток срабатывания I>> 10 In
Выдержка времени tI> 5 сек	Выдержка времени tI>> 0 сек
АПВ (приведена только матрица конфигурации циклов)	
Пуски циклов АПВ от tI>	4321 0110
Пуски циклов АПВ от tI>>	4321 0120
Пуски циклов АПВ от tI>>>	4321 0000
Пуски циклов АПВ от tAux 1	4321 0000
Количество циклов при пусках от МТЗ	1

Возможная последовательность работы устройства:

1. Замыкание на отпаечной линии (за предохранителем)

2. Действие на отключение без выдержки времени I>> и отключение выключателя.

3. Пуск таймера длительности бестоковой паузы первого цикла АПВ (tD1)

4. Завершение отсчета выдержки времени tD1

5. Включение выключателя и пуск таймера готовности АПВ (tR).

   Благодаря уставке АПВ пуск I>> не сопровождается действием на отключение выключателя (уставка 2-го цикла задана «2»). В течение выдержки времени установленной для ступени I> (5 сек) повреждение будет отключено/устранено благодаря перегоранию предохранителя или самоустранится благодаря длительности протекания тока повреждения.

Перегорание предохранителя

Самоустранение повреждение («выгорание» перемычки)

Приведенный выше пример служит лишь иллюстрацией возможности применения АПВ с уставкой матрицы конфигурации циклов равной «2».

6. ФУНКЦИИ УПРАВЛЕНИЯ И АВТОМАТИКИ

6.1 Команда отключения

Данное меню используется для назначения отключения от функций защиты и автоматики с действием на срабатывание выходного реле отключения RL1. Более подробно процедура задания уставки описана в документе P12y/RU FT (Руководство для пользователя).

Поскольку реле RL1 используется исключительно для вывода команды отключения выключателя, данный логический выход также используется для запуска пуска других функций связанных с работой и управлением выключателя.

6.2 Фиксация срабатывания выходных реле

Данная функциональная возможность может быть использована в тех случаях, кода требуется удерживание реле в сработанном состоянии после исчезновения причины вызвавшей его срабатывание.

С использование данного меню можно установить запоминание срабатывания реле от 1 до 8. Реле, связанные с работой функции АПВ (79) не должны устанавливаться на запоминание срабатывания.

6.3 Защита при обрыве проводника (P126 и P127)

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 (сериесных) 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 типа **MiCOM P126 и P127** интегрирован измерительных 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.

6.3.1 Рекомендации по выбору уставок

В сети с единственной точкой заземления, ток нулевой последовательности будет незначителен и, следовательно, отношение токов I2/I1, протекающих в защищаемой цепи, приближается к 100%. В сети с большим числом заземлений (при условии, что импедансы всех последовательностей равны), отношение I2/I1 составит 50%.

Диапазоны регулирования уставок для защиты при обрыве проводника приведены в разделе **Технические данные и характеристики срабатывания** (TD, а описание работы с меню описано в разделе **Руководство для пользователя (FT).**

6.3.2 Пример выбора уставок

Изменения, выполненные при проведении наладочных работ:

I full load = 500A (максимальный ток нагрузки)

I2 = 50A

Отношение токов I2/I1 в нормальном режиме:

I2/I1 = 50/500 = 0.1

Допуская возможные изменения нагрузки уставку в 200% от этой величины можно принять как типовую: Следовательно, уставка **RATIO I2/I1** (КОЭФФ. I2/I1) = 20%

Уставка времени срабатывания: **tBC** (tОБ) = 60с, обеспечивает отключения коротких замыканий защитами с выдержкой времени.

6.4 Блокировка при броске тока намагничивания (только P127)

Любой из органов I>>/Ie>> or I>>>/Ie>>> может быть использован в качестве мгновенной ступени (без выдержки времени) с высокой уставкой срабатывания. Принцип работы данных органов таков что они не реагируют на апериодическую составляющую тока. Данный принцип работы позволяет задавать уставку срабатывания до 35% ниже ожидаемого пикового значения броска тока намагничивания при постановке под напряжение силового трансформатора. В первом приближении пиковое значение броска тока намагничивания выраженное в относительных единицах, обратно пропорционально величине последовательного реактанса трансформатора.

В качестве альтернативы может быть использована блокировка от броска тока намагничивания. Далее приведено описание данной функциональной возможности.

В тех случаях, когда по условию обеспечения требуемой чувствительности уставки ступеней защит максимального тока должны быть заданы ниже ожидаемого броска тока при включении трансформатора, блокировка от броска тока намагничивания может быть использована для блокирования МТЗ от м/ф КЗ, ЗНЗ и ТЗОП (токовая защита обратной последовательности). Постоянная составляющая в броске тока намагничивания трансформатора может составлять до 70% от полного тока. На практике уровень второй гармоники может отличаться по фазам и следовательно реле формирует сигналы блокировки для всех фаз у которых превышена заданная уставка (по 2-й гармонике). В большинстве случае применения может считаться приемлемой уставка от 15% до 20%. Следует помнить, что высокие значения уставки могут не обеспечить блокирование ступеней токовых защит при невысоком уровне второй гармоники и как следствие к излишнему срабатыванию реле на отключение выключателя при постановке трансформатора под напряжение. Слишком низкие значения данной уставки может привести к блокированию защиты при внутренних повреждениях трансформатора сопровождающихся значительной апериодической составляющей тока повреждения.

AUTOMAT. CTRL (АВТОМАТИКА)	Заголовок меню АВТОМАТИКА
INRUSH BLOCKING (БЛОК. I НАМАГ.)	Подзаголовок меню Блокировки броска тока намагничивания. Для перемещения в пределах меню используйте клавиши стрелки вверх или вниз. Для изменения уставки нажмите клавишу Ввод (Enter). Установив требуемую уставу при помощи клавиш стрелок, подтвердите сделанный выбор, путем нажатия клавиши Ввод (Enter).
Inrush Block. ? Блок. I намаг.Yes (Да)	Ввод/вывод из работы функции блокировки. Доступный выбор: Да, Нет. Если выбрано Да, то появляется следующее окно. Если выбрано Нет, то функция остается неактивной.
Inr. Harmonic 2 ration (Отношение 2-й гарм. в токе намаг. 20,0 %	Индикация уставки процентного соотношения второй гармоники в токе намагничивания. Диапазон регулирования: от 10 до 35%, с шагом 0,1%
t Inrush reset (t возврата блок. I намаг.) 0,00 с	Индикация уставки таймера задержки возврата блокировки при броске тока намагничивания. Диапазон регулирования: от 0 до 2 сек, с шагом 0,1 сек
Inrush Block. On I> YES/NO I>> YES/NO I>>> YES/NO Ie> YES/NO Ie>> YES/NO Ie>>> YES/NO I2> YES/NO I2>> YES/NO I2>>> YES/NO	Индикация ступеней защит подлежащих блокировке при броске тока намагничивания. Выберите ступени из списка.

6.5 Функция Пуск-Наброс (P126 и P127)

Функция Пуск-наброс, интегрированная в реле типа **MiCOM P126 и P127**, предоставляет возможность на заданное время изменить выбранные пользователем уставки таким образом, чтобы исключить пуск/срабатывание реле вследствие увеличения тока нагрузки, которое может произойти при включении, например, значительной отопительной нагрузки после длительного отключения энергоснабжения или при включении двигательной нагрузки с большими кратностями пускового тока.

При включении фидера, в течении некоторого времени ток может значительно превышать ток нормального нагрузочного режима. Вследствие этого, максимальные токовые защиты, рассчитанные для защиты от коротких замыканий, могут неправильно срабатывать.

Функция Пуск-Наброс (Cold Load Pick-up, сокращенно CLP), интегрированная в реле MiCOM P126 и P127 служит для повышения выбранных пользователем уставок ступеней на заданное время. Это позволяет приблизить уставки защит к токам нагрузки путем автоматического повышения порога срабатывания в момент включения фидера. Данная функция обеспечивает стабильность защиты (отсутствие пусков и срабатываний) без поиска компромиссных уставок (загрубление, отстройка по времени и т.п.).

Доступные уставки и диапазон регулирования приведены в разделе **Технические данные и характеристики срабатывания,** соответствующие меню параметрирования функции приведены в разделе **Руководство для пользователя.**

Таймер **tCL** (tВК) задает время на которое соответствующие ступени МТЗ и/или ЗНЗ будут повышены/понижены (в % от исходной уставки) при получении сигнала через дискретный вход реле (например, при подаче команды включения от ключа управления). По истечении времени таймера **tCL**, все выбранные уставки ступеней вернутся к своим исходным значениям или будут разблокированы.

Таймер, связанный с уставкой '**tCL**" запускается при получении сигнала через опто-вход реле, сконфигурированный для запуска этой функции. Оптовход конфигурируется в меню **AUTOMAT. CTRL/INPUTS** (АВТОМАТИКА/ВХОДЫ). На оптовход может быть подключен блок-контакт выключателя (52a или 52b) или от ключа управления выключателем.

В следующем разделе приведены случаи возможного использования данной функции и рекомендуемые уставки.

6.5.1 Отопительная/охладительная нагрузка

Если фидер питает отопительную или охладительную нагрузку, то могут возникнуть трудности с выбором уставок максимальных токовых защит одинаково приемлемых для нормального и пускового режимов. Проблема заключается в непродолжительном увеличении тока (по отношению к току нормального режима) вслед за включением фидера под нагрузку. Функция Пуск-Наброс, в данном случае, используется для временного повышения выбранных уставок на это время.

При введенной в работу функции Пуск-Наброс, выбираются только те ступени, которые могут неправильно работать в пусковой период. Степень изменения уставки (повышение/понижение) задается в процентах от нормального значения уставки.

Время в течении которого действует измененные уставки ступеней защит, определяется уставкой таймера '**tCL'** (tВК). По истечении этого времени уставки возвращаются к исходным значениям.

При кратковременных перерывах питания нагрузки чаще всего нет необходимости в изменении уставок. В этих случаях функция Пуск-Наброс не активизируется.

6.5.2 Двигательная нагрузка

В общем случае, на фидерах питающих двигательную нагрузку, используются специализированные защиты двигателей, такие как MiCOM P220, P225 или P241. Однако, если по каким-то причинам (возможно по экономическим), такие реле не используются, то в таком случае, функция ПускНаброс, интегрированная в MiCOM P126 или P127, может быть использована для изменения уставок токовых защит на время пуска двигателей.

В зависимости от кратности и длительности пускового тока, возможно достаточно лишь блокировать работу мгновенных ступеней (работающих без выдержки времени). Но если время пуска сопоставимо с выдержками времени замедленных ступеней защиты, необходимо повышать уставку таких ступеней на время пуска. Таким образом для адаптации токовых защит к пусковым режимам могут быть использованы возможности как блокирования так и временного изменения уставки ступеней. Выбор уставок функции Пуск-наброс необходимо выполнять в соответствии с пусковыми характеристиками электродвигателей.

Как было сказано ранее, функция Пуск-Наброс включает возможность повышения уставки первой ступени защиты от замыканий на землю. Это может оказаться полезным в случае если мгновенная ступень защиты от замыканий на землю должна быть включена в состав защит электродвигателя. При пуске двигателя, данная защита может работать некорректно в связи с различным насыщением ТТ по фазам. Насыщение одного или нескольких ТТ пусковым током ведет к небалансу вторичных токов ТТ, который обнаруживается токовым органом ЗНЗ. В таком случае либо вводится замедление на срабатывание защиты либо используется последовательно включенный резистор стабилизации.

Функция Пуск-Наброс предоставляет возможность выбора меньших выдержек времени и уставок по току срабатывания защиты от замыканий на землю по условиям работы в нормальном режиме. Эти уставки могут быть автоматически изменены непосредственно перед пуском электродвигателя.

6.5.3 Защита от замыкания на землю для трансформатора

При подключении реле защиты от замыканий на землю к ТТ собранным по схеме фильтра 3Io для защиты силового трансформатора со схемой соединения обмоток треугольник-звезда, согласование с другими защитами не требуется т.к. имеется обмотка соединенная в треугольник. Однако для обеспечения стабильности реле в переходных режимах при постановке трансформатора под напряжение, устанавливается замедление на срабатывание ЗНЗ или используется резистор стабилизации.

Функция Пуск-Наброс может быть использована по аналогии с описанном выше применением для электродвигателя.

Следует отметить, что этот метод не обеспечивает стабильность ЗНЗ при асимметричном насыщении трансформаторов тока вызванном несимметричным КЗ. Если возникает такая проблема, то лучшим решением будет использование резистора стабилизации.

