

**Рекомендации по выбору уставок устройства защиты и автоматики секционного
выключателя 6-35кВ типа РИТМ**

Оглавление

1 Методика выбора уставок токовой ступенчатой защиты	2
2 Методика выбора уставок токовой ступенчатой защиты нулевой последовательности.....	12
3 Методика выбора уставок защиты от несимметричных режимов работы и обрыва фаз	23
4 Методика выбора уставок защиты от дуговых замыканий	24
5 Методика выбора уставок контроля перегрузки секционного выключателя	26
6 Методика выбора уставок устройства резервирования отказа выключателя	28
7 Методика выбора уставок пуска осциллографа.....	29
8 Методика выбора уставок функции контроля исправности токовых цепей.....	31
9 Методика выбора уставок функции контроля электромагнитов включения и отключения выключателя	34
10 Методика выбора уставок функции учета остаточной отключающей способности выключателя	36
11 Методика расчета уставок для функции контроля времени включения и отключения выключателя	41
12 Методика выбора уставок функции автоматического ввода резерва (АВР)	43
13 Методика выбора уставок автоматики управления выключателем.....	44

1 Методика выбора уставок токовой ступенчатой защиты

Токовая ступенчатая защита является основным видом защит для сетей с односторонним питанием. Основной функцией токовых защит является отключение элемента ЭС по критерию увеличения протекающего через него тока. В общем случае их действие зависит как от значения тока КЗ, так и от длительности его протекания.

В составе терминала РИТМ имеется 6 независимых ступеней токовой защиты. Для каждой ступени предусматривается возможность вывода её из работы путем задания соответствующей уставки. 6-я ступень вводится в работу при оперативном и/или автоматическом ускорении.

Предусматривается возможность блокирования отдельных ступеней по факту наличия 2-й гармоники в токе присоединения (бросок тока намагничивания).

Функция токовой ступенчатой защиты имеет следующие, задаваемые пользователем параметры:

Наименование параметра	Возможные значения	Единицы измерения	Примечания
МТЗ	введена/выведена		
1 ступень МТЗ			
МТЗ 1 ступень (МТЗ-1)	введена/выведена		
Ток срабатывания МТЗ-1	(0,01 - 40) Ином	А	Задается в первичных величинах
Временная характеристика МТЗ-1	зависимая/независимая		
Время срабатывания МТЗ-1	(0 – 300) с, шаг 1 мс	с	
Выбор временной характеристики МТЗ-1	изменить		
Блокировка МТЗ-1 от БТН	введена/выведена		
Ток срабатывания бл. от БТН	0,01-100	%	
2 ступень МТЗ (уставки 3-5 ступеней аналогичны)			
МТЗ 2 ступень (МТЗ-2)	введена/выведена		
Ток срабатывания МТЗ-2	(0,01 - 40) Ином	А	Задается в первичных величинах
Временная характеристика МТЗ-2	зависимая/независимая		
Время срабатывания МТЗ-2	(0 – 300) с, шаг 1 мс	с	

Наименование параметра	Возможные значения	Единицы измерения	Примечания
Выбор временной характеристики МТЗ-2	изменить		
Ускоряемая ступень МТЗ			
МТЗ ускоряемая ступень (МТЗ-уск)	введена/выведена		
Ток срабатывания МТЗ-уск	(0,01 - 40) Ином	А	Задается в первичных величинах
Время срабатывания МТЗ-уск	(0 – 300) с, шаг 1 мс	с	
Блокировка МТЗ-уск от БТН	введена/выведена		
Ток срабатывания бл. от БТН	0,01-100	%	

1.1 Методика выбора уставок максимальной токовой ступенчатой защиты секционного выключателя

Для защиты секционных выключателей 6-35 кВ, как правило, применяется 3 ступени токовой защиты:

- токовая отсечка (ТО) с выдержкой времени;
- максимальная токовая защита (МТЗ);
- ступень, автоматически ускоряемая при включении выключателя (АУ).

Для реализации данных защит применяются 2 и 3 ступени защиты терминала РИТМ соответственно, а также ускоряемая ступень. Недействующие ступени защиты должны быть выведены уставками.

1.1.1 Определение предельных значений времени отключения

С целью предотвращения повреждения оборудования в аварийных режимах время действия защиты секционного выключателя не должно превышать предельно допустимых значений. Наибольшая продолжительность КЗ определяется по двум условиям:

а) Обеспечение термической стойкости питающего трансформатора. Согласно ГОСТ Р 55188-2012, наибольшую продолжительность КЗ на зажимах трансформатора на сторонах с номинальным напряжением 35 кВ и ниже следует принимать равной 4 с при наибольшем установившемся токе КЗ. Допустимую продолжительность внешнего КЗ при протекании тока КЗ менее наибольшего установившегося тока следует рассчитывать по формуле:

$$t_k = t_k^{\text{макс}} \cdot \frac{(I_k^{(3)})^2}{I_{\text{расч}}^2};$$

где $t_k^{\text{макс}}$, с – наибольшую продолжительность КЗ, принимается равной 4 с;

$I_k^{(3)}$, А – наибольший ток трехфазного КЗ на выводах трансформатора;

$I_{\text{расч}}$, А – расчетный установившийся ток КЗ менее наибольшего.

Наибольшее допустимое значение продолжительности t_k не следует принимать более 15 с независимо от значения тока.

б) Обеспечение термической стойкости ячеек КРУ. Допустимая продолжительность КЗ определяется по параметрам термической стойкости ячеек КРУ по формуле:

$$t_k = t_{\text{терм}} \cdot \frac{I_{\text{терм}}^2}{I_{\text{расч}}^2};$$

где $t_{\text{терм}}$, с – время протекания тока термической стойкости ячейки КРУ;

$I_{\text{терм}}$, А – ток термической стойкости ячейки КРУ;

$I_{\text{расч}}$, А – расчетный установившийся ток КЗ.

Из приведенных условий выбирается наиболее строгое. Дополнительно учитывается время, необходимое на обеспечение резервирования защиты вводного выключателя (далее резервирование и УРОВ). Таким образом, максимальное время срабатывания защиты вводного выключателя определяется по формулам:

$$\begin{cases} t_{\text{макс}}^{\text{ВВ}} \leq t_k - \Delta t_{\text{ВН}} - t_{\text{откл}}^{\text{ВЫКЛ.ВН}} \\ t_{\text{макс}}^{\text{ВВ}} \leq t_k - t_{\text{УРОВ}} - t_{\text{откл}}^{\text{ВЫКЛ.ВН}} \end{cases};$$

где t_k , с – рассчитанное допустимое время КЗ;

$\Delta t_{\text{ВН}}$, с – степень селективности резервной защиты питающего трансформатора;

$t_{\text{УРОВ}}$, с – время срабатывания УРОВ выключателя ввода;

$t_{\text{откл}}^{\text{ВЫКЛ.ВН}}$, с – время отключения выключателя стороны ВН питающего трансформатора.

Максимальное время срабатывания защиты секционного выключателя:

$$t_{\text{макс}}^{\text{СВ}} \leq t_{\text{макс}}^{\text{ВВ}} - \Delta t;$$

Максимальное время срабатывания защиты фидера:

$$\begin{cases} t_{\text{макс}}^{\text{Фид}} \leq t_{\text{макс}}^{\text{ВВ}} - \Delta t \\ t_{\text{макс}}^{\text{Фид}} \leq t_{\text{макс}}^{\text{СВ}} - \Delta t \end{cases};$$

При использовании зависимых характеристик срабатывания защиты, рекомендуется использовать карты селективности для обеспечения термической стойкости оборудования.

1.1.2 Выбор уставок токовой отсечки (ТО) с выдержкой времени

Токовая отсечка (ТО) с выдержкой времени применяется для защиты от КЗ с высокими токами повреждения. Применение ступени токовой отсечки с выдержкой времени для защиты секционного выключателя возможно при наличии ступеней токовой отсечки (с выдержкой и без) в защитах фидеров смежных секций шин. Для реализации данной ступени следует применять 2 ступень МТЗ терминала РИТМ.

Ток срабатывания ступени для защиты секционного выключателя выбирается по условию согласования с грубыми (первыми) ступенями защит смежных элементов сети:

$$I_{с.з.} \geq K_c \cdot I_{с.з.}^{смеж},$$

где $I_{с.з.}^{смеж}$, А – ток срабатывания ступени защиты смежного элемента, с которой производится согласование;

K_c – коэффициент согласования, принимается равным 1,1.

При согласовании рассматриваются защиты фидеров обеих секций шин. Из полученных по условию значений выбирается максимальное и принимается в качестве тока срабатывания ступени.

Чувствительность ступени проверяется при КЗ на каждой секции шин при питании через секционный выключатель. Коэффициент чувствительности определяется по формуле:

$$K_{ч} = \frac{\sqrt{3} I_{мин}^{(3)}}{2 I_{с.з.}}$$

где $I_{мин}^{(3)}$, А – минимальный ток трехфазного КЗ, протекающий через защиту секционного выключателя при КЗ на секции шин;

$I_{с.з.}$, А – ток срабатывания защиты.

Значение коэффициента чувствительности должно быть не менее 1,2.

Для токовой отсечки рекомендуется применять независимую выдержку времени. Уставка по времени срабатывания ступени выбирается по условию согласования с защитами смежных элементов сети:

$$t_{с.з.} \geq t_{с.з.}^{смеж} + Dt,$$

где $t_{с.з.}^{смеж}$, с – выдержка времени срабатывания ступени, с которой производится согласование;

$\Delta t, c$ – ступень селективности.

При согласовании рассматриваются ступени защит фидеров, с которыми производится согласование по току. Выдержка времени ступени должна удовлетворять требованиям к максимальному времени срабатывания защиты.

В зависимости от типа защиты, с которой производится согласование, следует использовать следующие значения ступени селективности:

- для микропроцессорных защит: $\Delta t = 0,3 c$;
- для электромеханических защит: $\Delta t = 0,5 c$.

1.1.3 Выбор уставок максимальной токовой защиты (МТЗ)

Максимальная токовая защита (МТЗ) является чувствительной ступенью защиты секционного выключателя и предназначена как для отключения КЗ на секциях шин, так и для обеспечения дальнего резервирования. Для реализации данной ступени следует применять 3-5 ступени МТЗ терминала РИТМ. Уставки защиты рассчитываются с учетом возможности питания как первой, так и второй секции шин.

Ток срабатывания ступени защиты секционного выключателя выбирается по следующим условиям:

а) отстройка от максимального рабочего тока каждой секции шин:

$$I_{с.з.} \geq \frac{K_n}{K_B} I_{раб.макс.},$$

где $I_{раб.макс.}$, А – максимальный рабочий ток каждой секций шин;

K_n – коэффициент надежности, принимается равным 1,2,

K_B – коэффициент возврата, принимается равным 0,95.

б) обеспечение возврата токового реле в режиме самозапуска нагрузки:

$$I_{с.з.} \geq \frac{K_n K_{сз}}{K_B} I_{раб.макс.},$$

где $I_{раб.макс.}$, А – максимальный рабочий ток каждой секций шин;

$K_{сз}$ – коэффициент самозапуска, равный отношению тока при самозапуске электродвигателей к предаварийному рабочему току. Для общепромышленной нагрузки принимается равным 1,9;

K_n – коэффициент надежности, принимается равным 1,2,

K_B – коэффициент возврата, принимается равным 0,95.

в) согласование с чувствительными (старшими) ступенями защит смежных элементов сети:

$$I_{с.з.} \leq K_c \Psi_{с.з.}^{смеж},$$

где $I_{с.з.}^{смеж}$, А – ток срабатывания ступени защиты смежного элемента, с которой производится согласование;

K_c – коэффициент согласования, принимается равным 1,1.

При согласовании рассматриваются защиты фидеров, присоединенных к обеим секциям шин. Из полученных по условиям значений выбирается максимальное и принимается в качестве тока срабатывания ступени.

Чувствительность ступени проверяется в следующих режимах:

а) на каждой секции шин при питании через секционный выключатель (основная зона):

$$K_{ч} = \frac{\sqrt{3} I_{мин}^{(3)}}{2 I_{с.з.}},$$

где $I_{мин}^{(3)}$, А – минимальный ток трехфазного КЗ, протекающий через защиту секционного выключателя при КЗ на питаемой секции шин;

$I_{с.з.}$, А – ток срабатывания защиты.

Значение коэффициента чувствительности для основной зоны должно быть не менее 1,5.

б) КЗ на удаленных концах линий, отходящих от каждой секции шин (резервная зона):

$$K_{ч} = \frac{\sqrt{3} I_{мин}^{(3)}}{2 I_{с.з.}},$$

где $I_{мин}^{(3)}$, А – минимальный ток трехфазного КЗ, протекающий через защиту секционного выключателя при КЗ на удаленном конце линии;

$I_{с.з.}$, А – ток срабатывания защиты.

Значение коэффициента чувствительности для резервной зоны должно быть не менее 1,2.