6.6 Функции МТЗ с управлением по напряжению (51V) и контроль цепей ТН

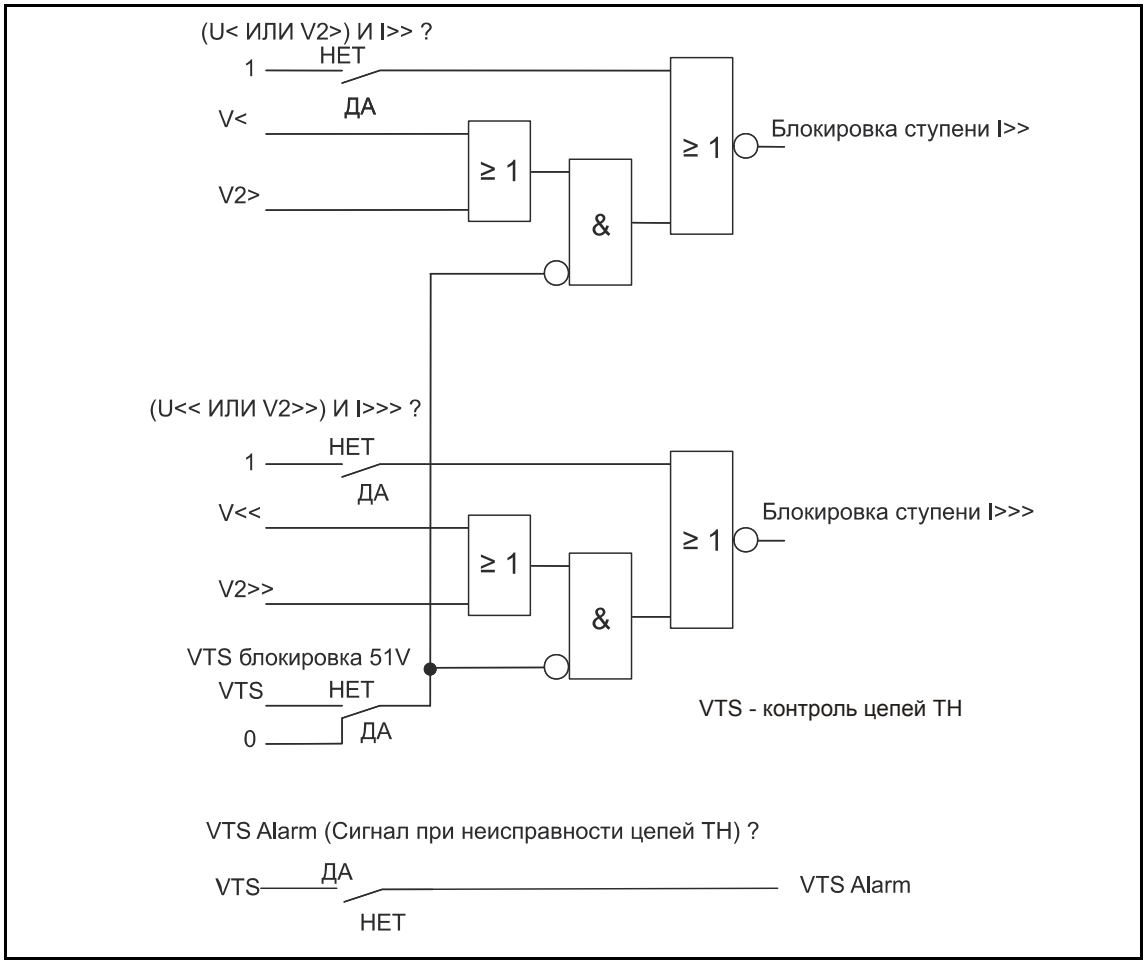
Для обеспечения селективной работы систем релейной защиты в системе необходимо выполнить взаимное согласование реле максимальных токовых защит. Это означает, что короткое замыкание на фидере не отключенное в результате отказа выключателя или защиты фидера должно быть локализовано отключением выключателя расположенного ближе к источнику мощности от токовой защиты отстроенной по времени от отказавшей защиты фидера.

Однако, в случае с отходящими линиями большой протяженности, возникает проблема с обеспечением требуемой чувствительности к междуфазным КЗ в конце защищаемого фидера. Сложность обусловлена тем, что ток срабатывания максимальной токовой защиты должен быть установлен выше максимального тока нагрузочного режима. Если ток короткого замыкания в реле при КЗ в конце защищаемой линии меньше чем ток нагрузки, то для повышения чувствительности защиты в таким видам повреждений, рекомендуется использовать максимальный токовой орган управляемый напряжением (Код ANSI 51V). В этом случае, факт снижения напряжения на шинах может быть использован для снижения уставки срабатывания максимальной токовой защиты.

Функция управления напряжением может быть, по желанию пользователя введена на второй и третьей ступенях основного максимального токового органа. При вводе в работу 51V, уставка тока срабатывания изменяется на коэффициент k в случае если напряжение снижается ниже уставки как показано в следующей таблице:

Основной характеристикой данной версии является логика управления уставкой максимальной токовой защиты по напряжениям V2> (повышения напряжения обратной последовательности) + V< (понижения напряжения) с контролем исправности цепей ТН.

На следующем рисунке приведена функциональная схема логики.



Условия формирования выходного сигнала функции контроля цепей ТН :

VTS = (V2>0.3Vn AND I2<0.5In) ИЛИ (V1<0.1Vn И I>0.1In)

6.7 Дополнительные таймеры (P125, P126 и P127)

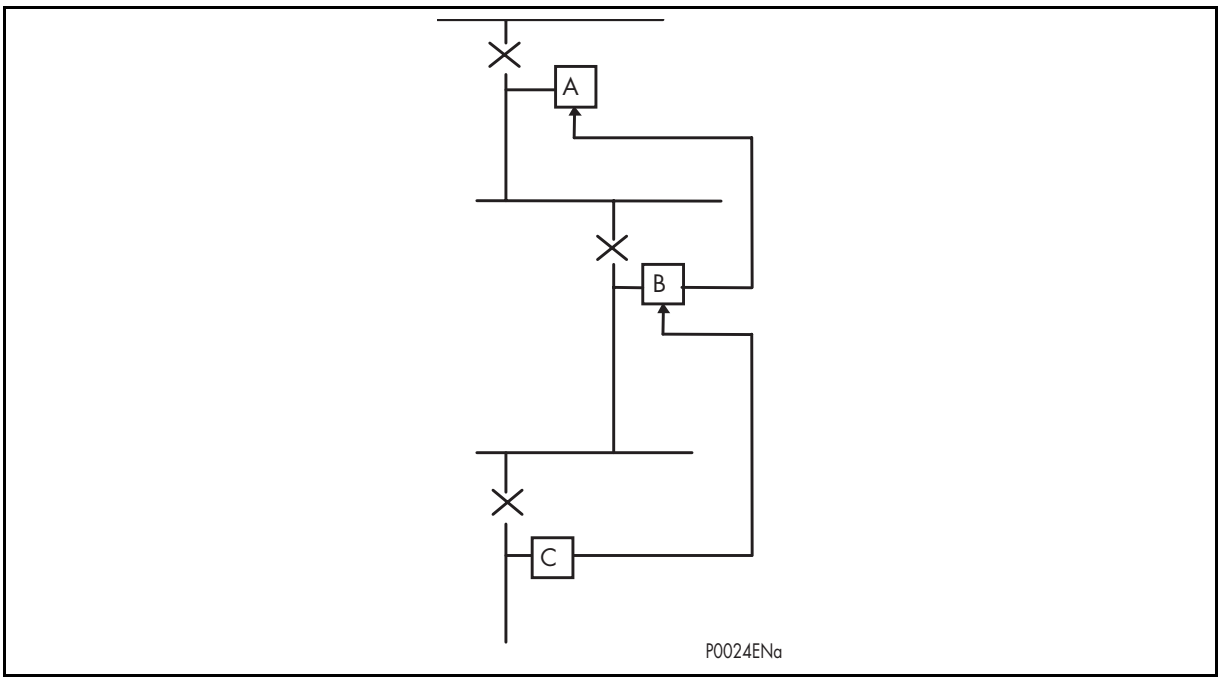
В реле доступны для использования дополнительные таймеры tAux1, tAux2, tAux3 и tAux4, которые могут быть сконфигурированы с соответствующими логическими входами Aux1, Aux2, Aux3 и Aux4 (Доп.1, Доп.2, Доп.3, и Доп.4) в меню ‘ ***АВТОМАТИКА/ВХОДЫ’ (AUTOMAT.CTRL/INPUTS)*** . При поступлении сигналов на эти входы, связанные с ними таймеры запускаются и по истечении заданных выдержек времени замыкаются контакты выходных реле сконфигурированных на работу с этими таймерами в меню ***“АВТОМАТИКА/ВЫХОДЫ“ (AUTOMAT.CTRL/OUTPUTS)*** . Выдержки времени таймеров устанавливаются независимо друг от друга в диапазоне от 0 до 200с.

В реле всегда генерируется соответствующее сообщение сигнализации при истечении выдержки времени установленной на таймерах tAux1 (tДОП.1) и tAux2 (t(ДОП.2). Аналогичное сообщение сигнализации формируется по истечению выдержки таймеров tAux1 (tДОП.1) и tAux2 (t(ДОП.2) только в случае если выходной сигнал этих таймеров назначен на срабатывание выходного реле отключения (RL1) в подменю ЗАКАЗ ОТКЛ. меню АВТОМАТИКА.

6.8 Схема логической селективности (P126 и P127)

На следующем рисунке приведена схема, обеспечивающая селективное отключение без использования каскадного согласования защит.

При использовании схемы логической селективности, пусковые органы нижестоящего реле используются для увеличения выдержки времени вышестоящего реле вместо его блокирования. Такое решение является альтернативой последовательному согласованию максимальных токовых защит. Этот принцип обеспечения селективности представляется более знакомым в ряде энергосистем, нежели принцип логического блокирования МТЗ изложенный ранее.



ТИПОВАЯ СХЕМА ЛОГИЧЕСКОЙ СЕЛЕКТИВНОСТИ

Функция Логической селективности увеличивает на заданную величину выдержку времени второй и третьей ступеней МТЗ, защиты от замыканий на землю (по вычисленным или измеренным значениям тока нулевой последовательности) и чувствительной ЗНЗ. Эта функция инициализируется путем подачи сигнала на оптовход реле (**Log Sel1** или **Log Sel2**) (СЕЛЕК. Л 1 или СЕЛЕК. Л 2), назначенный в меню ***АВТОМАТИКА/ВХОДЫ/ВХОД x= СЕЛЕК. Л 1(2)***.

Для того, чтобы контакты пусковых органов (нижестоящих реле) успели инициировать изменение уставки выдержки времени (вышестоящего реле), вторая и третья ступени должны иметь номинальные (расчетные) выдержки времени срабатывания.

Рекомендации по выбору минимальной выдержки времени идентичны тем, что приведены для схем с логическим блокированием максимальных токовых защит.

Таймеры tСЕЛ. 1 (tSel 1) и tСЕЛ. 2 (tSel 2) имеют независимые уставки.

Диапазоны регулирования уставок и описание меню данной функции приведены в разделах Технические данные и характеристики (TD) и в Руководстве для пользователя (FT).

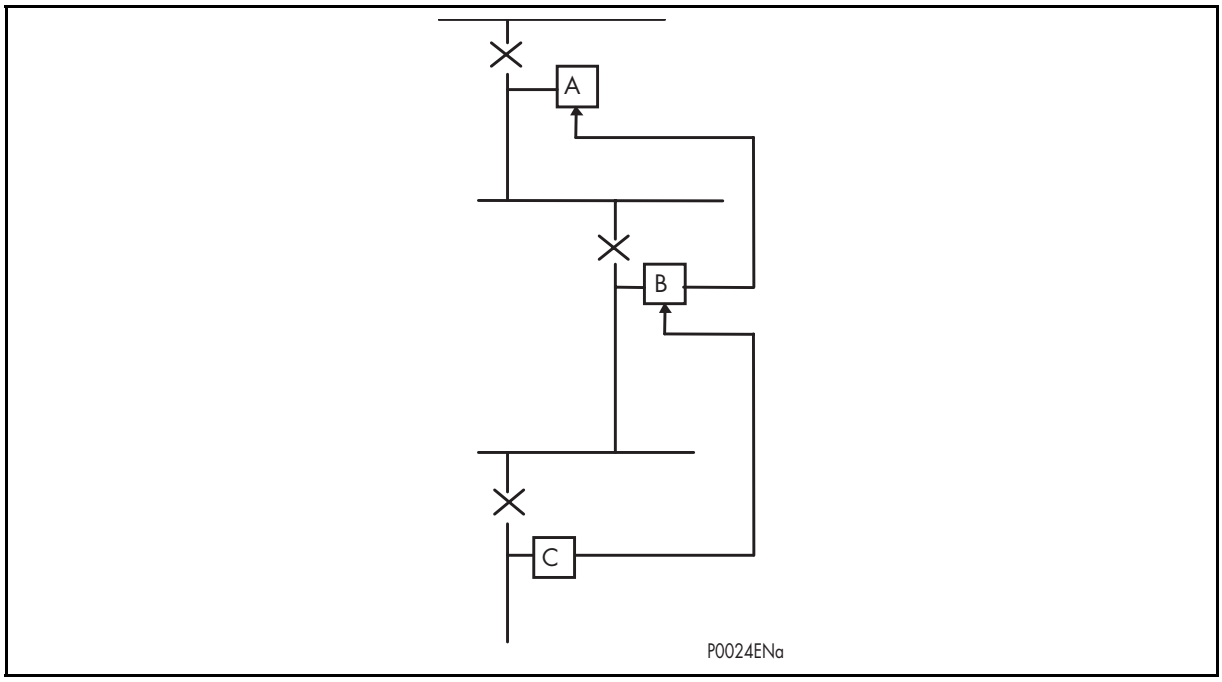
6.9 Блокируемая направленная/ненаправленная МТЗ

Ненаправленные блокируемые токовые защиты могут применяться в радиальной сети при отсутствии или незначительной подпитке КЗ с противоположного конца линии. В случае применения реле для защиты параллельных линий или в кольцевой сети и тому подобных случаях, необходимо применять направленные защиты.