Для ступени МТЗ возможно применение как независимой, так и зависимой временной характеристики срабатывания.

При установке на отходящих фидерах защит с независимыми временными характеристиками, для защиты секционного выключателя, как правило, применяется независимая характеристика. Уставка по времени срабатывания ступени выбирается по условию согласования с защитами смежных элементов сети:

$$t_{с.з.} \leq t_{с.з.}^{смеж} + Dt,$$

где $t_{с.з.}^{смеж}$, с – выдержка времени срабатывания ступени, с которой производится согласование;

Dt , с – ступень селективности.

В зависимости от типа защиты, с которой производится согласование, следует использовать следующие значения ступени селективности:

- для микропроцессорных защит: $\Delta t = 0,3$ с;
- для электромеханических защит: $\Delta t = 0,5$ с.

При согласовании рассматриваются ступени защит фидеров, с которыми производилось согласование по току. Выдержка времени ступени должна удовлетворять требованиям к максимальному времени срабатывания защиты.

При установке на отходящих фидерах защит с зависимыми временными характеристиками (микропроцессорные защиты с зависимыми характеристиками, защиты на реле типа РТВ и РТ-80, плавкие предохранители), для защиты секционного выключателя может применяться как зависимая, так и независимая временная характеристика. Выбор характеристики срабатывания и согласование защит производится путем построения карт селективности, включающих характеристики срабатывания рассматриваемой защиты, а также смежных защит, с которыми производится согласование. Характеристика срабатывания защиты секционного выключателя должна быть отстроена от характеристик защит фидеров, подключенных к обеим секциям шин. Согласование производится во всем диапазоне токов.

На рис. 1 представлен пример согласования характеристики срабатывания защиты с характеристикой смежной защиты. Представленная характеристика срабатывания смежной защиты имеет 2 ступени:

- Токовая отсечка без выдержки времени (0,02 с);
- МТЗ с зависимой времятоковой характеристикой.

Характеристика срабатывания согласуемой защиты имеет 2 ступени:

- Токовая отсечка с выдержкой времени;
- МТЗ с независимой времятоковой характеристикой.

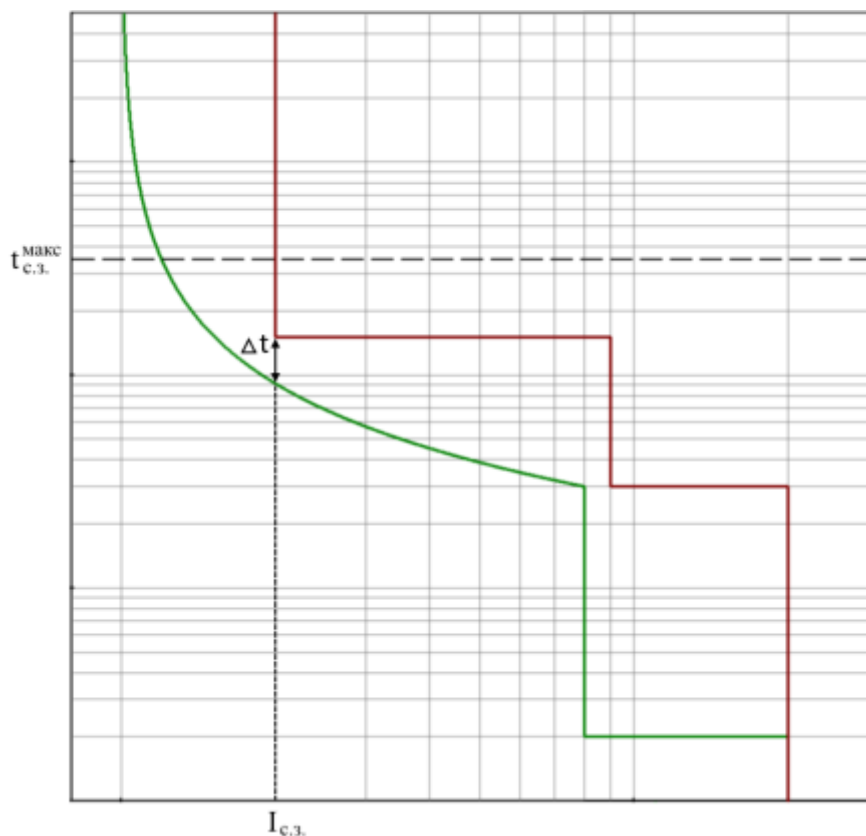


Рис. 1 Пример построения карты селективности защит для независимой характеристики
— - защита смежного элемента, — - защита согласуемого элемента

Процесс выбора времени срабатывания имеет следующий алгоритм:

- 1) Выбор тока срабатывания защиты $I_{с.з.}$;
- 2) Определение времени срабатывания $t_{с.з.}^{смеж}$ смежной защиты при токе $I_{с.з.}$. При необходимости согласования с несколькими защитами выбирается максимальное время для всех защит;
- 3) Время срабатывания расчетной защиты определяется по формуле:

$$t_{с.з.} \text{ и } t_{с.з.}^{смеж} + Dt,$$

где Dt, c – степень селективности.

В зависимости от типа защиты, с которой производится согласование, следует использовать следующие значения степени селективности:

- для микропроцессорных защит: $\Delta t = 0,5 c$;
- для предохранителей и защит на основе РТ-80: $\Delta t = 0,5 c$;
- для реле РТВ: $\Delta t = 0,7 c$;

При превышении полученной уставкой максимального времени срабатывания защиты необходимо загрузить степень, увеличив ток срабатывания степени $I_{с.з.}$ и повторив пункты 1-3.

Следует учесть, что увеличение тока срабатывания приведет к снижению чувствительности защиты. При невозможности обеспечения приемлемой чувствительности и допустимого времени срабатывания следует использовать зависимую временную характеристику.

Зависимая временная характеристика позволяет обеспечить большую чувствительности защиты, а также меньшее время срабатывания, по сравнению с независимой. При выборе зависимой временной характеристики срабатывания ступени необходимо задать от 2 до 20 точек характеристики. Точки представляют собой пару ток срабатывания – время срабатывания.

На рис. 2 представлен пример согласования характеристики срабатывания защиты с характеристикой смежной защиты (аналогична рис. 1).

Характеристика срабатывания согласуемой защиты имеет 2 ступени:

- Токсовая отсечка с выдержкой времени;
- МТЗ с зависимой времятоковой характеристикой.

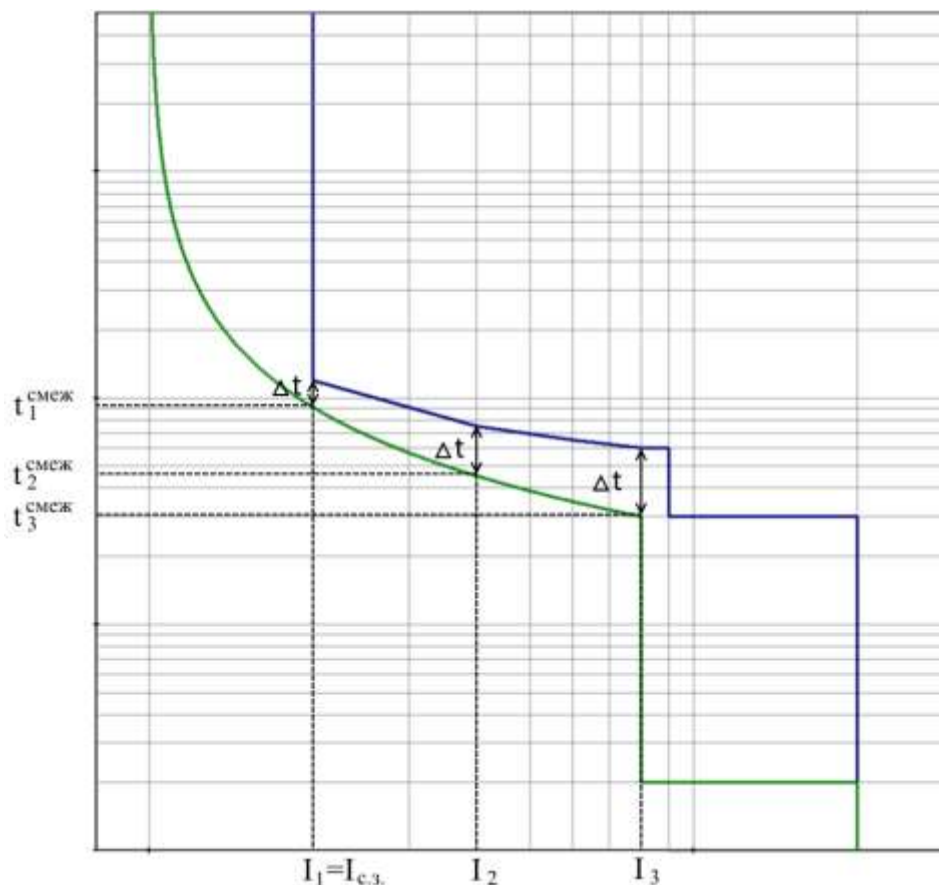


Рис. 2 Пример построения карты селективности защит для зависимой характеристики
— - защита смежного элемента, — - защита согласуемого элемента

Процесс выбора точек характеристики имеет следующий алгоритм:

1) Выбор расчетного тока срабатывания точки характеристики I_i . В качестве первого значения следует использовать ток срабатывания ступени, или меньшее значение тока;

2) Определение времени срабатывания $t_i^{\text{смеж}}$ смежной защиты при токе I_i . При необходимости согласования с несколькими защитами выбирается максимальное время для всех защит;

3) Время срабатывания расчетной характеристики определяется по формуле:

$$t_i = t_i^{\text{смеж}} + Dt,$$

где Dt, c – степень селективности.

4) Полученная пара $I_i - t_i$ заносится в таблицу уставок характеристики защиты;

5) Повтор шагов 1-4 для следующих точек.

В зависимости от типа защиты, с которой производится согласование, следует использовать следующие значения степени селективности:

- для микропроцессорных защит: $\Delta t = 0,5$ с;
- для предохранителей и защит на основе РТ-80: $\Delta t = 0,5$ с;
- для реле РТВ: $\Delta t = 0,7$ с;

1.1.4 Выбор уставок ступени, автоматически ускоряемой при включении

Автоматически ускоряемая ступень (АУ) применяется для быстрого отключения выключателя при неуспешном опробовании секции шин, а также при неуспешном АПВ. Для реализации данной ступени применяется ускоряемая ступень МТЗ терминала РИТМ, вводимая по факту включения выключателя.

Ток срабатывания ступени защиты секционного выключателя выбирается по условию обеспечения чувствительности при опробовании секции шин:

$$I_{\text{с.з.}} \leq \frac{\sqrt{3} I_{\text{мин}}^{(3)}}{2 K_{\text{ч}}},$$

где $I_{\text{мин}}^{(3)}$, А – минимальный ток трехфазного КЗ, протекающий через защиту секционного выключателя при КЗ на питаемой секции шин;

$K_{\text{ч}}$ – требуемый коэффициент чувствительности, принимается равным 2,0.

При использовании функции блокировки ускоряемой ступени по наличию тока 2-й гармоники выдержка времени ступени принимается равной 0,0 с. Ток срабатывания блокировки допустимо принять 15%.

При выводе функции блокировки ускоряемой ступени по наличию тока 2-й гармоники выдержка времени ступени принимается равной 0,5 с. Выдержка времени вводится для обеспечения отстройки защиты от бросков тока намагничивания (БТН) трансформаторов, присоединенных к шинам.

2 Методика выбора уставок токовой ступенчатой защиты нулевой последовательности

Токовая защита нулевой последовательности предназначена для защиты от КЗ на землю в сетях с большими токами замыкания, а также для сигнализации возникновения замыканий на землю в сетях с малыми токами замыкания. Защита реагирует на величину тока нулевой последовательности.

В составе терминала РИТМ предусмотрено два варианта исполнения защиты: с использованием измеренной величины тока нулевой последовательности, и с использованием величины, рассчитанной по величинам фазных токов. В зависимости от используемой схемы подключения к измерительным трансформаторам представленные функции могут быть недоступны.

Каждый из вариантов исполнения защит предусматривает наличие 6 независимых ступеней токовой защиты нулевой последовательности. Ступени 1-5 предусматривают возможность вывода из работы путем задания соответствующей уставки. 6-я ступень предусматривает ввод при оперативном и/или автоматическом ускорении. Предусматривается возможность блокирования отдельных ступеней по факту наличия 2-й гармоники в токе присоединения (бросок тока намагничивания).

Функция токовой ступенчатой защиты нулевой последовательности для расчетного тока имеет следующие, задаваемые пользователем параметры:

Наименование параметра	Возможные значения	Единицы измерения	Примечания
ТЗНП 3Io расчетный (ТЗНПрасч)	введена/выведена		
1 ступень ТЗНПрасч			
ТЗНПрасч 1 ступень (ТЗНПрасч-1)	введена/выведена		
Ток срабатывания ТЗНПрасч-1	(0,01 - 40) Iном	А	Задается в первичных величинах
Временная характеристика ТЗНПрасч-1	зависимая/независимая		
Время срабатывания ТЗНПрасч-1	(0 – 300) с, шаг 1 мс	с	

Наименование параметра	Возможные значения	Единицы измерения	Примечания
Выбор временной хар-ки ТЗНПрасч-1	изменить		
Блокировка ТЗНПрасч-1 по фазному току	введена/выведена		
Блокировка ТЗНПрасч-1 от БТН	введена/выведена		
Ток срабатывания бл. от БТН, %	0,01-100	%	
2 ступень ТЗНПрасч (уставки 3-5 ступеней аналогичны)			
ТЗНПрасч 2 ступень (ТЗНПрасч-2)	введена/выведена		
Ток срабатывания ТЗНПрасч-2	(0,01 - 40) Iном	А	Задается в первичных величинах
Временная характеристика ТЗНПрасч-2	зависимая/независимая		
Время срабатывания ТЗНПрасч-2	(0 – 300) с, шаг 1 мс	с	
Выбор временной хар-ки ТЗНПрасч-2	изменить		
Блокировка ТЗНПрасч-2 по фазному току	введена/выведена		
Блокировка по фазному току			
Ток блокировки ТЗНПрасч по фазному току	(0,01 - 40) Iном	А	Задается в первичных величинах
Ускоряемая ступень ТЗНПрасч			
ТЗНПрасч ускоряемая ступень (ТЗНПрасч-уск)	введена/выведена		
Ток срабатывания ТЗНПрасч-уск	(0,01 - 40) Iном	А	Задается в первичных величинах
Время срабатывания ТЗНПрасч-уск	(0 – 300) с, шаг 1 мс	с	
Блокировка ТЗНПрасч-уск от БТН	введена/выведена		
Ток срабатывания бл. от БТН	0,01-100	%	

Функция токовой ступенчатой защиты нулевой последовательности для измеренного тока имеет следующие, задаваемые пользователем параметры:

Наименование параметра	Возможные значения	Единицы измерения	Примечания
ТЗНП 3Io измеренный (ТЗНПиз)	введена/выведена		
1 ступень ТЗНПиз			
ТЗНПиз 1 ступень (ТЗНПиз-1)	введена/выведена		
Режим работы ТЗНПиз-1	на отключение/на сигнал		
Ток срабатывания ТЗНПиз-1	(0,01 - 40) Iном	А	Задается в первичных величинах
Временная характеристика ТЗНПиз-1	зависимая/независимая		
Время срабатывания ТЗНПиз-1	(0 – 300) с, шаг 1 мс	с	
Выбор временной хар-ки ТЗНПиз-1	изменить		
Блокировка ТЗНПиз-1 от БТН	введена/выведена		
Ток срабатывания бл. от БТН, %	0,01-100	%	
2 ступень ТЗНПиз (уставки 3-5 ступеней аналогичны)			
ТЗНПиз 2 ступень (ТЗНПиз-2)	введена/выведена		
Режим работы ТЗНПиз-2	на отключение/на сигнал		
Ток срабатывания ТЗНПиз-2	(0,01 - 40) Iном	А	Задается в первичных величинах
Временная характеристика ТЗНПиз-2	зависимая/независимая		
Время срабатывания ТЗНПиз-2	(0 – 300) с, шаг 1 мс	с	
Выбор временной хар-ки ТЗНПиз-2	изменить		
Ускоряемая ступень ТЗНПиз			
ТЗНПиз ускоряемая ступень (ТЗНПиз-уск)	введена/выведена		
Ток срабатывания ТЗНПиз-уск	(0,01 - 40) Iном	А	Задается в первичных величинах

Наименование параметра	Возможные значения	Единицы измерения	Примечания
Время срабатывания ТЗНПиз-уск	(0 – 300) с, шаг 1 мс	с	
Блокировка ТЗНПиз-уск от БТН	введена/выведена		
Ток срабатывания бл. от БТН	0,01-100	%	

2.1 Методика выбора уставок токовой защиты нулевой последовательности секционного выключателя в сетях с резистивно заземленной нейтралью

Для защиты секционных выключателей 6-35 кВ, как правило, применяется 3 ступени токовой защиты нулевой последовательности:

- грубая ступень защиты;
- чувствительная ступень защиты;
- ступень, автоматически ускоряемая при включении выключателя (АУ).

Для реализации данных защит применяются 2 и 3 ступени защиты терминала РИТМ соответственно, а также ускоряемая ступень. Недействующие ступени защиты должны быть выведены уставками.

2.1.1 Определение предельных значений времени отключения

С целью предотвращения повреждения заземляющего резистора, установленного в нейтрали обмотки питающего трансформатора, в аварийных режимах характеристика срабатывания защиты должна быть согласована с тепловой характеристикой резистора заземления. При этом следует учитывать время, необходимое на обеспечение резервирования защиты вводного выключателя (далее резервирование и УРОВ). Таким образом, максимальное время срабатывания защиты вводного выключателя определяется по формулам:

$$\begin{cases} t_{с.з.}^{\max} \leq t_{к} - \Delta t_{R} - t_{откл}^{\text{выкл.ВН}} \\ t_{с.з.}^{\max} \leq t_{к} - t_{УРОВ} - t_{откл}^{\text{выкл.ВН}} \end{cases};$$

где $t_{к}$, с – время срабатывания защиты резистора при расчетном токе нулевой последовательности;

Δt_{R} , с – ступень селективности защиты заземляющего резистора;

$t_{УРОВ}$, с – время срабатывания УРОВ выключателя ввода;

$t_{откл}^{\text{выкл.ВН}}$, с – время отключения выключателя стороны ВН питающего трансформатора.

Максимальное время срабатывания защиты секционного выключателя:

$$t_{\text{макс}}^{\text{CB}} \leq t_{\text{макс}}^{\text{BB}} - \Delta t;$$

Максимальное время срабатывания защиты фидера:

$$\begin{cases} t_{\text{макс}}^{\text{фид}} \leq t_{\text{макс}}^{\text{BB}} - \Delta t \\ t_{\text{макс}}^{\text{фид}} \leq t_{\text{макс}}^{\text{CB}} - \Delta t \end{cases}.$$

При использовании зависимых характеристик срабатывания защиты, рекомендуется использовать карты селективности для обеспечения термической стойкости оборудования.

2.1.2 Выбор уставок грубой ступени защиты нулевой последовательности

Грубая ступень защиты нулевой последовательности применяется для защиты от КЗ на землю с высокими токами повреждения. Для реализации ступени может быть использована как функция ТЗНП с расчетным током, так и функция с измеренным током нулевой последовательности. Применение грубой ступени для защиты секционного выключателя возможно при наличии грубых ступеней в защитах фидеров обеих секций шин. Для реализации данной ступени следует применять 2 ступень ТЗНП терминала РИТМ.

Ток срабатывания ступени для защиты секционного выключателя выбирается по двум условию согласования с грубыми ступенями защит смежных элементов сети:

$$3I_{0\text{с.з.}} \geq K_{\text{с}} \cdot 3I_{0\text{с.з.}}^{\text{смеж}},$$

где $3I_{0\text{с.з.}}^{\text{смеж}}$, А – ток срабатывания ступени защиты смежного элемента, с которой производится согласование;

$K_{\text{с}}$ – коэффициент согласования, принимается равным 1,1.

При согласовании рассматриваются защиты фидеров, присоединенных к обеим секциям шин.

Из полученных по условиям значений выбирается максимальное и принимается в качестве тока срабатывания ступени.

Чувствительность ступени проверяется при КЗ на обеих секциях шин, при питании через секционный выключатель. Коэффициент чувствительности определяется по формуле:

$$K_{\text{ч}} = \frac{3I_{0\text{мин}}}{3I_{0\text{с.з.}}},$$

где $3I_{0\text{мин}}$, А – минимальный ток нулевой последовательности, протекающий через защиту секционного выключателя при КЗ на питаемой секции шин;

$3I_{0\text{с.з.}}$, А – ток срабатывания защиты.

Значение коэффициента чувствительности должно быть не менее 1,2.

Для грубой ступени ТЗНП рекомендуется применять независимую выдержку времени. Уставка по времени срабатывания ступени выбирается по условию согласования с защитами смежных элементов сети:

$$t_{с.з.} \geq t_{с.з.}^{смеж} + Dt,$$

где $t_{с.з.}^{смеж}$, с – выдержка времени срабатывания ступени, с которой производится согласование;

Dt , с – степень селективности.

При согласовании рассматриваются ступени защит фидеров обеих секций шин, с которыми производится согласование по току. Выдержку времени ступени следует проверить по условию обеспечения термической стойкости резисторов заземления.

В зависимости от типа защиты, с которой производится согласование, следует использовать следующие значения ступени селективности:

- для микропроцессорных защит: $\Delta t = 0,3$ с;
- для электромеханических защит: $\Delta t = 0,5$ с.

2.1.3 Выбор уставок чувствительной ступени ТЗНП

Чувствительная ступень ТЗНП предназначена как для отключения КЗ на землю на питаемых шинах, так и для обеспечения дальнего резервирования. Ступень выполняется с применением функции ТЗНП с измеренным током нулевой последовательности. При выполнении данной ступени с применением функции ТЗНП с расчетным током нулевой последовательности невозможно обеспечить необходимую чувствительность к КЗ в конце смежных линий, так как приходится отстраивать данную защиту от токов небаланса при междуфазных КЗ. Для реализации данной ступени следует применять 3-5 ступени ТЗНП терминала РИТМ.

Ток срабатывания ступени защиты секционного выключателя выбирается по условию согласования с чувствительными ступенями защит смежных элементов сети:

$$3I_{0с.з.} \geq K_c \Phi I_{0с.з.}^{смеж},$$

где $3I_{0с.з.}^{смеж}$, А – ток срабатывания ступени защиты смежного элемента, с которой производится согласование;

K_c – коэффициент согласования, принимается равным 1,1.

При согласовании рассматриваются защиты фидеров, присоединенных к обеим секциям шин. Из полученных значений выбирается максимальное и принимается в качестве тока срабатывания ступени.

Чувствительность ступени проверяется в следующих режимах:

а) КЗ на обеих секциях шин, при питании через секционный выключатель (основная зона):

$$K_{\text{ч}} = \frac{3I_{\text{0мин}}^{(3)}}{3I_{\text{0с.з.}}},$$

где $3I_{\text{0мин}}^{(3)}$, А – минимальный ток нулевой последовательности, протекающий через защиту секционного выключателя при КЗ на землю на питаемой секции шин;
 $3I_{\text{0с.з.}}$, А – ток срабатывания защиты.

Значение коэффициента чувствительности для основной зоны должно быть не менее 1,5.

б) КЗ на удаленных концах линий, отходящих от обеих секций шин (резервная зона):

$$K_{\text{ч}} = \frac{3I_{\text{0мин}}^{(3)}}{3I_{\text{0с.з.}}},$$

где $3I_{\text{0мин}}^{(3)}$, А – минимальный ток нулевой последовательности, протекающий через защиту секционного выключателя при КЗ на землю на удаленном конце линии;
 $3I_{\text{0с.з.}}$, А – ток срабатывания защиты.

Значение коэффициента чувствительности для резервной зоны должно быть не менее 1,2.

Для чувствительной ступени ТЗНП возможно применение как независимой, так и зависимой временной характеристики срабатывания.

При установке на отходящих фидерах защит с независимыми временными характеристиками, для защиты секционного выключателя, как правило, применяется независимая характеристика. Уставка по времени срабатывания ступени выбирается по условию согласования с защитами смежных элементов сети:

$$t_{\text{с.з.}} \geq t_{\text{с.з.}}^{\text{смеж}} + Dt,$$

где $t_{\text{с.з.}}^{\text{смеж}}$, с – выдержка времени срабатывания ступени, с которой производится согласование;

Dt , с – степень селективности.

В зависимости от типа защиты, с которой производится согласование, следует использовать следующие значения ступени селективности:

- для микропроцессорных защит: $\Delta t = 0,3$ с;
- для электромеханических защит: $\Delta t = 0,5$ с.

При согласовании рассматриваются ступени защит фидеров обеих секций шин, с которыми производилось согласование по току. Выдержку времени ступени следует проверить по условию обеспечения термической стойкости резисторов заземления.

При установке на отходящих фидерах защит с зависимыми временными характеристиками (микропроцессорные защиты с зависимыми характеристиками), для защиты секционного выключателя может применяться как зависимая, так и независимая временная характеристика. Выбор характеристики срабатывания и согласование защит производится путем построения карт селективности, включающих характеристики срабатывания рассматриваемой защиты, а также смежных защит, с которыми производится согласование. Характеристика срабатывания защиты секционного выключателя должна быть отстроены от характеристик защит фидеров, подключенных к обеим секциям шин. Согласование производится во всем диапазоне токов.