Здесь рассматривается вариант блокирования вышестоящего реле с зависимой характеристикой (IDMT) от пусковых органов нижестоящего реле, если оно определяет превышение уставки по току. В таком случае как вышестоящее, так и нижестоящее реле могут иметь одинаковые уставки по току и времени, поскольку при использовании функции блокирования, автоматически обеспечивается согласование защит. В случае если нижестоящее реле обнаруживает отказ своего выключателя, то оно снимает сигнал блокировки с вышестоящего реле, т.е. вышестоящее реле деблокируется при работе УРОВ нижестоящего реле.

Таким образом при КЗ за реле «С», его пусковой орган блокирует работу реле «В», а его пусковой орган блокирует работу реле «А». Следовательно, все три реле могут иметь одинаковые уставки по току и времени срабатывания, т.к. согласование обеспечивается блокирующим сигналом от реле расположенного ближе к месту КЗ. Данное построение защиты обеспечивает правильное согласование защит с минимальным временем локализации повреждения, но при этом отсутствует резервирование защит при замыкании проводов связи между реле.

Исходя из практического опыта, рекомендуется задавать уставку реле расположенного ближе к источнику питания на 10% больше чем уставка реле более удаленного от источника питания. Это позволяет, при необходимости, обеспечить надежную блокировку вышестоящего реле при пуске защиты нижестоящего реле.



ЛОГИЧЕСКОЕ БЛОКИРОВАНИЕ МТЗ

Конфигурация функций логического блокирования выполняется в меню: **AUTOMAT. CTRL/Blocking Logic1 / Blocking Logic2** (АВТОМАТИКА/Л.БЛОКИРОВАНИЕ 1(2)). Логика блокирования активируется (т.е. блокирует выбранные для этого защиты/ступени) при активировании (подаче напряжения) опто изолированных входов

назначенных Blk **Log1** (Л.БЛОК. 1) или Blk L**og2 (**Л.БЛОК.2), назначенных для этого в меню **AUTOMAT. CRTL/INPUTS (АВТОМАТИКА/ВХОДЫ)**.

Данная функциональная возможность может быть применена для любой из ступеней токовой ступени или ступени защит по напряжению доступных в реле.

6.10 Контроль положения выключателя

Дежурный персонал, находясь на удалении от электроустановки должен располагать достоверной информацией о положении коммутационных аппаратов распределительного устройства. Без индикации положения выключателей, дежурный не имеет достаточной информации для выполнения переключений. Реле типа MiCOM P126 и P127 позволяют контролировать состояние выключателя для индикации его положения.

Индикация положения выключателя может быть выполнена как на передней панели реле или путем передачи в коммуникационную сеть объекта.

Контроль положения выключателя задается в меню *АВТОМАТИКА/ВХОДЫ* (***AUTOMAT.CTRL/Inputs***), а также в меню *ПОСТРОЕНИЕ/ИНДИКАТОРЫ* (***CONFIGURATION/Led***).

Более того, реле MiCOM P126 и P127 могут информировать дежурного о том, что выключатель не отключился после дистанционного получения команды отключения.

6.11 Мониторинг технического состояния выключателя (P126 и P127)

При проведении очередного технического обслуживания выключателей необходимо убедиться в исправности цепи отключения и работоспособности привода выключателя, а также в том, что отключающая способность выключателя не снизилась до недопустимого уровня из-за ранее выполненных отключений токов короткого замыкания. Чаще всего техническое обслуживание выполняется в соответствии с заданной периодичностью или по факту выполнения определенного количества отключений токов короткого замыкания. Такой метод обслуживания ведет к сокращению межремонтных сроков для поддержание выключателя в технически исправном состоянии в течении всего межремонтного периода и следовательно к увеличению затрат на техническое обслуживание.

В реле регистрируется статистическая информация по выключателю, связанная с каждым отключением короткого замыкания, что позволяет более корректно контролировать техническое состояние выключателя. В следующих разделах приводится описание данной функции реле.

6.12 Параметры контроля технического состояния выключателя (P126 и P127)

При каждом отключении выключателем тока короткого замыкания, реле записывает статистическую информацию приведенную в таблице в соответствии с меню контроля состояния выключателя. Ячейки меню *ЗАПИСИ/КОНТР.Выкл. (**RECORDS/CB Monitoring**)* показывают записи соответствующих счетчиков (накопление информации).

Данные этих ячеек могут быть лишь прочитаны (просмотрены):

ТЕКСТ МЕНЮ	
КОНТР. ВЫКЛ. (CB Monitoring)	
ВРЕМЯ ОТКЛ ВЫКЛ (CB Opening Time)	Показывает время отключения
ВРЕМЯ ВКЛ ВЫКЛ (CB Closing Time)	Показывает время включения
ЧИСЛО СРАБ ВЫКЛ (CB Operations)	Показывает количество операций отключения выключателя
I ОТКЛ ФАЗЫ A (Σ Amps(n) IA)	Показывает сумму токов (или квадратов токов) отключенных полюсом (фазой) «A»
I ОТКЛ ФАЗЫ B (ΣAmps(n) IB)	Показывает сумму токов (или квадратов токов) отключенных полюсом (фазой) «B»
I ОТКЛ ФАЗЫ C (ΣAmps(n) IC)	Показывает сумму токов (или квадратов токов) отключенных полюсом (фазой) «C»

Показания, приведенных выше счетчиков, могут быть сброшены в ноль, например, после выполнения технического обслуживания или капитального ремонта выключателя.

Показания счетчиков мониторинга технического состояния обновляется при каждом формировании команды отключения. Для учета работы выключателя, в тех случаях когда отключение выполняется от внешних защит, необходимо подать в реле команду отключения через один из опто изолированных входов.

Конфигурация функции мониторинга технического состояния выключателя включает конфигурирование учета отключаемых токов, а также ряд других параметров характеризующих работу выключателя и определяет действие функции на сигнал либо на блокирование команд управления выключателем.

Уставки функции доступны в меню *АВТОМАТИКА/КОНТР.ВЫКЛ. (**AUTOMAT.CTRL/CB supervision**)*.

6.12.1 Рекомендации по выбору уставок

6.12.1.1 Уставка по сумме отключенных токов ΣI^n

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 ΣI^n служит для более точной оценки состояния дугогасящих камер выключателя.

Диэлектрические характеристики масла у масляных выключателей снижаются пропорционально функции $\Sigma I^2 t$. 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 высокого уровня напряжения, практический опыт может показать неприемлемость уставки n=2. В таких случаях, значение показателя степени суммируемых токов может быть задано равным 1.

Срабатывание функции на сигнал в этом случае, например, может служить признаком необходимости в проверке давления газа/вакуума в дугогасительной камере.

Следует также отметить, что график и объем технического обслуживания должен согласовываться с инструкциями завода-изготовителя оборудования.

6.12.1.2 Setting the Number of Operations Thresholds

Every operation of a circuit breaker results in some degree of wear for its components. Thus, routine maintenance, such as oiling of mechanisms, may be based upon the number of operations. Suitable setting of the maintenance threshold will allow an alarm to be raised, indicating when preventative maintenance is due.

Should maintenance not be carried out, the relay can be set to lockout the autoreclose function on reaching an operations threshold. This prevents further re-closing when the circuit breaker has not been maintained to the standard demanded by the maintenance instructions supplied by the switchgear manufacturer.

Certain circuit breakers, such as oil circuit breakers (OCB) can only perform a specific number of fault interruptions before requiring maintenance attention. This is because each fault interruption causes carbonising of the oil, degrading its dielectric properties.

6.12.1.3 Уставки по времени выполнения коммутационных 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.

Вторая ступень функции подсчета количества операций может быть задана на блокирование команды включения выключателя в случае не выполнения необходимого технического обслуживания. В этом случае наступает блокирование команд на включение выключателя, если не выполнено техническое обслуживание выключателя в соответствии с инструкциями завода-изготовителя.

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.

6.13 Устройство резервирования отказа выключателя (УРОВ)

Функция резервирования отказа выключателя интегрированная в MiCOM P126 и P127 работает по следующему принципу.

Таймер функции УРОВ ‘t BF’ запускается всякий раз, когда на выходное реле **RL1** поступает команда отключения или же сигнал пуска УРОВ поступает на опто изолированных логический вход назначенный в подменю АВТОМАТИКА/ВХОДЫ как **tBFI** (Внешний пуск УРОВ).

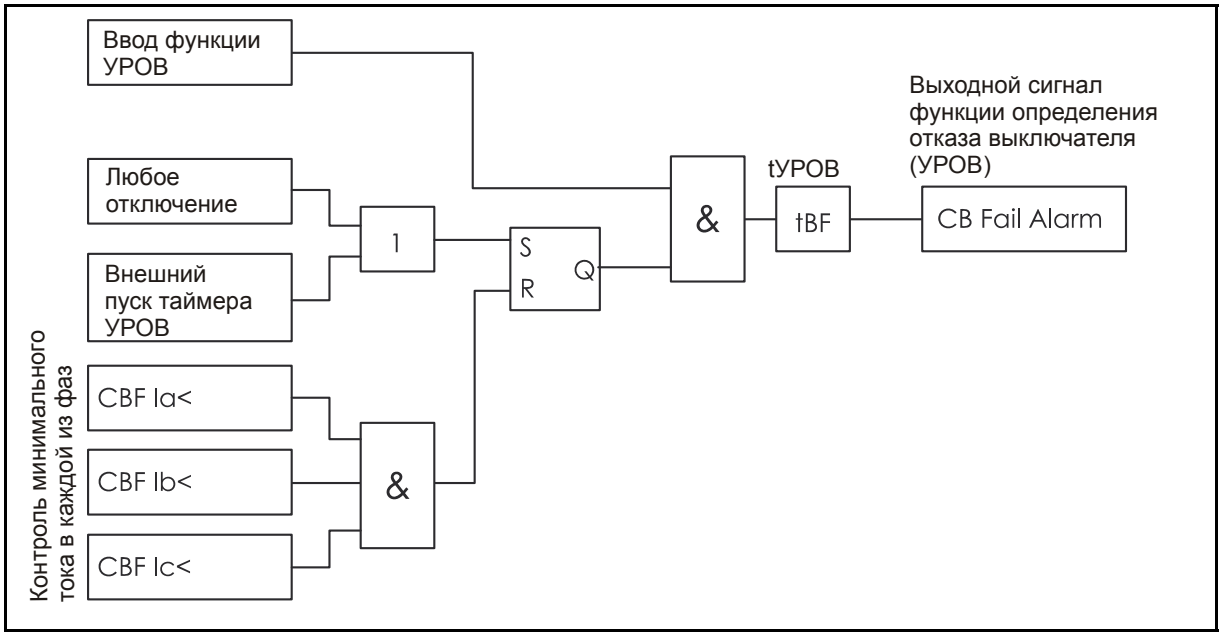
При этом, команда отключения может быть сформирована как одной из функций защиты интегрированных в реле, так и сигналом отключения от внешних устройств, полученным по дискретному входу. при этом логические входы могут быть активированы внешними устройствами.

В случае пуска таймера УРОВ (tBF) командой полученной по логическому входу, выходной сигнал функции УРОВ формируется по истечении выдержки времени таймера tBF. Возврат (сброс выдержки) таймера если ток в каждой из фаз снижается ниже значения уставки контроля минимального тока I<BF (т.е. (Ia< И Ib< И Ic<)=ИСТИНА)

В случае действия на отключение выключателя путем срабатывания выходного реле RL1 терминалы MiCOM P126 и P127 отслеживают ток измеряемый в каждой из фаз и сравнивают каждый из фазных токов с уставкой минимального тока I<BF, заданной в соответствующем меню. Если хотя бы в одной из фаз ток превышает уставку контроля минимального тока, то условие (Ia< И Ib< И Ic<)=ЛОЖЬ и по истечении выдержки таймера tBF функция УРОВ выдает сигнал отказа выключателя. Если же условие (Ia< И Ib< И Ic<)=ИСТИНА, то происходит сброс таймера функции УРОВ

(tBF). Условие ИСТИНА органа контроля минимального тока I<BF всегда ведет к сбросу таймера tBF (tУРОВ).

Кроме этого в меню функции УРОВ предусмотрена блокировка мгновенных сигналов (пусковые органы) ступеней максимальных токовых защит от м/ф и однофазных КЗ. Это предоставляет дополнительную гибкость в локализации и отключении повреждений в сети.



6.13.1 Уставки функции УРОВ

Для выключателя с временем отключения в 2 ½ периода частоты сети, типовой уставкой таймера УРОВ считается время равное 150мс.