На рис. 3 представлен пример согласования характеристики срабатывания защиты с характеристикой смежной защиты. Представленная характеристика срабатывания смежной защиты имеет 2 ступени:

- грубая ступень с независимой времятоковой характеристикой;
- чувствительная ступень с зависимой времятоковой характеристикой.

Характеристика срабатывания согласуемой защиты имеет 2 ступени:

- грубая ступень с независимой времятоковой характеристикой;
- чувствительная ступень с независимой времятоковой характеристикой.

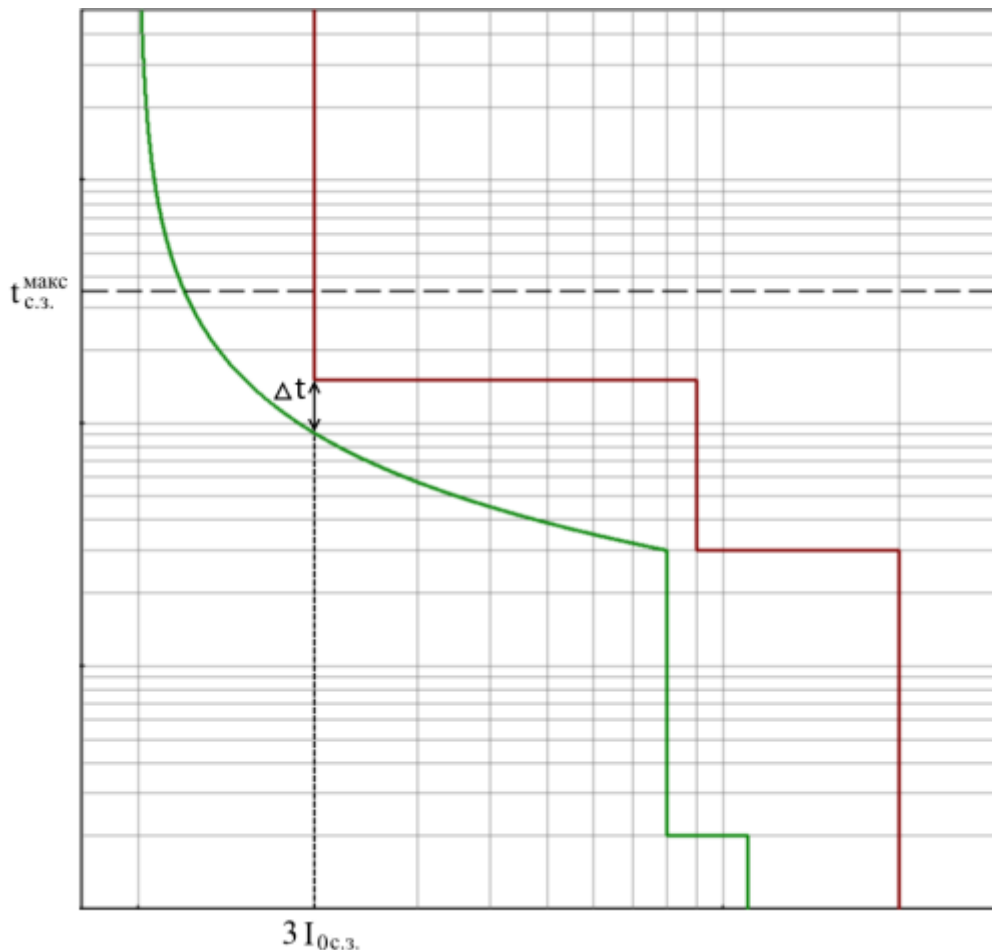


Рис. 3 Пример построения карты селективности защит для независимой характеристики
— - защита смежного элемента, — - защита согласуемого элемента

Процесс выбора времени срабатывания имеет следующий алгоритм:

- 1) Выбор тока срабатывания защиты $3I_{0с.з.}$;
- 2) Определение времени срабатывания $t_{с.з.}^{смеж}$ смежной защиты при токе $3I_{0с.з.}$. При необходимости согласования с несколькими защитами выбирается максимальное время для всех защит;
- 3) Время срабатывания расчетной защиты определяется по формуле:

$$t_{с.з.} \text{ и } t_{с.з.}^{смеж} + Dt,$$

где Dt , с – ступень селективности.

Для согласования с микропроцессорными защитами следует использовать значения ступени селективности $Dt = 0,5$ с.

Полученную выдержку времени необходимо проверить по условия обеспечения термической стойкости резистора заземления. При превышении полученной уставкой

максимального времени срабатывания защиты следует использовать зависимую временную характеристику.

Зависимая временная характеристика позволяет обеспечить более высокую чувствительности защиты, а также меньшее время срабатывания, по сравнению с независимой. При выборе зависимой временной характеристики срабатывания ступени необходимо задать от 2 до 20 точек характеристики. Точки представляют собой пару ток срабатывания – время срабатывания.

На рис. 4 представлен пример согласования характеристики срабатывания защиты с характеристикой смежной защиты (аналогична рис. 3).

Характеристика срабатывания согласуемой защиты имеет 2 ступени:

- грубая ступень с независимой времятоковой характеристикой;
- чувствительная ступень с зависимой времятоковой характеристикой.

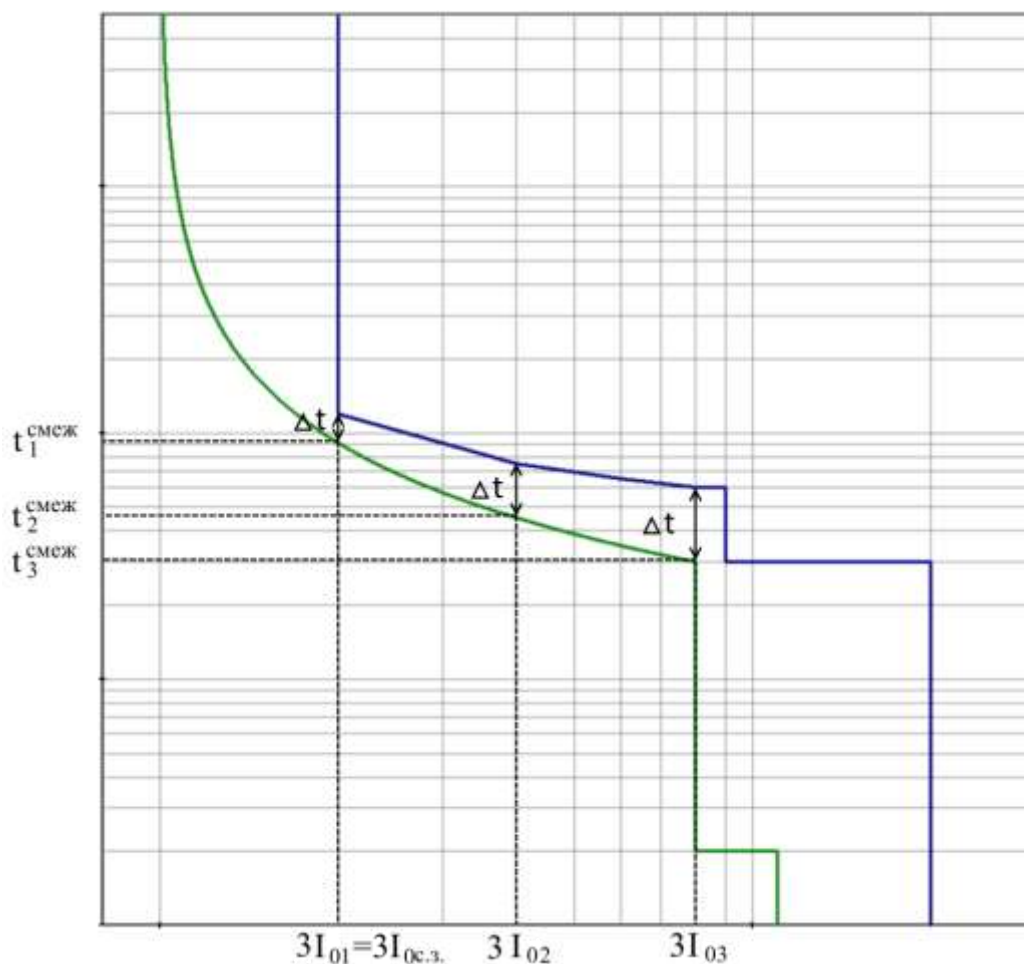


Рис. 4 Пример построения карты селективности защит для зависимой характеристики

— - защита смежного элемента, — - защита согласуемого элемента

Процесс выбора точек характеристики имеет следующий алгоритм:

- 1) Выбор расчетного тока срабатывания точки характеристики $3I_{0i}$. В качестве первого значения следует использовать ток срабатывания ступени, или меньшее значение тока;
- 2) Определение времени срабатывания $t_i^{\text{смеж}}$ смежной защиты при токе $3I_{0i}$. При необходимости согласования с несколькими защитами выбирается максимальное время для всех защит;
- 3) Время срабатывания расчетной характеристики определяется по формуле:

$$t_i \text{ и } t_i^{\text{смеж}} + Dt,$$

где Dt, c – степень селективности.

- 4) Полученная пара $3I_{0i} - t_i$ заносится в таблицу уставок характеристики защиты;
- 5) Повтор шагов 1-4 для следующих точек.

Для согласования с микропроцессорными защитами следует использовать значения степени селективности $Dt = 0,5 c$.

2.1.4 Выбор уставок ступени, автоматически ускоряемой при включении

Автоматически ускоряемая ступень (АУ) применяется для быстрого отключения выключателя при неуспешном опробовании секции шин, а также при неуспешном АПВ. Для реализации данной ступени применяется ускоряемая ступень ТЗНП терминала РИТМ, вводимая по факту включения выключателя.

Ток срабатывания ступени защиты секционного выключателя выбирается по условию обеспечения чувствительности при опробовании секции шин через секционный выключатель:

$$3I_{0c.z.} \leq \frac{3I_{0\text{мин}}}{K_{\text{ч}}},$$

где $3I_{0\text{мин}}$, А – минимальный ток нулевой последовательности, протекающий через защиту секционного выключателя при КЗ на питаемой секции шин;

$K_{\text{ч}}$ – требуемый коэффициент чувствительности, принимается равным 2,0.

При использовании функции блокировки ускоряемой ступени по наличию тока 2-й гармоники выдержка времени ступени принимается равной 0,0 с. Ток срабатывания блокировки допустимо принять 15%.

При выводе функции блокировки ускоряемой ступени по наличию тока 2-й гармоники выдержка времени ступени принимается равной 0,5 с. Выдержка времени вводится для обеспечения отстройки защиты от бросков тока намагничивания (БТН) трансформаторов, присоединенных к шинам.

2.2 Методика выбора уставок токовой защиты нулевой последовательности секционного выключателя в сетях с изолированной нейтралью

В сетях с изолированной нейтралью сигнальная ступень ТЗНП секционного выключателя не применяется.

3 Методика выбора уставок защиты от несимметричных режимов работы и обрыва фаз

Защита от несимметричных режимов работы и обрыва фаз (ЗОФ) в устройстве РИТМ защиты секционного выключателя (СВ) 6-35 кВ предназначена для действия на сигнал или отключение СВ при выявлении несимметричных режимов работы и обрыве фаз в первичной цепи или в токовых цепях устройства РИТМ. Рекомендуется выполнять ЗОФ с действием на сигнал.

ЗОФ срабатывает при выполнении указанного ниже условия и действует с независимой выдержкой времени на выходные реле и сигнализацию.

$$(I_{\phi,\max} - I_{\phi,\min}) \geq I_{\text{ср.ЗОФ}},$$

где $I_{\phi,\max}$, $I_{\phi,\min}$, A – значения соответственно максимального и минимального из трех фазных тока;

$I_{\text{ср.ЗОФ}}$, A – ток срабатывания ЗОФ.

ЗОФ может использоваться в распределительных сетях с резистивно-заземленной или изолированной нейтралью. В схеме с тремя трансформаторами тока защита контролирует три фазных тока и реагирует на несимметрию и обрыв любой из фаз. В схеме с двумя трансформаторами тока защита контролирует токи в двух фазах, и реагирует на несимметрию или обрыв только в этих двух фазах. Недостающий ток рассчитывается по значениям двух измеренных токов. Например, при измерении токов в фазах А и С ток в фазе В рассчитывается как:

$$\underline{I}_{\phi,B} = -\underline{I}_{\phi,A} - \underline{I}_{\phi,C},$$

где $\underline{I}_{\phi,A}$, $\underline{I}_{\phi,B}$, $\underline{I}_{\phi,C}$ – векторы токов в фазах А, В и С.

Поскольку при измерении малых токов погрешности трансформаторов тока возрастают, для предотвращения неправильной работы функции ЗОФ предусмотрена ее мгновенная блокировка при снижении всех токов в фазах ниже задаваемой уставки тока блокировки.

Функция ЗОФ имеет следующие параметры, задаваемые пользователем:

Наименование параметра	Возможные значения	Единицы измерения	Примечания
ЗОФ	введена/выведена		
Ток срабатывания ЗОФ	$(0,1 - 1,0)I_{\text{НОМ}}$	А	Задается в первичных

Наименование параметра	Возможные значения	Единицы измерения	Примечания
			величинах
Время срабатывания ЗОФ	(0 – 300) с, шаг 1 мс	с	
Ток блокировки ЗОФ	(0,1 – 1,0) $I_{ном}$	А	Задается в первичных величинах

Параметр «ЗОФ» обеспечивает ввод функции в работу и вывод функции из работы. При выводе функции из работы не происходит действие функции на выходные реле и сигнализацию.

Согласно нормативной документации, разница в токах наиболее и наименее загруженной фазы не должна превышать 15%. Таким образом, ток срабатывания ЗОФ рекомендуется принять равным $0,15I_{ном,раб}$, где $I_{ном,раб}$ – номинальный рабочий ток, протекающий через включенный СВ.

Ток $I_{ном,раб}$ рассчитывается как сумма номинальных рабочих токов присоединений секции. Расчет тока проводится для двух секций, между которыми включен СВ, и в качестве $I_{ном,раб}$ принимается наибольшее из значений.

Время срабатывания ЗОФ $t_{с.ЗОФ}$ определяется по условию отстройки от максимального времени срабатывания защит присоединений своей и смежной секций:

$$t_{с.ЗОФ} = t_{с.з.мах} + \Delta t,$$

где $t_{с.з.мах}$, с – максимальное время срабатывания защит присоединений своей и смежной секций;

Δt , с – ступень селективности, принимаемая равной 0,5 с.

Ток блокировки ЗОФ рекомендуется принять равным $0,1I_{ном,раб}$.

4 Методика выбора уставок защиты от дуговых замыканий

Защита от дуговых замыканий (ЗДЗ) предназначена для ликвидации коротких замыканий в ячейках КРУ, сопровождаемых появлением электрической дуги. В качестве датчиков появления дуги могут применяться клапаны, открывающиеся под действием избыточного давления, создаваемого дугой, или оптические датчики, реагирующие на свечение дуги. В состав терминала РИТМ могут входить три пары оптических датчиков попарно располагаемых в трех отсеках ячейки КРУ – шинном отсеке, отсеке выключателя и в кабельном отсеке.

При появлении сигнала о наличии дуги с токовым контролем ЗДЗ воздействует на отключение оборудования. Контролируются фазные токи и ток нулевой последовательности. Контроль тока нулевой последовательности необходим при однофазных КЗ в сети с

глухозаземленной или заземленной через низкоомное сопротивление нейтралью. Контроль тока осуществляется на вводном выключателе и на вышестоящей релейной защите. Это необходимо, так как при КЗ в ячейке вводного выключателя трансформаторы тока могут быть шунтированы дугой, либо повреждены их вторичные цепи.

ЗДЗ реализована в устройствах защиты вводных выключателей 6-35 кВ типа РИТМ ВВ. В составе устройства защиты секционного выключателя (СВ) 6-35кВ типа РИТМ СВ предусмотрена функция оптической ЗДЗ (ОЗДЗ), которая применяется для приема сигналов с оптических датчиков и передачи дискретных сигналов о возникновении дуги в отсеках ячейки КРУ СВ в терминалы защиты вводов РИТМ ВВ для работы ЗДЗ. В отличие от клапанной ЗДЗ, ОЗДЗ может быть эффективна при однофазных КЗ в сетях с низкоомным заземлением. Как правило, тока однофазного КЗ недостаточно для уверенного срабатывания клапанов дуговой защиты, в то время как оптические датчики срабатывают при токах дуги от 100 ампер.

При срабатывании оптических датчиков с выходных реле РИТМ СВ передаются сигналы на дискретные входы устройств РИТМ ВВ защиты вводов обеих секций. Действие ЗДЗ в РИТМ ВВ выполняется с токовым контролем. Действие функции ЗДЗ различается в зависимости от места возникновения дуги и применяемой первичной схемы распределительного устройства: с одним СВ или с двумя.

В схеме с одним СВ при возникновении дуги в шинном отсеке функция ЗДЗ в устройстве РИТМ ВВ действует:

- без выдержки времени – на отключение СВ и выключателя ввода поврежденной секции с запретом АПВ и АВР;
- с выдержкой времени – на отключение выключателя ввода смежной секции с запретом АПВ.

В схеме с одним СВ при возникновении дуги в отсеке выключателя ЗДЗ в устройстве РИТМ ВВ действует без выдержки времени на отключение СВ и выключателей вводов поврежденной и смежной секций с запретом АПВ.

В схеме с двумя СВ при возникновении дуги в любом отсеке КРУ СВ ЗДЗ в устройстве РИТМ ВВ действует:

- без выдержки времени - на отключение СВ1, СВ2 и выключателя ввода поврежденной секции с запретом АПВ и АВР;
- с выдержкой времени – на отключение выключателя ввода смежной секции с запретом АПВ.

Для работы функции ОЗДЗ в устройстве РИТМ СВ пользователем должны быть заданы следующие параметры:

1. «ЗДЗ оптическая» - введена.

2. На вход «Overcurrent» функционального блока «ZDZ» должна быть подана логическая единица для блокировки токового контроля в ОЗДЗ устройства РИТМ СВ.

Рекомендации по расчету уставок функции ЗДЗ в устройствах защиты вводных выключателей 6-35 кВ типа РИТМ приведен в руководстве по эксплуатации на это устройство.

5 Методика выбора уставок контроля перегрузки секционного выключателя

Алгоритм контроля перегрузки секционного выключателя (СВ) предназначен для выявления о перегрузки оборудования по току. Пуск алгоритма происходит при превышении током любой из фаз максимального длительного тока нагрузки силового оборудования (ячейки КРУ, выключателя, трансформаторов тока).

Алгоритм сигнализации перегрузки имеет одну независимую выдержку времени на срабатывание и по выбору пользователя может действовать на сигнал или отключение СВ. Предусмотрена возможность задания независимой выдержки времени на возврат функции после срабатывания при исчезновении перегрузки. Эту возможность целесообразно использовать при действии контроля перегрузки СВ на сигнал для предотвращения многократного пуска осциллографа от рассматриваемой функции в случае дальнейших последовательно возникающих перегрузок СВ.

При работе функции на отключение СВ выдержка времени на возврат должна быть задана равной нулю.

Функция контроля перегрузки секционного выключателя имеет следующие, задаваемые пользователем параметры:

Наименование параметра	Возможные значения	Единицы измерения	Примечания
Контроль перегрузки секционного выключателя	введен/выведен		
Ток срабатывания контроля перегрузки	$(0,01 - 40) I_{ном}$	А	Задается в первичных величинах
Независимая выдержка времени на срабатывание	$(0 - 300) с$, шаг 1 мс	с	
Независимая выдержка времени на возврат	$(0 - 60) мин$, шаг 1 мин	мин	

Параметр «Контроль перегрузки секционного выключателя» обеспечивает ввод функции в работу и вывод ее из работы. При выводе функции из работы не происходит действие функции на выходные реле и сигнализацию.

1. При действии контроля перегрузки на сигнал ток срабатывания $I_{ср.сигн.}$ проверяется по условию согласования с номинальным током оборудования:

$$I_{\text{ср.сигн}} \geq \frac{K_{\text{отс}}}{K_{\text{в}}} I_{\text{ном}},$$

где $K_{\text{отс}}$ – коэффициент отстройки, принимается равным 1,1;

$K_{\text{в}}$ – коэффициент возврата, принимается равным 0,99;

$I_{\text{ном}}$, А – номинальный ток оборудования (выбирается минимальный из номинальных токов оборудования, через которое протекает контролируемый ток).

Выдержка времени действия функции на сигнал выбирается из условия отстройки:

- от времени работы резервных защит питающего ввода;
- от времени самозапуска двигателей присоединений секции шин после работы АВР СВ,
- от времени пиковой нагрузки потребителей с резко неравномерным графиком нагрузки.

Выдержку времени действия на сигнал $t_{\text{ср.сигн}}$ рекомендуется принимать равной 30с.

Выдержка времени на возврат рекомендуется принять равной 60 мин.

2. При действии контроля перегрузки на отключение СВ ток срабатывания $I_{\text{ср.откл}}$ проверяется по условию согласования с наибольшим допустимым рабочим током оборудования:

$$I_{\text{ср.откл}} \geq \frac{K_{\text{отс}}}{K_{\text{в}}} I_{\text{раб.,нб.}},$$

где $K_{\text{отс}}$ – коэффициент отстройки, принимается равным 1,05;

$K_{\text{в}}$ – коэффициент возврата, принимается равным 0,99;

$I_{\text{раб.,нб.}}$, А – наибольший допустимый рабочий ток оборудования (выбирается минимальный из наибольших допустимых рабочих токов оборудования, через которое протекает контролируемый ток).

Выдержка времени действия функции на отключение СВ $t_{\text{ср.откл}}$ выбирается двум условиям:

- отстройка от наибольшего времени срабатывания защит присоединений секций $t_{\text{с.з.мах}}$:

$$t_{\text{ср.откл}} = t_{\text{с.з.мах}} + \Delta t,$$

где $t_{\text{с.з.мах}}$, с – наибольшее время срабатывания защит присоединений секций;

- от времени самозапуска двигателей присоединений секции шин после работы АВР СВ:

$$t_{\text{ср.откл}} = t_{\text{зап.мах}} + \Delta t,$$

где $t_{\text{зап.мах}}$, с – наибольшее время самозапуска двигателей присоединений секции шин после работы АВР СВ;

Степень селективности Δt принимается равной 0,5 с при использовании на присоединениях электромеханических защит и 0,3 с при использовании микропроцессорных или микроэлектронных защит.

6 Методика выбора уставок устройства резервирования отказа выключателя

Функция УРОВ в устройстве защиты секционного выключателя (СВ) 6-35кВ типа РИТМ предназначена для действия при отказе СВ с выдержкой времени:

- на отключение выключателей вводов в схемах с одним СВ;
- на отключение выключателя ввода «своей» секции и смежного СВ в схемах с двумя СВ.

Пуск УРОВ осуществляется:

- от всех защит, реализованных в РИТМ и действующих на отключение СВ;
- от внешних защит, действующих на отключение выключателя через дискретный вход «Внешнее откл.». Пуск УРОВ от внешних защит при необходимости может быть выведен пользователем.

Для выявления неуспешного отключения СВ используется контроль протекания через него тока после команды отключения. Наличие хотя бы в одной из фаз выключателя тока выше заданной уставки свидетельствует о неуспешном отключении выключателя. При снижении тока во всех фазах выключателя ниже заданной уставки срабатывание УРОВ блокируется. Таким образом, пуск УРОВ осуществляется после каждого аварийного отключения, срабатывание УРОВ происходит, если до окончания выдержки времени не происходит возврат УРОВ по факту снижения тока.

Функция УРОВ имеет следующие параметры, задаваемые пользователем

Наименование параметра	Возможные значения	Единицы измерения	Примечания
УРОВ	введено/выведено		
Ток срабатывания УРОВ	Для $I_{\text{ном}} = 5\text{А}$: (0,01 – 1,0) $I_{\text{ном}}$, шаг 1 мА Для $I_{\text{ном}} = 1\text{А}$: (0,05 – 5,0) $I_{\text{ном}}$, шаг 1 мА	А	Задается в первичных величинах
Время срабатывания УРОВ	(0 – 10) с, шаг 1 мс	с	
Внешний пуск УРОВ	введен/выведен		

Для обеспечения надежного срабатывания уставку тока срабатывания УРОВ рекомендуется выбирать из диапазона $(0,1 - 0,2)I_{\text{ном}}$.

Время срабатывания УРОВ выбирается по условию отстройки от времени отключения исправного СВ:

$$t_{с.УРОВ} = t_{откл.в} + t_{воз.рз} + t_{воз\ TO\ УРОВ} + t_{зап},$$

где $t_{откл.в}$, с – полное время отключения выключателя (с учетом гашения дуги);

$t_{воз.рз}$, с – время, необходимое для возврата защиты, пускающей УРОВ;

$t_{воз\ TO\ УРОВ}$, с – время возврата токового органа УРОВ;

$t_{зап}$, с – время запаса.

При расчетах значение суммы ($t_{воз.рз} + t_{воз\ TO\ УРОВ} + t_{зап}$) может быть принято равным 0,15 – 0,2 с, таким образом время срабатывания УРОВ может быть определено как:

$$t_{с.УРОВ} = t_{откл.в} + 0,2\ с.$$

7 Методика выбора уставок пуска осциллографа

Осциллограф позволяет записывать во внутреннюю память устройства осциллограммы всех измеряемых токов и напряжений, физически заводимых или рассчитываемых устройством, токов электромагнитов включения и отключения выключателя, состояние дискретных входов и выходов, а также срабатывание и возврат используемых в устройстве токовых реле, реле напряжения, реле времени.