Уставка по минимальному току (I<) должна быть меньше возможного тока нагрузки для того, чтобы срабатывание элемента контроля минимального тока (I<) подтверждало отключение полюса выключателя. Для кабельных и воздушных линий электропередачи, типовым значением можно считать уставку в 20%In. Для УРОВ генераторных выключателей типовым значение считается уставка в 5%In.

6.14 Контроль цепи отключения (P126 и P127)

Цепь отключения расположена в основном вне корпуса реле и проходит через ряд устройств как, например, предохранители, накладки, контакты реле и т.п.

Принимая во внимание важность данной цепи, необходимо выполнять постоянный контроль ее целостности.

Простейшим решением данной задачи является лампа с последовательно включенным резистором подключенная параллельно контактам выходного реле отключения.

6.14.1 Принцип контроля цепи отключения использованный в MiCOM P126 и P127

Функция контроля цепи отключения интегрированная в реле **MiCOM P122** и **P123** работает следующим образом:

ВНИМАНИЕ: Начиная с 5-й аппаратной версии терминала (также именуемой «Фаза модернизации II» изменены значения параметров используемые для расчета величины дополнительного внешнего резистора в схеме контроля целостности цепи отключения выключателя.

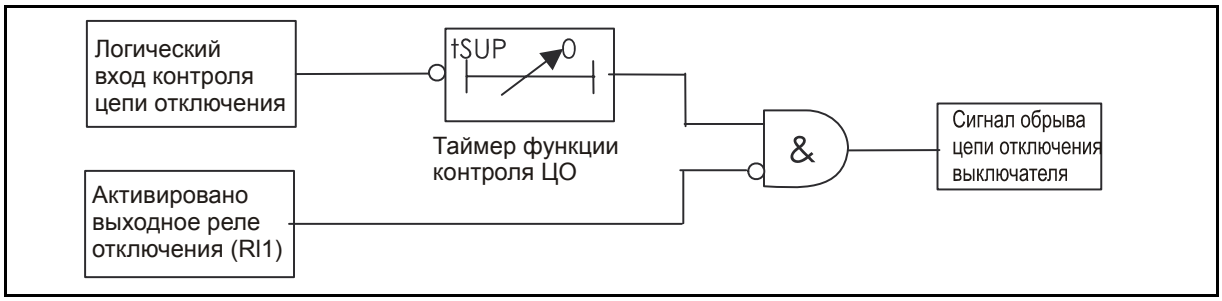
Ввод в работу функции контроля цепи отключения выполняется в меню *АВТОМАТИКА/КОНТРОЛЬ ВЫКЛ./КОНТРОЛЬ СХ. ОТКЛ. = ДА (**AUTOMAT.CTRL/ CB Supervision/ TC Supervision**)*. Затем один из свободных логических (опто) входов терминала конфигурируется на прием необходимой информации. Это выполняется в меню *АВТОМАТИКА/ВХОДЫ/ВХОД x = КОНТР.СХ.ОТК. (**AUTOMAT.CTRL/Inputs/Input***

x =Trip Circ). Затем данный логический вход физически подключается к контролируемой цепи согласно одной из приведенных ниже схем.

Если функция контроля цепи отключения введена (ответ ДА в меню *АВТОМАТИКА/КОНТРОЛЬ ВЫКЛ./КОНТРОЛЬ СХ. ОТКЛ. = ДА) (**AUTOMAT.CTRL/ CB Supervision/TC Supervision=Yes**)*, терминал выполняет постоянный контроль целостности цепи отключения выключателя вне зависимости от положения выключателя (включен или отключен). Функция контроля введена (активна) в том случае, когда выходное реле отключения (RL1) находится в несработанном положении и автоматически выводится (не активна), если срабатывает выходное реле отключения (RL1).

Сигнализация о нарушении целостности цепи отключения 'КОНТРОЛЬ СХ. ОТКЛ.' (**52 Fail)** появляется, если на логическом (опто) входе терминала, назначенном для контроля цепи отключения, напряжение исчезает на время большее чем задано уставкой таймера данной функции в меню *АВТОМАТИКА/КОНТРОЛЬ ВЫКЛ./ КОНТРОЛЬ СХ. ОТКЛ/ tКОНТ. СХ. ОТК = xx s (**AUTOMAT.CTRL/ CB Supervision/TC Supervision/ t SUP= xx s**)*. Для выбора уставки данного таймера рекомендуется познакомиться с содержанием главы «Руководство для пользователя» (P12y/RU FT) и главы «Технические данные и характеристики» (P12y/RU TD).

Поскольку данная функция автоматически выводится при срабатывании выходного реле отключения (RL1), она также применима, если в терминале используется функция фиксации срабатывания («самоподхват») выходных реле.



ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА КОНТРОЛЯ ЦЕПИ ОТКЛЮЧЕНИЯ ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ

Три примера выполнения схемы контроля цепи отключения выключателя.

ПРИМЕЧАНИЕ: Предполагается что выключатель имеет собственное устройство обеспечивающее безопасность работы.

Пример 1

В данном примере в распоряжении пользователя имеется лишь НО блок-контакт выключателя (52a). Реле MiCOM P126 и P127 контролируют целость цепи соленоида отключения вне зависимости от положения выключателя (включен или отключен).

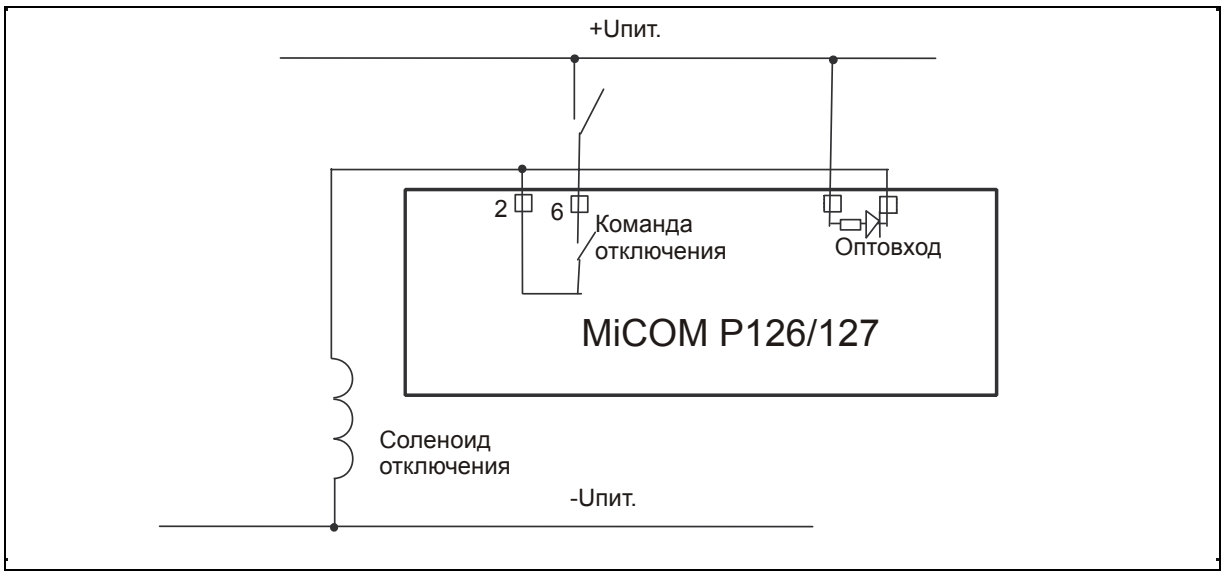
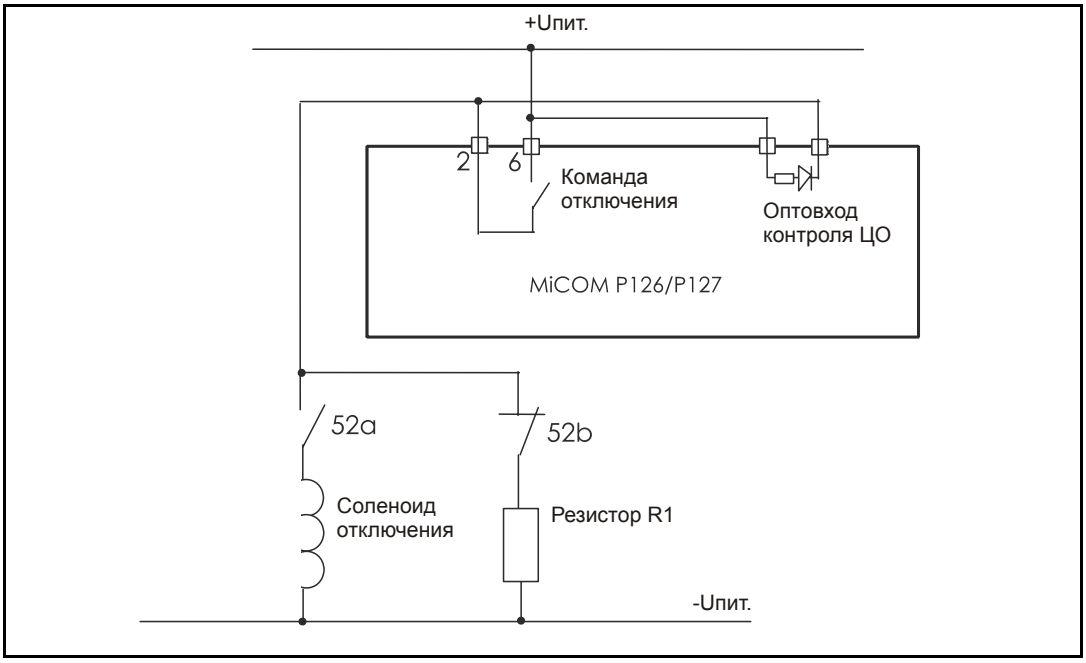


СХЕМА КОНТРОЛЯ СОЛЕНОИДА ОТКЛЮЧЕНИЯ ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ

Пример 2

В этом пример в распоряжении имеются нормально открытый НО (52a) и нормально закрытый НЗ (52b) блок-контакты выключателя. Реле MiCOM P126 и P127 контролирует полностью цепь отключения при включенном положении выключателя и часть цепи отключения при отключенном положении выключателя.

В этом случае необходимо использование резистора R1, подключенного последовательно с контактом 52b на тот случай, если используется функция подхвата выходного реле или если он может находиться продолжительное время в замкнутом состояние по другой причине, а также, если задан значительный по продолжительности импульс команды отключения выключателя.

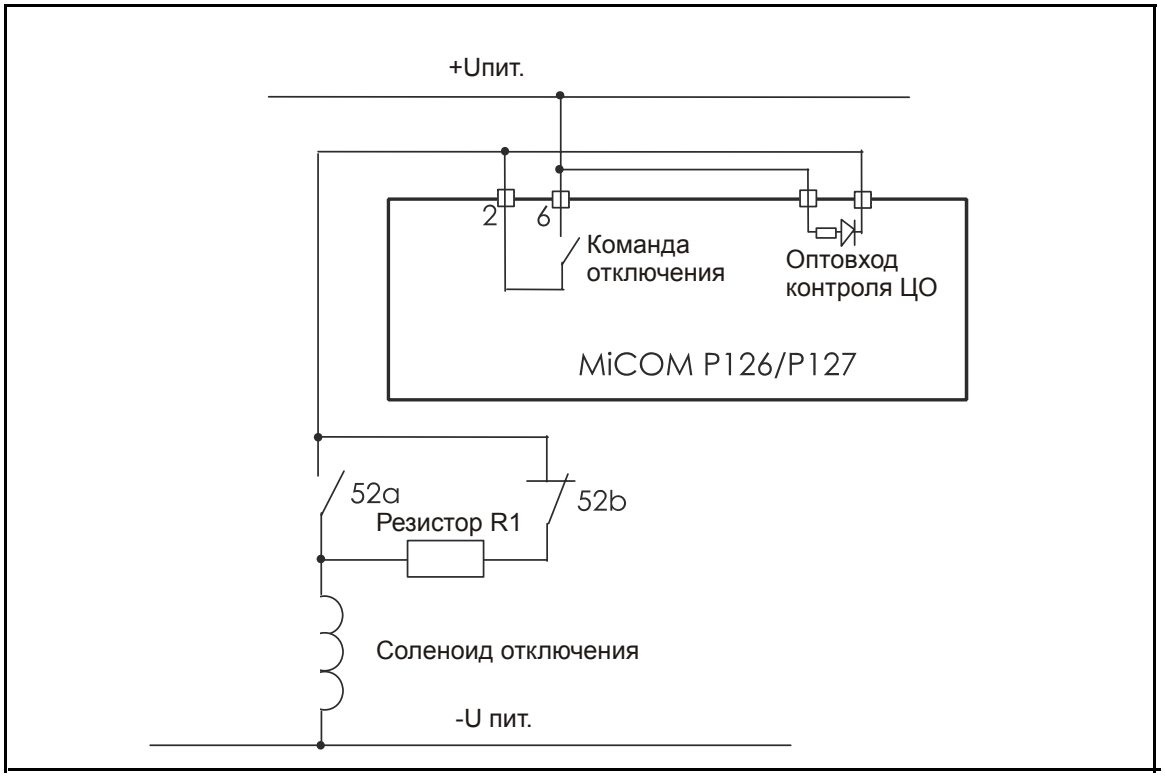


МОНИТОРИНГ СОЛЕНОИДА ОТКЛЮЧЕНИЯ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ КОНТАКТОВ

ПРИМЕР 3

В этом примере в распоряжении имеются блок-контакты выключателя 52a и 52b. Терминалы MiCOM P122 и P123 контролирует всю цепь отключения выключателя вне зависимости от его положения (включен или отключен).