Пуск осциллографа осуществляется при:

- превышение любым фазным током уставки срабатывания;
- превышение расчетного/измеренного тока нулевой последовательности уставки срабатывания;
- срабатывание/возврат токовых реле;
- срабатывание/возврат реле напряжения;
- срабатывание/возврат дискретного входа;
- срабатывание/возврат выходного реле;
- срабатывание/возврат реле времени;
- ручной пуск осциллографа (позволяет осуществить пуск осциллографа независимо от состояния пусковых органов осциллографа).

Каждая осциллограмма включает в себя доаварийный, аварийный и послеаварийный режимы. Максимальная длительность записи осциллограммы составляет 9с с учетом доаварийного и послеаварийного режимов длительностью 100мс каждый. В памяти устройства может храниться до 30 осциллограмм, а общее время памяти для осциллографа составляет не

менее 270 с. Каждая «новая» осциллограмма (сверх 30-ой осциллограммы) записывается на место наиболее «старой».

Если при некотором событии происходит пуск осциллографа в произвольной последовательности от аналоговых и дискретных сигналов, то пуск осциллографа происходит от первого сигнала. Если во время записи осциллограммы возникает второе условие пуска, и оно сохраняется после исчезновения первого условия пуска (в том числе по ограничению длительности), запись первой осциллограммы останавливается и сразу же начинается вторая.

Функция пуска осциллографа имеет следующие, задаваемые пользователем параметры:

Наименование параметра	Возможные значения	Единицы измерения	Примечания
Пуск по фазному току	введен/выведен		
Пуск по фазному току	введен/выведен		
Пуск по измеренному току нулевой последовательности	введен/выведен		
Ток срабатывания пуска по фазному току	(0,01 - 40) $I_{ном}$	А	Задается в первичных величинах
Ток срабатывания пуска по рассчитанному току нулевой последовательности	(0,01 - 40) $I_{ном}$	А	Задается в первичных величинах
Ток срабатывания пуска по измеренному току нулевой последовательности	(0,01 - 40) $I_{ном}$	А	Задается в первичных величинах
Коэффициент возврата пуска по фазному току	0,9 – 1,0		
Коэффициент возврата пуска по рассчитанному току нулевой последовательности	0,9 – 1,0		
Коэффициент возврата пуска по измеренному току нулевой последовательности	0,9 – 1,0		

Уставка пуска осциллографа по фазному току отстраивается от нагрузочного режима:

$$I_{ф.пуск.осц} = \frac{K_{отс} \cdot I_{раб.макс}}{K_{в}},$$

где $K_{отс}$ – коэффициент отстройки, принимается равным 1,1;

$K_{в}$ – коэффициент возврата, задается пользователем. Рекомендуется принимать равным 0,95.

$I_{раб.макс}$, А – максимальный рабочий ток.

Ток $I_{\text{раб.макс}}$ рассчитывается как сумма максимальных рабочих токов присоединений секции. Расчет тока проводится для двух секций, между которыми включен СВ, и в качестве $I_{\text{раб.макс}}$ принимается наибольшее из значений.

Уставка пуска осциллографа по измеренному/рассчитанному току нулевой выбирается на 10% меньше наиболее чувствительной ступени ТЗНП СВ:

$$3I_{0.\text{пуск.осц}} = 0,9 \cdot 3I_{\text{ТЗНП чувств}}$$

где $3I_{\text{ТЗНП чувств}}$, А – уставка срабатывания чувствительной ступени ТЗНП.

Коэффициент возврата пуска по измеренному/рассчитанному току нулевой последовательности рекомендуется принимать равным 0,95.

8 Методика выбора уставок функции контроля исправности токовых цепей

Функция предназначена для контроля токовых цепей устройства защиты секционного выключателя (СВ) 6-35 кВ типа РИТМ.

Функция позволяет обнаруживать:

- двухфазные замыкания во вторичных цепях измерительных трансформаторов тока;
- однофазные и двухфазные замыкания на землю во вторичных цепях измерительных трансформаторов тока;
- обрывы в одной, двух или трех фазах первичных цепей присоединения или вторичных цепей измерительных трансформаторов тока.

При необходимости функция может быть выведена персоналом.

Функция контроля исправности токовых цепей имеет следующие параметры, задаваемые пользователем:

Наименование параметра	Возможные значения	Единицы измерения	Примечания
Контроль исправности токовых цепей	введен/выведен		Ввод/вывод функции
Ток срабатывания датчика в заземляющем проводнике	Для $I_{\text{ном}} = 5\text{А}$: (0,002 – 1,0) $I_{\text{ном}}$, шаг 1 мА Для $I_{\text{ном}} = 1\text{А}$: (0,01 – 5,0) $I_{\text{ном}}$, шаг 1 мА	А	Задается в первичных величинах
Выдержка времени сигнализации о неисправности токовых цепей	(0 – 300) с, шаг 1 мс	с	
Контроль обрыва трех фаз	введен/выведен		Ввод/вывод опции контроля обрыва трех фаз
Выдержка времени	(0 – 100000) с, шаг 1 мс	с	

сигнализации об обрыве трех фаз			
------------------------------------	--	--	--

Двухфазное замыкание во вторичных цепях измерительных трансформаторов тока выявляется при одновременном выполнении трех условий:

1. Равенство действующих значений токов замкнувшихся фаз.

Условие считается выполненным, если модуль разности действующих значений токов замкнувшихся фаз меньше, чем значение меньшего из токов замкнувшихся фаз, взятый с коэффициентом 0,3. Например, при замыкании фаз A и B при $I_A < I_B$ условие выполняется при $|I_A - I_B| \leq 0,3 \cdot I_A$

2. Действующие значения токов замкнувшихся фаз меньше, чем значение тока неповрежденной фазы, взятое с коэффициентом 0,6. Например, при замыкании фаз A и B условие выполняется, если $I_A \leq 0,6 \cdot I_C$ и $I_B \leq 0,6 \cdot I_C$.

3. Суммы значений фазных углов ϕ токов замкнувшихся фаз должны находиться в заданных диапазонах:

$$\phi_A + \phi_B = -120 \pm 5 \text{ эл. град.};$$

$$\phi_B + \phi_C = 0 \pm 5 \text{ эл. град.};$$

$$\phi_C + \phi_A = 120 \pm 5 \text{ эл. град.}$$

Фазные углы токов отсчитываются от первой фазы тока. Рассчитанное значение суммы фазных углов приводится к диапазону $(-180 - +180)$ эл. град. путем вычитания из суммы 360 эл. град. в случае, если она превышает 180 эл. град.

На рис. 5 приведены векторные диаграммы токов для различных комбинаций замкнувшихся фаз.

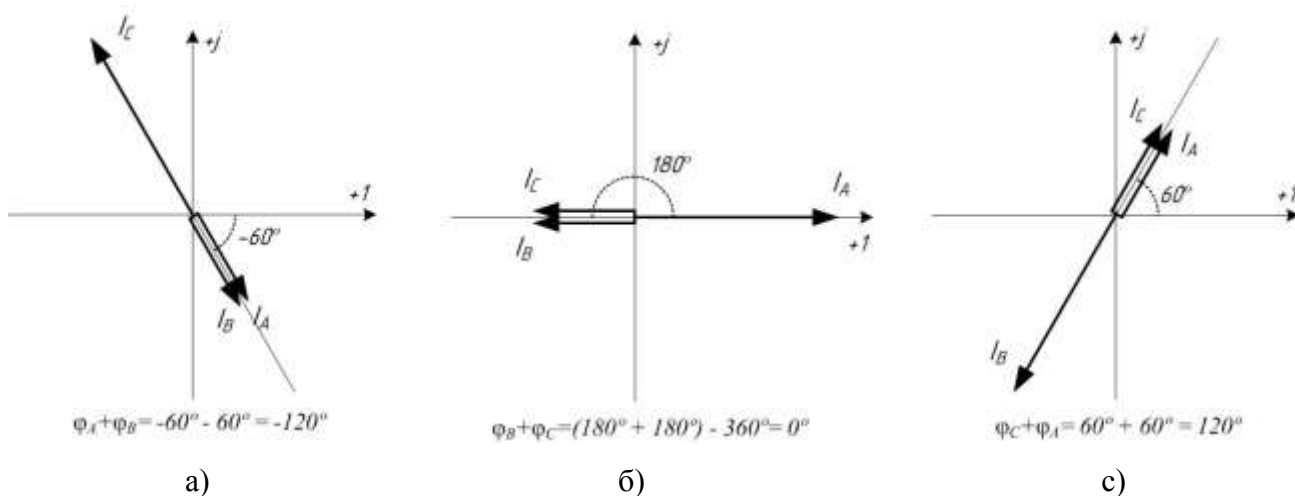


Рис.5 Векторные диаграммы токов при двухфазном замыкании во вторичных цепях измерительных трансформаторов тока: а) - в фазах A и B ; б) - в фазах B и C ; с) - в фазах C и A .

Для выявления однофазных и двухфазных замыканий на землю во вторичных цепях измерительных трансформаторов тока, а также обрывов одной или двух фаз используется контроль значения тока в заземляющем проводнике трансформатора тока. Значение тока измеряется устройством РИТМ с помощью трансформатора тока в заземляющем проводнике и сравнивается с задаваемой пользователем уставкой. Пример схемы подключения датчика тока показан на рис. 6. В начале эксплуатации рекомендуется принять значение уставки равным 0,5 А, в ходе дальнейшей эксплуатации значение уставки может быть скорректировано.

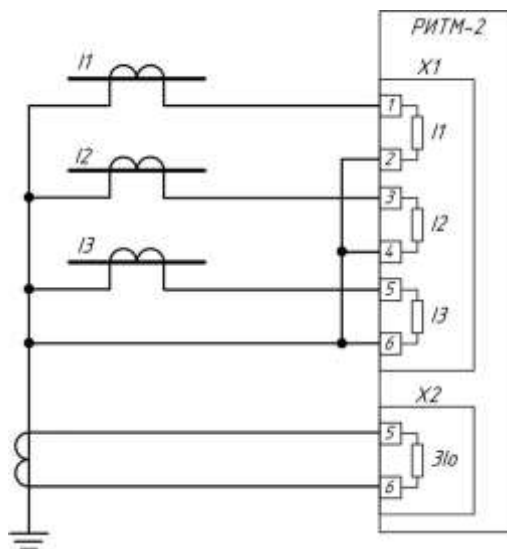


Рис. 6 Схема подключения датчика тока в цепи заземляющего проводника трансформатора тока

Примечания:

1. Контроль значения тока в заземляющем проводнике трансформатора тока может использоваться только в типоразмерах РИТМ 02-СВ2 и РИТМ 02-СВ3, оснащенных аналоговыми входами $3I_0$.

2. При использовании функции контроля исправности токовых цепей ТЗНП, реагирующая на измеренное значение тока $3I_0$, должна быть выведена, поскольку трансформатор тока для измерения тока в заземляющем проводнике подключается к тем же аналоговым входам X2:5, X2:6 устройства РИТМ, что и для ТТНП для измерения $3I_0$.

При выявлении одной из указанных выше неисправностей функция контроля исправности токовых цепей действует с выдержкой времени t_1 на сигнал. Рекомендуется принять значение выдержки времени t_1 равным 0,5 с.

Обрыв в трех фазах первичных цепей присоединения или вторичных цепей измерительных трансформаторов тока выявляется при одновременном выполнении двух условий:

1. Значения тока во всех трех фазах ниже 10% от номинального вторичного тока трансформатора тока присоединения.
2. На дискретный вход терминала не поступает сигнал от реле положения «отключено» выключателя присоединения.

При выявлении обрыва в трех фазах функция контроля исправности токовых цепей действует с выдержкой времени t_2 на сигнал. Рекомендуется принять значение выдержки времени t_2 равным 24 часа. В случае, когда ток нагрузки присоединения не превышает 10% от номинального вторичного тока трансформатора тока, опция выявления обрыва в трех фазах должна быть выведена пользователем. При этом остальные возможности функции контроля исправности токовых цепей останутся в работе.

9 Методика выбора уставок функции контроля электромагнитов включения и отключения выключателя

Функция предназначена для контроля исправности электромагнитов включения (ЭВ) и отключения (ЭО) выключателя или промежуточных реле, через которые устройство РИТМ действует на включение и отключение выключателя.

Работа функции основана на трех принципах контроля исправности электромагнита:

- контроль длительности переходного процесса при подаче напряжения на электромагнит;
- контроль сопротивления цепи электромагнита;
- контроль тока электромагнита при подаче напряжения.

Функция контроля электромагнитов включения и отключения выключателя имеет следующие параметры, задаваемые пользователем:

Наименование параметра	Возможные значения	Единицы измерения	Примечания
Контроль тока ЭО, ЭВ	введен/выведен		
Экспериментальный замер параметров	измерить/произведен		Экспериментальный замер параметров - это операция включения и отключения выключателя, при которой замеряются параметры, необходимые для работы функции контроля ЭО и ЭВ.
Контроль тока ЭО	введен/выведен		

Ток ЭО, А	0,1-100 А, шаг 1 мА		Уставка органа контроля тока ЭО при подаче напряжения
Контроль тока ЭВ	введен/выведен		
Ток ЭВ, А	0,1-100 А, шаг 1 мА		Уставка органа контроля тока ЭВ при подаче напряжения

1. Функция контроля длительности переходного процесса при подаче напряжения.

Принцип работы функции основан на выявлении увеличения длительности переходного процесса при подаче напряжения на электромагнит или обмотку выходного промежуточного реле при выдаче устройством РИТМ команды на отключение/включение выключателя. Увеличение тока может быть вызвано явлением взаимоиндукции при витковом замыкании в ЭО (ЭВ) или обмотке промежуточного реле.

Для работы функции при наладке устройства РИТМ выполняется экспериментальный замер длительности переходного процесса в выходных цепях. При последующих коммутациях длительности переходных процессов автоматически измеряются устройством РИТМ и сравниваются с эталонными значениями, измеренными при наладке. В случае, если измеренное время коммутационного переходного процесса превышает эталонное более чем на 5%, функция действует без выдержки времени на сигнал о неисправности электромагнита/выходного промежуточного реле.

2. Функция контроля сопротивления цепи электромагнита/ выходного промежуточного реле.

Принцип работы функции основан на выявлении изменения расчетных значений сопротивлений в цепях ЭО (ЭВ) или промежуточных реле, через которые устройство РИТМ действует на отключение/включение выключателя:

- снижение сопротивления указывает на замыкание в выходных цепях;
- увеличение сопротивления указывает на возможное ухудшение контакта в выходных цепях.

Для работы функции при наладке устройства РИТМ выполняется экспериментальный замер токов и напряжений выходных цепях с последующим автоматическим расчетом эталонных значений сопротивлений в цепях ЭО (ЭВ) или выходного промежуточных реле. При последующих коммутациях значения сопротивлений автоматически рассчитываются устройством РИТМ и сравниваются с эталонными значениями, рассчитанными при наладке:

- если рассчитанное сопротивление цепи составляет менее 80% от эталонного значения, функция действует без выдержки времени на сигнал о неисправности электромагнита/ выходного промежуточного реле;

- если рассчитанное сопротивление цепи составляет более 120% от эталонного значения, функция действует без выдержки времени на сигнал об увеличении сопротивления цепи электромагнита/ выходного промежуточного реле.

Примечание: Используемые в п.п. 1 и 2 эталонные замеры сохраняются и используются постоянно. При проведении ремонта или внесении изменений в схемы требуется провести повторный экспериментальный замер параметров для актуализации эталонных значений, соответствующих исправному состоянию ЭО (ЭВ) или выходных промежуточных реле.

3. Функция контроля тока электромагнита при подаче напряжения.

Принцип работы функции основан на увеличении тока в цепи ЭО (ЭВ) выше заданного значения уставки при подаче напряжения, что может указывать на замыкание в выходной цепи.

При действии выходных контактов устройства РИТМ непосредственно на ЭО (ЭВ) выключателя уставки срабатывания органа контроля тока ЭО ($I_{уст.,ЭО}$) и ЭВ ($I_{уст.,ЭВ}$) определяются по условию отстройки от номинального тока потребления электромагнита:

$$I_{уст.,ЭО} = K_{отс} \cdot I_{ЭО,ном.};$$

$$I_{уст.,ЭВ} = K_{отс} \cdot I_{ЭВ,ном.},$$

где $K_{отс}$ – коэффициент отстройки, принимаемый равным 1,1 – 1,2;

$I_{ЭО,ном.}$, $I_{ЭВ,ном.}$, А – номинальные токи потребления ЭО и ЭВ.

При действии выходных контактов устройства РИТМ на ЭО (ЭВ) выключателя через выходные промежуточные реле функцию контроля тока при подаче напряжения рекомендуется вывести из работы соответствующей уставкой, поскольку в большинстве случаев ток в обмотке промежуточного реле имеет значение меньше, чем минимально возможный ток уставки органа контроля тока при подаче напряжения.

10 Методика выбора уставок функции учета остаточной отключающей способности выключателя

Функция предназначена для расчета остаточной отключающей способности выключателя и действует на сигнал о необходимости проведения технического обслуживания выключателя.

После каждого отключения выключателя функция выдает следующие расчетные значения:

- остаток ресурса каждого из полюсов выключателя, в процентах;
- общее количество отключений каждого из полюсов;
- оставшееся до проведения технического обслуживания выключателя количество отключений.

Работа функции основана на характеристике остаточного коммутационного ресурса выключателя. Характеристика представляет собой зависимость количества отключений выключателя, допустимого без его осмотра и ремонта, от фиксируемого в момент отключения тока. Указанная характеристика задается независимо для каждого полюса выключателя одним из двух способов:

- 1) Ввод характеристики вручную по 10 точкам.
- 2) Выбор типовой характеристики (только для элегазовых и вакуумных выключателей).

При выборе режима ручного ввода характеристики остаточного коммутационного ресурса пользователем должны быть заданы следующие параметры:

Наименование параметра	Возможные значения	Единицы измерения	Примечания
Ресурс выключателя	введен/выведен		Для использования режима ручного ввода характеристики должно быть выбрано «введен»
Выбор характеристики	ручной/типовой		Для использования режима ручного ввода характеристики должно быть выбрано «ручной»
Ток отключения I и предельное значение количества отключений n : $(I_1; n_1);$ $(I_2; n_2);$... $(I_{10}; n_{10})$	$I: (0,01 - 63)I_{ном}$ $n: (1 - 10000),$ шаг 1	кА -	

При использовании режима ручного ввода характеристики остаточного коммутационного ресурса для каждого полюса выключателя необходимо задать десять пар значений: ток I_i , кА и предельное значение количества отключений n_i при таком значении тока:

$$(I_1; n_1), (I_2; n_2), \dots, (I_{10}; n_{10}).$$

Характеристика $n(I)$ формируется по принципу: чем больше фиксируемый ток, тем меньше предельное количество отключений. Ток I_1 соответствует наименьшему значению тока на характеристике, ток I_{10} – наибольшему значению тока, при этом значение тока I_{10} должно быть меньше или равно номинального тока отключения выключателя $I_{0,ном}$.

При выборе режима использования типовой характеристики остаточного коммутационного ресурса пользователем должны быть заданы следующие параметры:

Наименование параметра	Возможные значения	Единицы измерения	Примечания
Ресурс выключателя	введен/ выведен		Для использования типовой характеристики должно быть выбрано «введен»
Выбор характеристики	ручной/ типовой		Для использования типовой характеристики должно быть выбрано «типовой»
Тип выключателя	элегазовый/ вакуумный		Выбор типа выключателя
Номинальный ток выключателя	$(0,01 - 63)I_{ном}$	кА	
Номинальный ток отключения выключателя	$(0,01 - 63)I_{ном}$	кА	

Характеристика остаточного коммутационного ресурса выключателя строится автоматически по трем точкам в соответствии с ГОСТ Р 52565-2006:

$$(I_{ном}; 10000), (0,6 \cdot I_{о.ном}; 1,7 \cdot n_{о.ном}), (I_{о.ном}; n_{о.ном}),$$

где $I_{ном}$, кА - номинальный ток выключателя;

$I_{о.ном}$, кА - номинальный ток отключения выключателя;

$n_{о.ном}$ - предельное количество отключений при номинальном токе отключения выключателя.

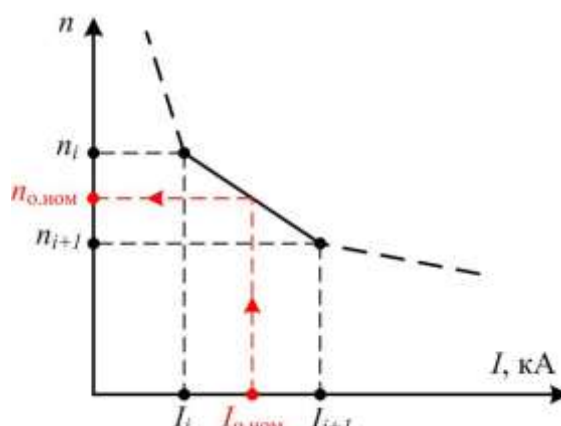
Значение предельного количества отключений при номинальном токе выключателя определяется его механическим ресурсом и принимается равным 10000. Значение $n_{о.ном}$ определяется по таблице допустимого числа отключений при токах $I_{о.ном}$, приведенной в ГОСТ Р 52565-2006:

Виды выключателей	Допускаемое число отключений при токах $I_{о., ном}$, кА			
	до 31,5 включ.	40	50	63
Газовые	20	15	12	8
Вакуумные	25	20	18	10

Для значений $I_{о.ном}$, отличных от приведенных в таблице, значение $n_{о.ном}$ определяется методом линейной интерполяции по выражению (1):

$$n_{о.ном} = n_{i+1} + \frac{(I_{i+1} - I_{о.ном})}{(I_{i+1} - I_i)} \cdot (n_i - n_{i+1}), \quad (1)$$

где I_i, I_{i+1} - номинальные токи отключения выключателя в соответствии с приведенной выше по таблице 3;



n_i, n_{i+1} – предельные значения предельное количества отключений при номинальных токах отключения выключателя I_i, I_{i+1} .

Расчет осуществляется следующим образом:

1. Расчет остатка ресурса каждого из полюсов выключателя

Для зафиксированного при отключении выключателя значения тока $I_{откл}$ по характеристике остаточного коммутационного ресурса выключателя $n(I)$ методом линейной интерполяции по выражению, аналогичному (1), определяется предельное количество отключений $n_{откл}$. Расход коммутационного ресурса за одно отключение рассчитывается как величина, обратная предельному количеству отключений при зафиксированном токе, т.е. $1/n_{откл}$. Суммарный остаток ресурса каждого из полюсов выключателя определяется по выражению:

$$\left(1 - \sum_{k=1}^n \frac{1}{n_{откл,k}}\right) \cdot 100\%,$$

Если зафиксированный ток $I_{откл}$ меньше наименьшего заданного в характеристике $n(I)$ тока $I_{мин}$ (крайняя левая точка на характеристике), предельное количество отключений $n_{откл}$ рассчитывается по току $I_{мин}$. При использовании ручного ввода характеристики ток $I_{мин}$ равен току в первой заданной пользователем точке (I_1), при использовании типовых характеристик $I_{мин}$ равен номинальному току выключателя $I_{ном}$.

Если зафиксированный ток $I_{откл}$ больше наибольшего заданного в характеристике $n(I)$ тока $I_{макс}$ (крайняя правая точка на характеристике), предельное количество отключений $n_{откл}$ рассчитывается методом линейной интерполяции по двум последним точкам справа в характеристике $n(I)$. При использовании ручного ввода характеристики интерполяция осуществляется по точкам $(I_9; n_9), (I_{10}; n_{10})$, при использовании типовых характеристик интерполяция осуществляется по точкам $(0,6 \cdot I_{о.ном}; 1,7 \cdot n_{о.ном}), (I_{о.ном}; n_{о.ном})$.

2. Расчет общего количества отключений каждого из полюсов выключателя

Отключение полюса фиксируется при поступлении на дискретный вход устройства РИТМ сигнала с реле положения «отключено» (РПО) выключателя. При каждом поступлении сигнала с РПО общее количество отключений увеличивается на 1. Отображаемое значение общего количества отключений может иметь значение от 0 до 30000.

3. Расчет оставшегося до проведения технического обслуживания выключателя количества отключений $n_{\text{ост}}$ при наибольшем заданном в характеристике токе отключения $I_{\text{макс}}$ осуществляется для каждого полюса по выражению:

$$n_{\text{ост}} = n_{\text{пред.}} - n_{\text{пред.}} \cdot \left(1 - \sum_{k=1}^n \frac{1}{n_{\text{откл.},k}} \right),$$

где $n_{\text{пред.}}$ – предельное количество отключений при максимальном заданном в характеристике $n(I)$ значении тока выключателя $I_{\text{макс}}$;

$\left(1 - \sum_{k=1}^n \frac{1}{n_{\text{откл.},k}} \right)$ – суммарный остаток ресурса полюса выключателя.

При использовании ручного ввода характеристики $n_{\text{пред.}}$ равно предельному количеству отключений в десятой заданной пользователем точке (n_{10}), при использовании типовых характеристик $n_{\text{пред.}}$ равно предельному количеству отключений при номинальном токе отключения выключателя ($n_{\text{о.ном}}$).

Расчитанное значение автоматически $n_{\text{ост}}$ округляется в меньшую сторону.