В этом случае резистор R1 используется для ограничения тока, протекающего через соленоид отключения при отключенном положении выключателя (52a разомкнут), если используется функция подхвата выходного реле или он может находиться продолжительное время в замкнутом состояние по другой причине, а также, если задан значительный по продолжительности импульс команды отключения выключателя



МОНИТОРИНГ СОЛЕНОИДА ОТКЛЮЧЕНИЯ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ КОНТАКТОВ НЕЗАВИСИМО ОТ ПОЛОЖЕНИЯ ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ

6.14.2 Расчет параметров внешнего резистора R1

При расчете величины сопротивления резистора R1 принимается во внимание минимальное значение тока протекающего по логическому (опто) входу терминала. Минимальный ток оптовхода является функцией от номинального напряжения питания реле (Ua).

1 – Для примера No 2 :

Максимальное значение резистора R1 (в Омах) определяется по следующей формуле:

$$R1 < \frac{0{,}8 \times U_a - U_{min}}{I_{min}} [Ohm]$$

Где :

Ua = (auxiliary voltage) напряжение оперативного тока питания реле (в данном случае это напряжение постоянного тока указанное на табличке заводских данных под верхней откидной крышкой. См. таблицу ниже)

U_{min}= минимальное напряжение, необходимое для активации (срабатывания) оптовхода

I_{mini} = минимальный ток активации (срабатывания) оптовхода

Рабочий диапазон напряжения питания реле (Ua)	
24 – 60 Vdc (Код зкаказа P12xx00Axxxxx)	48 – 250 Vdc/ac (Код зкаказа P12xx00Fxxxxx)
R1<(0,8 * Vdc – 19,2)/0,035	R1<(0,8 * Vdc – 19,2)/0,035

Допустимая мощность рассеивания резистора (в Ваттах) определяется по формуле:

$$P_{R1} > 2 \times \frac{(1{,}2 \times U_a)^2}{R1} [W]$$

2 – для примера No 3 :

Максимальное значение резистора R1 (в Омах) определяется по следующей формуле:

$$R1 < \frac{0{,}8 \times U_a - U_{min}}{I_{min}} - R_{Coil} [Ohm]$$

Где :

Ua = (auxiliary voltage) напряжение оперативного тока питания реле (в данном случае это напряжение постоянного тока указанное на табличке заводских данных под верхней откидной крышкой. См. таблицу ниже)

U_{min} = минимальное напряжение, необходимое для срабатывания оптовхода

I_{mini} = минимальный ток срабатывания оптовхода

R_{coil} = сопротивление соленоида отключения

Рабочий диапазон напряжения питания реле (Ua)	
24 – 60 Vdc (Код зкаказа P12xx00Axxxxx)	48 – 250 Vdc/ac (Код зкаказа P12xx00Fxxxxx)
R1<(0,8 * Vdc – 19,2)/0,035 - R_{coil}	R1<(0,8 * Vdc – 19,2)/0,035 - R_{coil}

Допустимая мощность рассеивания резистора (в Ваттах) определяется по формуле:

$$P_{R1} > 2 \times \frac{(1{,}2 \times U_a)^2}{(R1 + R_{Coil})} [W]$$

Примечание : - При расчете сопротивления резистора R1 необходимо принимать во внимание все источники сопротивления в цепи отключения, например, обмотка реле блокировки от многократных включений.

- Предполагается, что максимально возможное отклонение напряжения оперативного тока от пределов рабочего диапазоне не превышает -/+ 20%.

6.15 Защита при ручном или автоматическом включении на повреждение (SOTF/TOR) (P126 и P127)

6.15.1 Общие вопросы

В некоторых случаях при включении выключателя для питания нагрузки на фидере может потребоваться ускоренное отключение выключателя, если происходит включение на КЗ (Включение на повреждение)

Такие ситуации могут возникнуть при включении на неустранившееся повреждение или на оперативное заземление не снятое после выполнения ремонтных работ. В обоих случаях ускоренное отключение повреждения является более предпочтительным, чем ожидание отключения с выдержкой времени определяемой независимой или обратнозависимой характеристикой срабатывания ступени.

Сокращение SOTF (Switch On To Fault) означает Включение На Повреждение.

Сокращение TOR (Trip On Reclose) означает Отключение При АПВ.

Ввод в работу функции SOTF/TOR выполняется в подменю АВТОМАТИКА/ВКПОВ (AUTOMATIC CTRL/SOTF).

Пуск функции SOTF выполняется при срабатывании пусковых органов ступеней МТЗ I>> или I>>> связанных с данной функцией.

6.15.2 Описание принципа работы функции SOTF/TOR

Активирование функции возможно по одному из следующих сигналов:

- Команда ‘Control Close’ (Оперативное включение) генерируемая при активировании логического входа назначенного как ‘Man. Close’ (Ручное включение).
- Команда ‘Control Close’ посланная дистанционно (по сети с использованием протоколов связи Modbus, IEC 60870)
- Логический сигнал включения выключателя от внутренней функции АПВ (AR Close)

При появлении хотя бы одного из трех данных сигналов, запускается таймер функции SOTF/TOR с фиксированной выдержкой времени на возврат 500 мс.

Если в течении времени работы данного таймера произойдет превышение уставки одной из связанных с функцией ступеней защит (I>> или I>>>), запускается таймер задержки на срабатывание ‘t SOTF’.

Регулируемая задержка срабатывания может быть востребована в отдельных случаях, например, если требуется выполнить согласование по времени со второй или третьей ступенью.

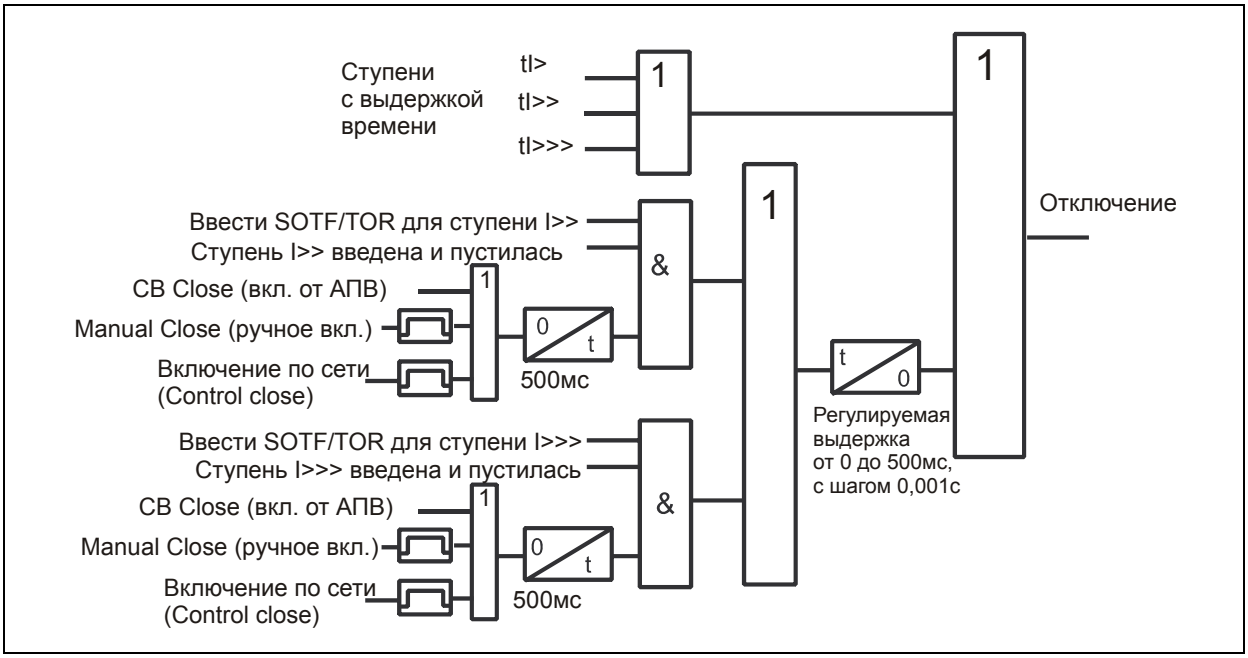
Задержка действия на отключение от данной функции может быть также необходима в случаях значительных переходных процессов, например, при неодновременном включении всех полюсов выключателя, а также в случаях не включается мгновенно.

Таймер ‘t SOTF’ можно также рассматривать как таймер ввода ускорения ступеней МТЗ связанных с функцией SOTF.

Если отключение от SOTF происходит в период работы таймера готовности АПВ, то данное отключение классифицируется как завершающее отключение от АПВ и, следовательно, дальнейшие попытки включения от АПВ блокируются.

Если до истечения выдержки времени таймера ‘t SOTF’ ток снижается ниже уставки ступени (I>> или I>>>) пустившей SOTF, то таймер сбрасывается (прекращается отсчет задержки времени на отключение от SOTF).

На следующем рисунке приведена логическая схема работы функции.



Назначение выходных реле срабатывающих от SOTF выполняется в подменю **AUTOMAT CTRL/COMMAND TRIP** (АВТОМАТИКА/ЗАКАЗ. ОТКЛ.) (действие на выходное реле RL1) и в подменю назначения выходных реле (RL2-RL8) **AUTOMAT CTRL/Output relays** (АВТОМАТИКА/ВЫХОДЫ).

Далее приведены экраны меню функции ускорения при вклчюении.

АВТОМАТИКА **(AUTOMAT. CTRL)**	Заголовок меню «АВТОМАТИКА». Для перехода в меню SOTF (ВКПОВ) из данного меню нажмите , и затем до перехода к требуемому подменю.
ВКПОВ **(SOTF)**	Заголовок подменю SOTF (ВКПОВ). Для навигации используйте клавиши и . Для изменения уставки нажмите . Затем используя клавиши , , , , перемещайтесь в пределах меню и задайте требуемые значения уставок. Для подтверждения сделанного выбора нажмите .
ВКПОВ ? **(SOTF ?) НЕТ**	Меню ввода/вывода из работы функции SOTF. Доступный выбор: Да/Нет. Если выбрано Да – появится следующее меню. Если выбрано Нет – функция SOTF останется выведенной из работы.
tВКПОВ = **(t SOTF) 0.10 s**	Меню задания выдержки таймера tSOTF функции защиты при включении на повреждение. Диапазон регулирования: от 0 до 500мс, с шагом 10мс. Выдержка времени функции SOTF/TOR может быть востребована в некоторых случаях связанных с переходными процессами или в случае разновременном замыкании полюсов выключателя или если выключатель не включается немедленно.

I>> ? **НЕТ**

Возможные уставки Да/Нет. Если задано **Да** – то ступень I>> используется для пуска функции SOTF. Таймер tSOTF запускается в момент превышения уставки по току срабатывания ступени I>> и после истечения установленной на нем выдержки времени выдается команда отключения от функции SOTF.

Если задано **Нет** – то превышение уставки I>> не ведет к пуску функции SOTF.

I>>> ? **НЕТ**

Возможные уставки Да/Нет. Если задано **Да** – то ступень I>>> используется для пуска функции SOTF. Таймер tSOTF запускается в момент превышения уставки по току срабатывания ступени I>>> и после истечения установленной на нем выдержки времени выдается команда отключения от функции SOTF.

Если задано **Нет** – то превышение уставки I>>> не ведет к пуску функции SOTF.

Подменю AUTOMATIC CTRL / TRIP COMMAND (АВТОМАТИКА/ЗАКАЗ ОТКЛ.)

ОТКЛ. SOTF = **(Trip SOTF) НЕТ**

Назначение сигнала срабатывания функции защиты при включении на повреждение (SOTF) на выходное реле отключения (RL1). Выберите ДА или НЕТ.

Подменю AUTOMATIC CTRL / OUTPUT RELAYS (АВТОМАТИКА/ВЫХОДЫ)

SOTF: 8765432 **0000010**

Назначение на выходное реле сигнала срабатывания функции защиты при включении на повреждение. Выбранное реле (например, RL3) срабатывает при истечении выдержки времени таймера tSOTF.

Подменю AUTOMATIC CTRL / INPUTS (АВТОМАТИКА/ВХОДЫ)

ВХОД 1…7 **(Manual Close) Нет**

Назначение логического (опто) входа 2 на прием информации о ручном (оперативном) включении выключателя. Сигнал используется функцией ускорения защит при включении (SOTF). Доступный выбор Да или Нет.

6.16 Режим местного или дистанционного управления выключателем (P125, P126 и P127)

6.16.1 Общие положения

Выбор режима управления в терминалах P126 и P127 определяется статусом дискретного входа назначенного как LOCAL MODE (РЕЖИМ МЕСТНОГО УПРАВЛЕНИЯ). Если на данных вход подано напряжение при том что он активируется высоким логическим уровнем входного сигнала, терминал переходит в режим местного управления, в противном случае активен режим дистанционного управления.

В режиме местного управления всегда проходят команды отключения выключателя от защит и команды включения выключателя от АПВ, все остальные команды управления посланные дистанционно игнорируются.

6.16.2 Выбор режима местного/дистанционного управления сигналом по логическому входу

Основной целью выбора режима/места управления является обеспечение блокировки команд посланных дистанционно. Это необходимо для обеспечения безопасности выполнения работ на оборудовании.

Для этого используется логический вход реле назначенный как ‘Local mode’ (режим МЕСТНОЕ). При активировании дискретного входа назначенного для выбора режима

управления, все записывающие команды передаваемые по каналам связи (запись новых уставок, команды управления выключателем и т.д.) игнорируются реле во избежание нежелательного вмешательства извне в режиме местного управления. Сигналы синхронизации времени продолжают поступать в реле, поскольку они не оказывают действия ни на выходные реле ни на работу выключателя.

Если данный дискретный вход не активен, все записывающие команды передаваемые дистанционно воспринимаются реле.

Данная функция введена во все протоколы доступные для связи с терминалами P125, P126 и P127.

6.16.3 Уставки

В подменю AUTOMAT. CTRL / TRIP COMMAND (АВТОМАТИКА /ЗАКАЗ ОТКЛЮЧЕНИЯ) может быть выполнено назначение команды дистанционного ручного (оперативного) отключения CTRL TRIP для отключения выключателя через выходное реле RL1.

В подменю AUTOMAT. CTRL / Output relays (АВТОМАТИКА/ВЫХОДЫ) может быть выполнено назначение команд дистанционного ручного/оперативного включения CTRL CLOSE (Ручное/оперативное включение) и/или отключения CTRL TRIP (Ручное/оперативное отключение) для включения и/или отключения выключателя через свободные выходные реле (кроме RL1).

Для ручного включения выключателя может быть использовано то же реле, что и для включения выключателя по команде CB CLOSE (Включить выключатель) посылаемой функцией АПВ.

При необходимости получения функциональности режимов управления аналогичной предыдущим версиям программного обеспечения необходимо команду ‘CTRL TRIP’ назначить на то же самое реле (RL1) на которое действует команда ‘TRIP’ формируемая функциями защиты, а команды ‘CTRL CLOSE’ и ‘CB CLOSE’ назначить на одно и то же выходное реле выделенное для включения выключателя.

Далее приведены экраны меню уставок связанных с данной функцией.

Подменю AUTOMATIC CTRL / TRIP COMMAND (АВТОМАТИКА/ЗАКАЗ ОТКЛ.)

Ctrl Trip (РУЧНОЕ ОТКЛ.) **Yes (ДА)**	Назначение оперативного (ручного) управления на один из дискретных выходов (выходные реле) Доступный выбор: Да или Нет

Подменю AUTOMATIC CTRL / OUTPUT RELAYS (АВТОМАТИКА/ВЫХОДЫ)

CONTROL :8765432 **TRIP 0000001** **(РУЧ. ОТКЛ.)**	Назначение команды оперативного отключения на выходное реле, например № 2 (RL2). Для назначения на требуемое реле установите «1» под номером реле (используемым для оперативного отключения выключателя). Уставка «0» означает, что реле без назначения на данную команду.
CONTROL :8765432 **CLOSE 0000010** **(РУЧ. ВКЛ.)**	Назначение команды оперативного включения на выходное реле, например № 3 (RL3). Для назначения на требуемое реле установите «1» под номером реле (используемым для оперативного включения выключателя). Уставка «0» означает, что реле без назначения на данную команду.
CB :8765432 **Close 0000010** **(ВКЛ. ОТ АПВ)**	Назначение на выходное реле, например № 3 (RL3) команды автоматического включения (от функции АПВ) Доступный выбор: 1 или 0. «1» означает выбор реле для включения выключателя от АПВ, уставка «0» означает что реле не назначено на включение от АПВ.

Подменю AUTOMATIC CTRL / TRIP COMMAND (АВТОМАТИКА/ЗАКАЗ ОТКЛ.)

Ctrl Trip (РУЧНОЕ ОТКЛ.) **Yes (ДА)**	Назначение оперативного (ручного) управления на один из дискретных выходов (выходные реле) Доступный выбор: Да или Нет

Подменю AUTOMATIC CTRL / OUTPUT RELAYS (АВТОМАТИКА/ВЫХОДЫ)

CONTROL :8765432 **TRIP 0000001** **(РУЧ. ОТКЛ.)**	Назначение команды оперативного отключения на выходное реле, например № 2 (RL2). Для назначения на требуемое реле установите «1» под номером реле (используемым для оперативного отключения выключателя). Уставка «0» означает, что реле без назначения на данную команду.
CONTROL :8765432 **CLOSE 0000010** **(РУЧ. ВКЛ.)**	Назначение команды оперативного включения на выходное реле, например № 3 (RL3). Для назначения на требуемое реле установите «1» под номером реле (используемым для оперативного включения выключателя). Уставка «0» означает, что реле без назначения на данную команду.
CB :8765432 **Close 0000010** **(ВКЛ. ОТ АПВ)**	Назначение на выходное реле, например № 3 (RL3) команды автоматического включения (от функции АПВ) Доступный выбор: 1 или 0. «1» означает выбор реле для включения выключателя от АПВ, уставка «0» означает что реле не назначено на включение от АПВ.

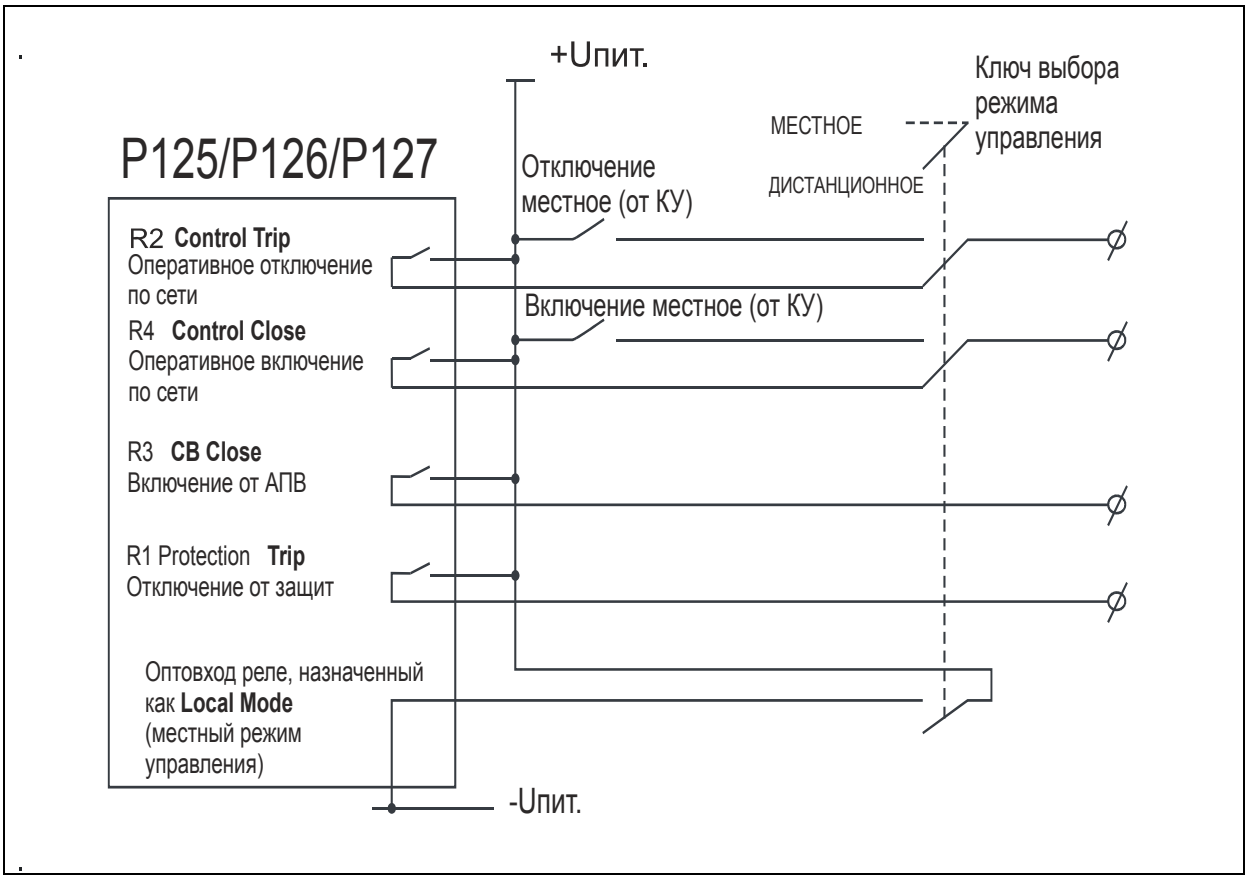
Подменю AUTOMATIC CTRL / INPUTS (АВТОМАТИКА/ВХОДЫ)

Input 1…7 **(ВХОД 1…7)** **Local (МЕСТ.)**	Назначение режима МЕСТНОЕ УПРАВЛ. на один из дискретных входов от 1 до 7. Если выбранный вход будет активирован, то любые дистанционные команды ведущие к срабатыванию выходных реле будут игнорированы.

Далее приведен пример использования упомянутой функциональной возможности.

В данном примере команды управления назначены пользователем на различные реле: Команда ‘TRIP’ (отключение от защит) на реле RL1, ‘CTRL TRIP’ (оперативное отключение) на реле RL2, ‘CB CLOSE’ (автоматическое включение от АПВ) на реле RL3 и ‘CTRL CLOSE’ (оперативное включение) на реле RL4.

Если активируется логический вход ‘Local’ (МЕСТНОЕ), то все команды дистанционного управления блокируются. При отсутствии сигнала на данном логическом входе реле воспринимает команды дистанционного управления.



Пример использования режима управления МЕСТНОЕ/ДИСТАНЦИОННОЕ

6.17 Логические уравнения (P126 и P127)

В реле MiCOOm P126 и P127 интегрирована функция построения логических уравнений для повышения возможностей адаптации применяемого устройства к условиям его применения.

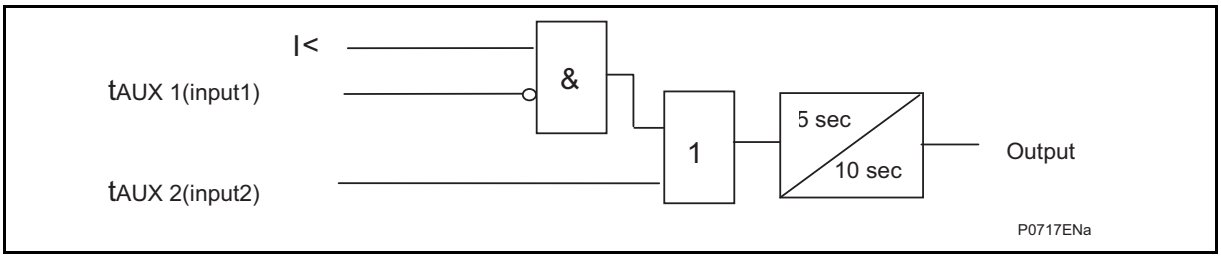
В распоряжении пользователя имеется до 8 независимых логических уравнений. В каждом уравнении могут быть использованы логические элементы AND («И»), OR («ИЛИ»), AND NOT («И-НЕТ», OR NOT («ИЛИ-НЕТ» и NOT («НЕТ»). При этом в каждом логическом уравнении могут быть использованы до 16 параметров. Выход каждого логического уравнения может быть задержан при помощи таймера, может быть назначен на любое выходное реле, в том числе на и реле отключения (с возможностью фиксации срабатывания), а также назначен на загорание светодиодного индикатора.

Каждое уравнение имеет таймер задержки срабатывания с диапазоном регулирования уставки от 0 до 600 сек и шагом в 0,01 сек.

Каждое уравнение имеет таймер задержки возврата с диапазоном регулирования уставки от 0 до 600 сек и шагом в 0,01 сек.

Выход каждого уравнения с выдержкой времени на срабатывание/возврат может быть назначен на любое выходное реле (включая реле отключения) и/или на загорание светодиодного индикатора.