Функция учета остаточной отключающей способности выключателя действует на сигнал о необходимости проведения технического обслуживания выключателя при выполнении одного из двух условий:

1) После выполнения отключения выключателя суммарный расход ресурса полюса выключателя превысил значение, достаточное для следующего отключения выключателя с наибольшим заданным в характеристике $n(I)$ током $I_{\text{макс}}$ (крайняя правая точка на характеристике), т.е. выполняется условие:

$$\sum_{k=1}^n \frac{1}{n_{\text{откл.},k}} > \left(1 - \frac{1}{n_{\text{пред.}}} \right),$$

где $\sum_{k=1}^n \frac{1}{n_{\text{откл.},k}}$ – суммарный расход ресурса полюса выключателя

$n_{\text{пред.}}$ – предельное количество отключений при максимальном заданном в характеристике $n(I)$ значении тока выключателя $I_{\text{макс}}$.

При использовании ручного ввода характеристики $n_{\text{пред.}}$ равно предельному количеству отключений в десятой заданной пользователем точке (n_{10}), при использовании типовых характеристик $n_{\text{пред.}}$ равно предельному количеству отключений при номинальном токе отключения выключателя ($n_{\text{о.ном}}$).

2) При отключении выключателя в одном или нескольких полюсах был зафиксирован ток выше наибольшего заданного в характеристике $n(I)$ тока $I_{\text{макс}}$ (крайняя правая точка на характеристике).

11 Методика расчета уставок для функции контроля времени включения и отключения выключателя

Функция предназначена для контроля времени включения и отключения выключателя. Принцип работы функции основан на измерении времени коммутации выключателя и сравнении его с заданной уставкой. В случае, когда измеренное значение превышает заданную уставку, устройство РИТМ действует на сигнал. При необходимости функция может быть выведена из работы соответствующей уставкой.

Время включения (отключения) выключателя измеряется как разность между моментом поступления команды на включение (отключение) выключателя до момента исчезновения на дискретном входе устройства РИТМ сигнала реле положения «отключено» (реле положения «включено»).

Уставки времени отключения и включения выключателя, с которым сравниваются измеренные значения времени коммутации, могут задаваться одним из следующих способов:

- ввод уставок вручную;
- экспериментальное определение уставок.

При вводе уставок вручную функция контроля времени включения и отключения выключателя имеет следующие параметры, задаваемые пользователем:

Наименование параметра	Возможные значения	Единицы измерения	Примечания
Контроль времени вкл/откл выключателя	введен/выведен		При вводе уставок вручную должно быть выбрано «введен»
Способ ввода уставок времени	вручную/ экспериментально		При вводе уставок вручную должно быть выбрано «вручную»
Время включения	(0-1000) мс, шаг 1 мс	мс	
Время отключения	(0-1000) мс, шаг 1 мс	мс	

Уставки времени включения и отключения выключателя задаются равными паспортным значениям собственного времени включения $t_{c.ВКЛ}$ и отключения $t_{c.ОТКЛ}$ выключателя с коэффициентом запаса $K_{\text{зап}}$:

$$t_{\text{уст.ВКЛ}} = K_{\text{зап}} \cdot t_{c.ВКЛ};$$

$$t_{\text{уст.ОТКЛ}} = K_{\text{зап}} \cdot t_{c.ОТКЛ}.$$

Коэффициент запаса $K_{\text{зап}}$ рекомендуется принять равным 1,2 – 1,4.

При экспериментальном определении уставок функция контроля времени включения и отключения выключателя имеет следующие параметры, задаваемые пользователем:

Наименование параметра	Возможные значения	Единицы измерения	Примечания
Контроль времени вкл/откл выключателя	введен/выведен		При экспериментальном определении уставок должно быть выбрано «введен»
Способ ввода уставок времени	вручную/ экспериментально		При экспериментальном определении уставок должно быть выбрано «экспериментально»
Экспериментальный замер параметров выключателя	измерить/произведен		Если экспериментальный замер параметров был выполнен ранее при задании уставок функции контроля электромагнитов включения и отключения выключателя, должно быть выбрано «произведен»

При выборе в поле «Экспериментальный замер параметров выключателя» значения «измерить», устройство РИТМ запускает автоматический режим экспериментального определения времени включения и отключения выключателя, в ходе которого выполняются последовательно две коммутации:

- Если при запуске замера выключатель был отключен, то через 10 секунд после запуска замера устройство РИТМ выдаст команду на включение выключателя. Через 10 секунд после включения выключателя устройство РИТМ выдаст команду на отключение выключателя.
- Если при запуске замера выключатель был включен, то аналогично будет произведено отключение и последующее включение выключателя.

Текущее положение выключателя определяется по сигналам положения выключателей (реле положения «включено» и реле положения «отключено») на дискретных входах устройства РИТМ.

В ходе эксперимента устройство РИТМ автоматически измеряет фактическое время включения и отключения выключателя, после чего эти значения, взятые с коэффициентом запаса $K_{\text{зап}} = 1,3$, автоматически задаются в качестве уставок функции контроля времени включения и отключения выключателя.

12 Методика выбора уставок функции автоматического ввода резерва (АВР)

Функция предназначена для управления алгоритмом АУВ при использовании устройств РИТМ СВ в цикле АВР в схемах с одним или двумя секционными выключателями.

Сигнал пуска АВР формируется в устройстве защиты ввода и передается на дискретный вход устройства РИТМ СВ при наличии следующих условий:

- Выключатель ввода отключен (контролируется по сигналу РПО);
- Последняя команда оперативного управления ввода – «Включить»;
- Отсутствует сигнал запрета АВР.

Для исключения повторного включения СВ по цепям АВР сигнал пуска выполняется импульсным. Таким образом, повторный сигнал может быть выдан только после включения вводного выключателя.

АВР запрещается по факту оперативного отключения ввода и срабатывания защит, реагирующих на повреждение секции шин, включая КЗ на присоединении и отказ выключателя присоединения. К таким защитам относятся:

- МТЗ ввода;
- УРОВ присоединений секции шин;
- Логическая защита шин;
- Защита от дуговых замыканий.

АВР разрешается по факту срабатывания защиты минимального напряжения и защит, реагирующих на повреждение силового трансформатора.

При выполнении условий пуска АВР последовательность действий при АВР зависит от количества СВ в схеме РУ НН энергообъекта. В схемах с одним СВ устройство защиты ввода отключившейся секции действует на дискретный вход РИТМ СВ для пуска АВР. В схемах с двумя СВ устройство защиты ввода отключившейся секции действует на пуск АВР в РИТМ СВ смежной секции. После включения СВ смежной секции (контролируется по сигналу РПО) и при отсутствии КЗ на перемычке между СВ, устройство РИТМ СВ смежной секции с выдержкой времени подает в устройство РИТМ СВ отключившейся секции команду на включение СВ. В случае КЗ на перемычке между СВ при срабатывании ускоряемых ступеней релейной защиты после включения СВ смежной секции действие АВР на включение СВ отключившейся секции блокируется.

Функция АВР СВ имеет следующие, задаваемые пользователем параметры:

Наименование параметра	Возможные значения	Единицы измерения	Примечания
Ввод алгоритма АВР СВ	введен/выведен		
Выдержка времени на включение СВ	(0 – 300) с, шаг 1 мс	с	

отключившейся секции			
----------------------	--	--	--

Выдержка времени на включение СВ отключившейся секции $t_{с. АВР}$ при выполнении АВР в схеме с двумя СВ выбирается по условию отстройки от времени срабатывания ускоряемой ступени релейной защиты СВ:

$$t_{с. АВР} = t_{с.з.АУ} + \Delta t,$$

где $t_{с.з.АУ}$, с – время срабатывания ускоряемой ступени релейной защиты СВ;

Δt , с – ступень селективности, принимаемая равной 0,3 с.

13 Методика выбора уставок автоматики управления выключателем

Автоматика управления выключателем (АУВ) предназначена для организации управления выключателем, контроля его состояния, формирования соответствующей сигнализации. Алгоритм позволяет управлять выключателем с трехфазным приводом с двумя электромагнитами отключения.

АУВ обеспечивает включение выключателя по командам от следующих источников:

- Интерфейс человек-машина (ИЧМ) терминала;
- Вышестоящая система управления технологическим процессом;
- Внешняя команда, передаваемая по дискретному входу;
- Внутренний алгоритм АПВ.

АУВ обеспечивает отключение выключателя по командам от следующих источников:

- ИЧМ терминала;
- Вышестоящая система управления технологическим процессом;
- Внешняя команда, передаваемая по дискретному входу;
- Внутренние функции релейной защиты;
- Внешние устройства релейной защиты, воздействующие на соответствующие дискретные входы.

При управлении выключателем с ИЧМ терминала может вводиться задержка на выполнение команды. Это необходимо, чтобы оперативный персонал мог покинуть опасную зону до начала коммутации выключателя. Минимальная задержка для операции включения, так как она связана с подачей напряжения на обесточенный участок электроустановки, составляет 5 секунд, для операции отключения – 0 секунд.

Команды на включение и отключение выключателя подаются кратковременно. Время выдачи команды – 0,15 секунды, что достаточно для управления исправным выключателем.

При отказе выключателя выходные реле терминала с повышенной коммутационной способностью обеспечивают разрыв тока электромагнитов включения и отключения.

В соответствии с ГОСТ Р 52565-2006 в АУВ реализована блокировка включения выключателя для соответствия нормированным коммутационным циклам:

$$O - T_{АПВ} - BO - 20 \text{ с} - BO - 180 \text{ с}$$
$$BO - 20 \text{ с} - BO - 180 \text{ с}$$

При введенной в работу функции АПВ в терминале осуществляется блокировка включения выключателя после 6 циклов успешного АПВ в течение 1 часа. Таким образом, предотвращается преждевременный износ выключателя при наличии неустойчивого повреждения в сети. Блокировка включения снимается оперативным персоналом.

В АУВ реализована блокировка от многократных включений выключателя на КЗ при наличии постоянно поданной команды на включение. Принцип работы блокировки основан на блокировании команды включения по факту наличия одновременно команды включения и отключения выключателя. Возврат блокировки возможен только после снятия команды на включение. Команда на отключение выключателя может определяться по факту протекания тока через электромагнит отключения или наличия соответствующего логического сигнала. Выбор осуществляется уставкой.

При использовании элегазового выключателя по сигналу «Элегаз вытек» блокируется управление выключателем. При наличии сигнала «Снижение давления элегаза» блокируется включение выключателя.

Сигнализация аварийного отключения выключателя осуществляется при несоответствии последней команды на включение выключателя и его отключенного положения.

АУВ контролирует следующие неисправности:

- Обрыв или замыкание цепей электромагнитов включения или отключения;
- Сигнализация срабатывает при одновременном наличии или отсутствии сигналов РПО и РПВ;
- Длительное наличие команд на включение или отключение выключателя;
- Снижение напряжения питания электромагнита включения ниже 85%. При использовании выключателя с пружинным приводом, имеющего питание завода пружин от переменного тока, для исключения ложной сигнализации необходимо подключить вход, контролирующий напряжение питания, к цепям питания терминала;
- Контроль понижения давления элегаза в элегазовом выключателе;
- Контроль наличия элегаза в элегазовом выключателе.

Сигналы неисправности формируются с выдержкой времени, задаваемой уставкой.

Функция АУВ имеет следующие, задаваемые пользователем параметры:

Наименование параметра	Возможные значения	Единицы измерения	Примечания
Выдержка времени формирования сигнала «Неисправность цепей управления»	(0 – 30) с, шаг 1 с	с.	
Выдержка времени на включение от ИЧМ	(5 – 30) с, шаг 1 с	с.	
Выдержка времени на отключение от ИЧМ	(0 – 30) с, шаг 1 с	с.	
Режим работы блокировки от многократных включений	логический/ токовый		
Блокировка АПВ после 6 аварийных отключений в течении часа.	Введена/выведена		

Выдержка времени формирования сигнала «Неисправность цепей управления» выбирается по условию исключения ложной сигнализации при нормальной работе привода выключателя.

Для выключателей с электромагнитными приводами рекомендуется принимать данную выдержку времени равной 10 секундам.

Для выключателей с пружинными приводами необходимо проверять следующее условие:

$$t_{\text{сиг}} \geq t_{\text{пруж}} + t_{\text{зап}},$$

где $t_{\text{пруж}}$ – время завода пружин привода;

$t_{\text{зап}}$ – время запаса, принимается равным 2 секунды.

Выдержку времени на включение от ИЧМ рекомендуется выбирать максимально возможной и равной 30 секундам.

Выдержку времени на отключение от ИЧМ рекомендуется выбирать минимально возможной и равной 0.

В общем случае рекомендуется выбирать токовый режим работы блокировки. Этот режим обязателен в том случае, если есть устройства РЗА, которые воздействуют непосредственно на катушку отключения, минуя терминал. Режим работы блокировки от

многократных включений рекомендуется выбирать логический тогда, когда отсутствует возможность контроля тока электромагнита отключения, либо ток его слишком мал для надежного контроля.

Блокировка АПВ после 6 аварийных отключений в течении часа вводится в работу при использовании функции АПВ.