Далее приведен пример использования логического уравнения A:



AUTPMAT.CTRL (АВТОМАТИКА)
Logic Equations (Логические уравнения)
Equation A (УРАВНЕНИЕ A)
Equation A. 00 (УРАВНЕНИЕ A.00) = I<
Equation A . 01 (УРАВНЕНИЕ A.01) AND NOT (И НЕТ) t Aux1 (tДОП.1)
Equation A . 02 (УРАВНЕНИЕ A.02) OR NOT (ИЛИ НЕТ) t Aux1 (tДОП.2)
Equation A . 03 (УРАВНЕНИЕ A.03) OR (ИЛИ) Null
Equation A . 04 (УРАВНЕНИЕ A.04) OR (ИЛИ) Null
Equation A . 05 (УРАВНЕНИЕ A.05) OR (ИЛИ) Null
Equation A . 06 (УРАВНЕНИЕ A.06) OR (ИЛИ) Null
Equation A . 07 (УРАВНЕНИЕ A.07) OR (ИЛИ) Null
Equation A . 08…14 (УРАВНЕНИЕ A.08…14) OR (ИЛИ) Null
Equation A . 15 (УРАВНЕНИЕ A.15) OR (ИЛИ) Null
T OPERATE (T СРАБАТ.) = 5.00 сек
T RESET (T ВОЗВРАТА) = 10.00 сек

7. РЕГИСТРАЦИЯ (P125, P126 И P127)

7.1 Регистрация событий

Терминал выполняет запись с привязкой по времени до 250 событий, записи которых хранятся в энергонезависимой памяти (флэш-память). Это предоставляет дополнительную возможность восстановления последовательности событий произошедших с участием данного терминала при изменениях режимов работы системы, выполнении операций по переключениям, изменению уставок и т.п. При исчерпании доступного объема памяти, последние события замещают самые старые события.

Часы реального времени, встроенные в терминал, используются в том числе и для привязки по времени всех событий с разрешением в 1мс.

События записанные в памяти реле доступны как через передний порт связи RS232 так и удаленным доступом по заднему порту связи RS485.

7.2 Регистрация аварий

Запись регистратора аварий формируется и сохраняется в памяти при каждом превышении какой либо из заданных уставок. Регистратор аварий фиксирует и сохраняет в энергонезависимой памяти (флэш-память) до двадцати пяти записей аварий. Это позволяет оператору лучше понять и проанализировать аварии в энергосистеме. При исчерпании доступного объема памяти, последняя запись замещает самую старую.

Доступ к просмотру любой из двадцати пяти записей регистратора аварий выполняется в меню *ЗАПИСИ/ЗАПИСИ СОБЫТИЙ/НОМЕР СОБЫТИЯ (**RECORD/Fault Record***). Каждая из 25 записей начинается с флага (признака) события, даты и времени события, индикации измеренных аналоговых сигналов и т.д. Следует отметить, что метка времени записи аварии более точна, чем соответствующая метка времени в регистраторе событий поскольку события датируются после того как выполнена соответствующая запись аварии.

Записи регистратора аварий доступны для просмотра либо на дисплее реле, либо через передний порт связи RS232 либо средствами удаленного доступа, через порт связи RS485.

7.3 Регистрация пусков

При каждом превышении значения одной из заданных уставок выполняется запись мгновенных значений сигналов (пуск защиты). При этом доступны последние пять пусков защит. Записи мгновенных значений выводятся на дисплей в меню *ЗАПИСИ/МГНОВЕННЫЙ (RECORDS/Instantaneous)*. с указанием причины пуска (вида и ступени защиты) и длительности режима. Каждая запись включает номе аварии, час, дату, причину пуска (ступени защит по напряжению, максимальные токовые защиты и ваттметрические защиты), продолжительность аварии (длительность сработанного состояния пускового сигнала), информации о действии на отключении (Да или Нет).

7.4 Осциллографирование

Встроенный осциллограф имеет выделенную область памяти для выполнения записей переходных режимов. Выделенный объем памяти позволяет записать до пяти осциллограмм длительностью по три секунды. Записи осциллограмм выполняются до исчерпания свободной памяти; при последующих пусках осциллографа, последняя запись вытесняет самую старую.

Осциллограф записывает данные измерения мгновенных значений сигналов с частотой 32 выборки за секунду.

Каждая запись осциллографа состоит из записей аналоговых и дискретных сигналов. (Обратите внимание на то, что заданные в реле коэффициенты трансформации трансформаторов тока и трансформаторов напряжения также используются для представления записанных сигналов в первичных величинах).

Общее время записи задается как сумма уставок длительности записи до пуска осциллографа и записи после пуска осциллографа. Общее время записи не превышает 3 сек (время до пуска плюс время после пуска).

Для установки параметров настройки обратитесь к Руководству для пользователя (FT) и к разделу Технические данные и характеристики (TD).

Настройки параметров осциллографа в меню ЗАПИСИ/ЗАПИСИ ПЕРЕХОДН. (***RECORD/DISTURB RECORD***):

8. ИЗМЕРЕНИЕ МАКСИМАЛЬНОГО И СРЕДНЕГО ПОТРЕБЛЕНИЯ (P126 И P127)

Терминалы MiCOM P126 и P127 предоставляют возможность сохранения по каждой из трех фаз средних и максимальных значений рассчитываемых по заданному количеству интервалов времени. Описание принципа расчета приведено ниже.

8.1 Среднее потребление

Принцип расчета среднего потребления по токам IA, IB и IC :

Расчет среднего среднеквадратичного значения за интервал времени, определяемый уставкой "Rolling Sub Period"

Задание уставки длительности подпериода "Rolling Sub Period" выполняется в меню: ***ЗАПИСИ/Rolling Demand/Sub Period)***

Диапазон регулирования уставки: от 1 до 60мин.

Сохранение средних значений подинтервалов

Расчет среднего значения по заданному количеству подитервалов "Num of Sub Per" (из средних значений подинтервалов)

Уставка количества подпериодов "Num of Sub Per" задается в меню: ***ЗАПИСИ/Rolling Demand/Num of Sub Per)***

Диапазон регулирования уставки : от 1 до 24.

Первый результат в меню ИЗМЕРЕНИЯ (MEASUREMENS) появляется лишь только после того как рассчитано и сохранено последнее средне значение последнего подпериода:

Rolling Average IA RMC
Rolling Average IB RMC
Rolling Average IC RMC

Сброс рассчитанных значений может быть сброшен либо «вручную» (нажатием клавиши «C») без использования пароля доступа, или средствами удаленного доступа при подаче соответствующей команды.

ПРИМЕЧАНИЕ : рассчитанные средние значения за указанное количество периодов не сохраняются при потере питания оперативного тока. Сброс показаний также происходит при изменении уставки длительности подпериода (Rolling Sub Period) или количества подпериодов (Num of Sub Periods).

Пример :

Длительность подпериода (Sub Period)= 5 мин
Количество подпериодов = 2

```
        Sub Period 1                 Sub Period 2                 Sub Period 3
/ ------------------------------ / ------------------------------ / ------------------------------ /

          5 mn                         5 mn                         5 mn
<---------------------------->  <---------------------------->  <---------------------------->
```

В конце подпериода 2 :
среднее значение = (среднее подпериода 1 + среднее подпериода 2)/2

В конце подпериода 3 :
новое среднее значение = (среднее подпериода 2 + среднее подпериода 3)/2

8.2 Максимальное потребление

Принцип расчета максимальных значений токов IA, IB, и IC заключается в следующем:

Каждое новое среднее значение тока рассчитанное в подпериоде сравнивается со средним значением рассчитанным в предыдущем подпериоде. Если новое значение больше чем ранее сохраненное значение, то вместо прежнего значения сохраняется новое. И наоборот, если новое значение меньше чем ранее сохраненное значение, то сохраняется ранее сохраненное значение. Таким образом максимальное из средних значений тока обновляется в каждом подпериоде.

Для расчета максимального из средних значений уставки не задаются. В качестве уставки длительности подпериода используется уставка заданная в меню ЗАПИСИ

Максимальные из средних значений токов рассчитанные в предшествующих подпериодах выводятся на дисплей в меню *ИЗМЕРЕНИЯ/МАКС. И СРЕДН. I*

MAX SUBPERIOD IA RMC
MAX SUBPERIOD IB RMC
MAX SUBPERIOD IC RMC

Сброс рассчитанных значений может быть сброшен либо «вручную» (нажатием клавиши «C») без использования пароля доступа, или средствами удаленного доступа при подаче соответствующей команды.

ПРИМЕЧАНИЕ: рассчитанные максимальные значения потребления не сохраняются при потере питания оперативного тока. Сброс показаний также происходит при изменении уставки длительности подпериода (Rolling Sub Period).

9. ПЕРЕКЛЮЧЕНИЕ ГРУПП УСТАВОК (P125, P126 и P127)

В реле типа MiCOM P126 и P127 имеется две группы уставок относящихся к функциям защиты, именуемые УСТАВКИ 1 (**PROTECTION G1)** и УСТАВКИ 2 **(PROTECTION G2)**. В реле может быть активна лишь одна из групп.

Переключение групп уставок может быть выполнено:

- с помощью клавиш на передней панели реле (*ПОСТРОЕНИЕ/ВЫБОР КОНФ./УСТАВКИ 1-2= 1(2)* (**CONFIGURATION/GROUP SELECT/ SETTING GROUP 1 или 2**);
- подачей сигнала на оптовход реле (*АВТОМАТИКА/ВХОДЫ/ВХОД **X**=ИЗМЕН. РВ)*, (**AUTOMAT. CTRL/INPUT X/ CHANGE SET**) где X это выбранный и сконфигурированный для этой цели оптовход реле
- через порт связи (см. базы данных реле для более детальной информации).

Во избежание излишней работы реле на отключение и пр., переход на другую группу уставок выполняется только, если ни одна из функций защит или автоматики в данное время не запущена (за исключением функции тепловой защиты от перегруза).

Если же сигнал на переключение групп уставок поступил в тот момент когда какая либо из функций отрабатывает свою задачу, поступившая команда запоминается и переключение групп уставок будет выполнено пока не истечет время всех запущенных таймеров, т.е. не останется запущенных функций защиты или автоматики.

Активная группа уставок индицируется в меню ВХОД. ПАРАМЕТРЫ/АКТИВ.УСТАВКИ=1(2) (**OP PARAMETERS/ Active Group 1(2)**).

Информация об активной группе уставок может быть также выведена на одно из выходных реле с нормально разомкнутым контактом, сконфигурированное для этой цели в меню: АВТОМАТИКА/ВЫХОДЫ/АКТИВ.УСТАВКИ **(OP PARAMETER/OUTPUTS/Active Group)**.

- Разомкнутые контакты данного реле будут означать что активна Группа 1
- Замкнутые контакты данного реле будут означать что активна Группа 2

9.1.1 Переключение групп уставок по логическому входу

Управление переходом между двумя группами уставок может быть выполнено путем подачи напряжения высокого/низкого уровня на логический (опто) вход назначенный для этого в меню ПОСТРОЕНИЕ/ВХОДЫ (**CONFIGURATION/Inputs)**.

Режим переключения по ниспадающему фронту или низкому логическому уровню (или по восходящему фронту или высокому логическому уровню) в зависимости от условий применения может быть выбран в меню *ПОСТРОЕНИЕ/ВЫБОР ГРУППЫ УСТАВОК./Изменение группы уставок* (**CONFIGURATION/Group Select/Change Group)**

Внимание: Если выбран режим переключения групп уставок путем подачи/снятия напряжения на логический (опто) вход терминала, то переключение групп уставок посредством связи по портам локальной (RS232) и удаленной (RS485) связи становится невозможным.

9.1.2 Приоритеты

Изменение группы уставок с передней панели реле имеет более высокий приоритет по отношению к изменению уставок с использованием связи с реле, поскольку пользователь вводит пароль находясь непосредственно перед реле. Изменение активной группы уставок с использованием связи с реле по месту установки (RS232) и удаленным доступом (RS485) невозможно, пока активен введенный пароль (5 мин. после его ввода или последнего изменения уставок выполненного с клавиатуры реле).

В приведенной ниже таблице указаны приоритеты различных способов переключения активной группы уставок.

ИСТОЧНИК КОМАНДЫ	**УРОВЕНЬ ПРИОРИТЕТА**
ПЕРЕДНЯЯ ПАНЕЛЬ	МАКСИМАЛЬНЫЙ
ЛОГИЧЕСКИЙ ВХОД	СРЕДНИЙ
СЕТЬ	МИНИМАЛЬНЫЙ

10. ИЗМЕРЕНИЯ

Работа функции измерения в терминалах MiCOM P125, P126 и P127 описана в главе Руководство для пользователя (FT) настоящего Технического руководства.

Особое внимание следует обратить на измерения мощности и электрической энергии.

10.1 Измерения мощности и электрической энергии (P127)

Терминал MiCOM P127 предоставляет функцию измерения активной и реактивной мощности, а также учета активной и реактивной энергии.

Схема подключения к цепям ТН	**Метод вычисления активной мощности**	
3Vpn	Сумма мощностей по каждой фазе	P= PA+PB+PC Q= QA+QB+QC
2Vpn+Vr	Сумма мощностей по каждой фазе	P= PA+PB+PC Q= QA+QB+QC
2Vpp+Vr	Схема Арона	

Значение электрической энергии рассчитывается путем умножения вычисленной мощности на интервал времени.

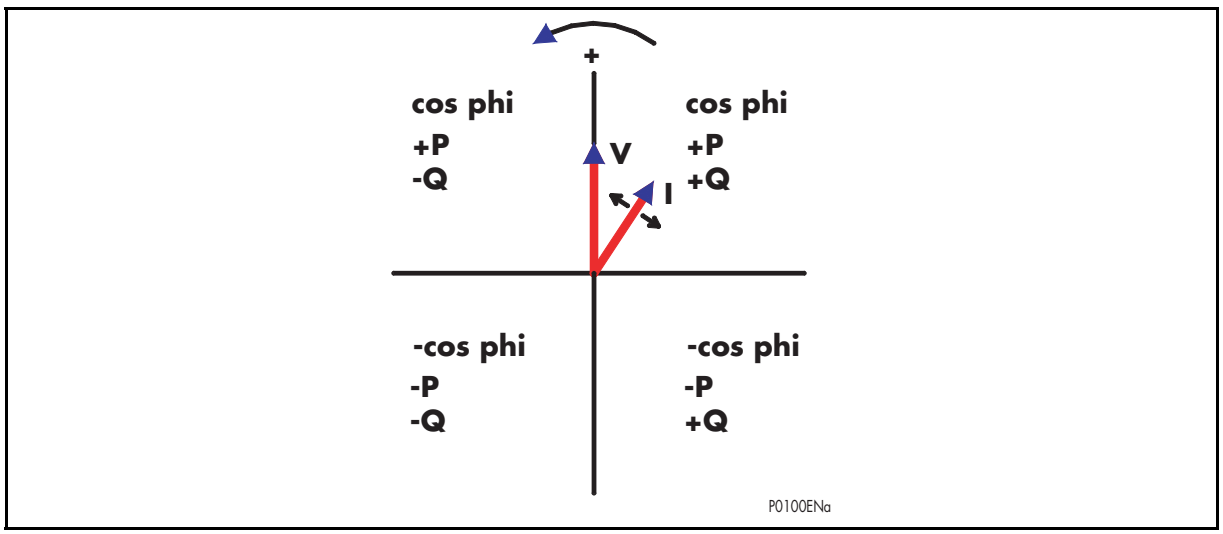
Значение электрической энергии вычисляется и сохраняется в энергонезависимой памяти (E²PROM) каждую секунду, для того чтобы в случае временного перерыва в питании оперативным током не были потеряны данные накопленные к этому времени.

В MiCOM P127 предусмотрен вывод на ЖКД данных измерений мощности и электрической энергии. Оба значения выводятся в первичных величинах используя значения заданных в качестве уставок коэффициентов трансформации трансформаторов тока и трансформаторов напряжения.

Максимальное значение активной и реактивной мощности, которое может быть индицировано на ЖКД составляет 9999МВт и 9999МВАР, соответственно.

Максимальное значение активной и реактивной энергии, которое может быть индицировано на ЖКД составляет 4200ГВт-час и 4200ГВАР-час.

Знаки активной и реактивной мощности/энергии принимаются согласно приведенной ниже диаграммы, при условии что подключение цепей тока и напряжения выполнено согласно раздела Схемы внешних подключений P12y/RU CO Технического Руководства по данному устройству.



Далее приведены меню измерений мощности и электрической энергии в MiCOM P127.

P **0.00 kW**	Индикация величины активной мощности; знак показывается только при отрицательных значениях. Максимальное значение на дисплее 9999 МВт. Если измеряемое значение мощности превышает данное значение, то на дисплее сохраняется та же индикация.
Q **-0.10 kVAR**	Индикация величины реактивной мощности; знак показывается только при отрицательных значениях. Максимальное значение на дисплее 9999 МВАР. Если измеряемое значение мощности превышает данное значение, то на дисплее сохраняется та же индикация.
Cos (Phi) **1.00**	Индикация трехфазного коэффициента мощности (Cos φ).
Energy **CLR=[C]**	Заголовок меню измерений Эл. Энергии. В данном меню имеется возможность сбросить накопленные к настоящему времени значения электрической энергии. Примечание: для сброса значений требуется ввод пароля.
3Ph Whours Fwd **4200 GWh**	Индикация трехфазной активной энергии в направлении вперед (генерация).
3Ph Whours Rev **4200 GWh**	Индикация трехфазной активной энергии в направлении назад (потребление).
3Ph VArHours Fwd **4200 GVArh**	Индикация трехфазной реактивной энергии в направлении вперед.
3Ph VArHours Rev **4200 GVArh**	Индикация трехфазной реактивной энергии в направлении назад.

11. ЛОГИЧЕСКИЕ ВХОДЫ И ЛОГИЧЕСКИЕ ВЫХОДЫ

11.1 Логические входы

В меню конфигурации логических входов можно выбрать режим срабатывания входа по высокому или низкому логическому уровню сигнала на входе, можно выбрать постоянное или переменное напряжения питания входов, а также задать пуск/останов вспомогательных таймеров по фронту появления и исчезновения сигнала, соответственно.

Дополнительная информация по логическим входам приведена в главе Технические данные и характеристики.

Конфигурация режима работы и питания логических входов выполняется в меню **ПОСТРОЕНИЕ/КОНФ. ВХОДОВ**. Дополнительная информация приведена в Руководстве для пользователя (FT).

В современных системах релейной защиты зачастую требуется синхронизация внутренних часов терминалов установленных в энергосистеме, для того чтобы записи регистрации событий из различных терминалов могли быть расположены в хронологическом порядке.

Это может быть выполнено через интерфейс связи с системой управления объектом или оптически изолированный вход.

Для синхронизации может быть использован любой свободный оптовход терминала P12x. Подача импульсного сигнала на данный вход используется для корректировки внутренних часов до ближайшей минуты. Рекомендуемая длительность импульса составляет 20 мс с повторяемостью не более одного раза в час. Далее приведен пример работы функции синхронизации часов.

Время в момент подачи импульса синхронизации времени	Скорректированное время
От 19:47:00.000 до 19:47:29.999	19:47:00.000
От 19:47:30.000 до 19:47:59.999	19:48:00.000

ПРИМЕЧАНИЕ: Предполагается, формат времени чч:мм:сс

Один и тот же дискетный вход может быть одновременно назначен на несколько внутренних функций или назначен непосредственно на любой выходной контакт (реле).

11.2 Логические выходы

Любой выход внутренней логики может быть назначен на срабатывание любого из выходных реле, которое, при необходимости, может быть установлено на фиксацию срабатывания (самоподхват).

Два первых выходных реле (RL1 и RL2) могут быть использованы для работы в безопасном режиме. В этом режиме при потере питания терминала или при обнаружении критической ошибки во внешнюю схему подается информация о неисправности (в т.ч. по причине отсутствия питания) терминала релейной защиты. Остальные выходные реле могут быть инвертированы, при этом контакты инвертированных реле замыкаются при переходе логического сигнала назначенного на данные реле с 1 на 0.

FAIL	87654321
SAFE RE.	00100010

Данные уставки означают:

RL1: Нормально открытый контакт (НО)

RL2: Fail Safe relay (режим безопасной работы, т.е. контакт данного реле замкнут при отсутствии сигнала)

RL3, 4, 5, 7 и 8: НО (нормально разомкнутые контакты)

RL6: Инвертировано (по прежнему НО контакт, но реле замыкает контакт при изменении логического сигнала управления данным реле не с низкого на высокий (как реле 3, 4, 5, 7 и 8), а с высокого на низкий логический уровень).

Меню конфигурации логических выходов находится в меню **AUTOMAT. CTRL (АВТОМАТИКА).**

Назначение специфических функций возможно на любое выходное реле за исключением **RL1**.

Дополнительная информация приведена в Руководстве для пользователя.

12. НАЛАДОЧНЫЙ РЕЖИМ

Работа в меню наладки предоставляет возможность проверки функционирования защит без посылки сигналов во внешние цепи (отключения или сигнализации).

Перевод реле в режим НАЛАДКА возможен путем подачи сигнала на логический вход реле, соответствующей командой управления посланной по каналу связи (передний или задний порты), или с клавиатуры на передней панели реле. Вывод из режима НАЛАДКА (ПРОВЕРКА) выполняется по логическому входу, с помощью команды управления, с передней панели реле и по истечении времени таймера неактивности (5 минут), а также при отключении питания реле.

Переключение реле в режим НАЛАДКА выполняется из меню *ПОСТРОЕНИЕ/REL.MAINTENANCE/Maintenance Mode= ДА(Yes)*

(Maintenance Mode)
Режим наладки
(YES) ДА

При активировании работы в данном меню (ДА), светодиод ‘Alarm’ (Сигнал.) начнет мигать и появится сообщение РЕЖИМ НАЛАДКИ (MAINTENANCE MODE). При этом блокируется срабатывание всех выходных реле, которые не будут замыкать свои контакты, даже в том случае, если будет срабатывать функции защиты, выход которых назначен на срабатывание этих реле. При срабатывании той или иной ступени защиты (при превышении уставки) будут загораться светодиоды, связанные с данной ступенью в т.ч. светодиод TRIP (ОТКЛЮЧЕНИЕ), если на реле RL1 действуют какие либо ступени защит.

RELAYS	8765W4321
CMD	000000000

Работа в данном меню позволяет проверить действие выходных реле во внешние цепи. Если любому из реле назначить 1 (в нижней строке), то это реле замкнет свои контакты, что позволить проверить целостность цепи включая выходные контакты реле.

13. ТРЕБОВАНИЯ К ТРАНСФОРМАТОРАМ ТОКА

Требования к трансформаторам тока при использовании терминалов максимальной токовой защиты типа MiCOM P12y приведены ниже.

Требования к трансформаторам тока основаны на предположении, что максимальный ток замыкания в 50 раз больше номинального тока реле (In) при том, что уставка ступени без выдержки времени равна 25In. Трансформатор тока должен обеспечивать работу всех органов устройства защиты.

В случае если условия применения реле более тяжелые чем сказано выше или фактическое сопротивление соединительных проводников выше чем указано в таблице, то требования к трансформаторам тока должны быть повышены в соответствии с приведенными ниже формулами.

Номинальный ток ТТ	Номинальная нагрузка ТТ	Класс точности	Коэффициент максимальной погрешности	Максимальное сопротивление проводов
1A	2.5 ВА	10P	20	1.3 Ом
5A	7.5 ВА	10P	20	0.11 Ом

13.1 МТЗ с зависимой (IDMT) или независимой характеристикой (DT) и защита от замыканий на землю

Требования к ТТ для МТЗ с выдержкой времени :

$$V_K \geq I_{cp}/2 * (R_{CT} + R_L + R_{rp})$$

Требования к ТТ ЗНЗ с выдержкой времени :

$$V_K \geq I_{cn}/2 * (R_{CT} + 2R_L + R_{rp} + R_{rn})$$

13.2 МТЗ и ЗНЗ без выдержки времени (мгновенные ступени)

Требования к ТТ для МТЗ без выдержки времени (токовая отсечка) :

$$V_K \geq I_{sp}/2 * (R_{CT} + R_L + R_{rp})$$

Требования к ТТ для ЗНЗ без выдержки времени (токовая отсечка) :

$$V_K \geq I_{sn}/2 * (R_{CT} + 2R_L + R_{rp} + R_{rn})$$

13.3 Чувствительная ЗНЗ (SEF) с независимой (DMT) /зависимой (IDMT) характеристикой

Чувствительная ЗНЗ с выдержкой времени:

$$V_K \geq I_{cn}/2 * (R_{CT} + 2R_L + R_{rp} + R_{rn})$$

Чувствительная ЗНЗ – питаемая от ТТ нулевой последовательности:

Необходимо использование трансформатора тока нулевой последовательности класса измерения; ограничивающее вторичное напряжение (точка перегиба) должно удовлетворять следующей формуле:

Требования к ТТ для ступеней с выдержкой времени:

$$V_K \geq I_{cn}/2 * (R_{CT} + 2R_L + R_{rp} + R_{rn})$$

Требования к ТТ для ступеней без выдержки времени :

$$V_K \geq I_{fn}/2 * (R_{CT} + 2R_L + R_{rp} + R_{rn})$$

Кроме того. угловая погрешность трансформатора тока нулевой последовательности не должна превышать 90 минут при токе 10% от номинального и менее 150 минут при токе 1% от номинального тока.

Сокращения, использованные в приведенных выше формулах:

V_K = требуемое напряжение точки перегиба характеристики ТТ (вольты),

Ifn = максимальный предполагаемый вторичный ток замыкания на землю (Амперы),

Ifp = максимальный предполагаемый вторичный ток междуфазного замыкания (Амперы),

Icn = максимальный предполагаемый вторичный ток замыкания на землю или 31-кратная уставка IN> (меньшее из перечисленного) (Амперы),

Icp = максимальный предполагаемый вторичный ток междуфазного или 31-кратная уставка I> (меньшее из перечисленного) (Амперы),

Isn = уставки второй и третьей ступеней защиты от замыканий на землю (Амперы)

Isp = уставки второй и третьей ступеней защиты от междуфазных замыканий (Амперы)

R_{CT} = сопротивление вторичной обмотки трансформатора тока (Ом)

R_L = сопротивление одного соединительного проводника от ТТ до реле (Ом)

Rrp = импеданс реле по входам токов фаз при токе 30In (Ом),

Rrn = импеданс реле по входу 3Io при токе 30In (Ом)

BLANK PAGE