

1 Рекомендации по выбору уставок устройства защиты и автоматики вводного выключателя 6-35кВ типа РИТМ

1.1 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.

Для каждой ступени защиты имеется возможность выбора направленности – прямое/обратное либо работа без учета направленности. Предусматривается возможность блокирования отдельных ступеней по факту наличия 2-й гармоники в токе присоединения (бросок тока намагничивания), в также возможность осуществления пуска ступеней по напряжению.

Функция токовой ступенчатой защиты имеет следующие, задаваемые пользователем параметры:

Наименование параметра	Возможные значения	Шаг	Примечания
МТЗ	введена/выведена		
1 ступень МТЗ			
МТЗ 1 ступень (МТЗ-1)	введена/выведена		
Ток срабатывания МТЗ-1, А	$(0,050 - 400,000) \cdot K_{ТТ}$	1 мА	Задается в первичных величинах
Временная характеристика МТЗ-1	зависимая/независимая		
Время срабатывания МТЗ-1, с	0,000 – 300,000	1 мс	
Выбор временной характеристики МТЗ-1	изменить		
Направленность МТЗ-1	введена/ выведена		
Направление МТЗ-1	прямое/обратное		
Пуск МТЗ-1 по напряжению	введен/выведен		
Блокировка МТЗ-1 от БТН	введена/выведена		

Наименование параметра	Возможные значения	Шаг	Примечания
Ток срабатывания бл. от БТН, %	1-100	1 %	
2 ступень МТЗ (уставки 3-5 ступеней аналогичны)			
МТЗ 2 ступень (МТЗ-2)	введена/выведена		
Ток срабатывания МТЗ-2, А	(0,05 - 400)*Ктт	1 мА	Задается в первичных величинах
Временная характеристика МТЗ-2	зависимая/независимая		
Время срабатывания МТЗ-2, с	0,000 – 300,000	1 мс	
Выбор временной характеристики МТЗ-2	изменить		
Направленность МТЗ-2	введена/ выведена		
Направление МТЗ-2	прямое/обратное		
Пуск МТЗ-2 по напряжению	введен/выведен		
РНМ МТЗ			
Угол максимальной чувствительности, °	-90 - +90	1 °	
Угол линии нулевой чувствительности, °	10 - 80	1 °	
Блокировка направленных ступеней при неисправности цепей напряжения	блокировка/ вывод направленности		
Пуск МТЗ по напряжению			
Напряжение пуска, % Un	5,00 -95, 00	0,01 %	
Блокировка ступеней с пуска по U при неисправности цепей напряжения	блокировка/ вывод пуска по U		
Ускоряемая ступень МТЗ			
МТЗ ускоряемая ступень (МТЗ-уск)	введена/выведена		
Ток срабатывания МТЗ-уск, А	(0,050 – 400,000)*Ктт	1 мА	Задается в первичных величинах
Время ввода МТЗ-уск, с	0,000 – 10,000	1 мс	
Время срабатывания МТЗ-уск, с	0,000 – 9,000	1 мс	
Блокировка МТЗ-уск от БТН	введена/выведена		
Ток срабатывания бл. от	1-100	1 %	

Наименование параметра	Возможные значения	Шаг	Примечания
БТН, %			

Методика выбора уставок максимальной токовой ступенчатой защиты вводного выключателя

Для защиты вводных 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. Все ступени защиты ввода принимаются ненаправленными. По умолчанию, пуск ступеней по напряжению не применяется. Недействующие ступени защиты должны быть выведены уставками.

Определение предельных значений времени отключения

С целью предотвращения повреждения оборудования в аварийных режимах время действия защиты вводного 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 $t_k^{\text{макс}}$ – наибольшую продолжительность КЗ, принимается равной 4 с;

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

$I_{\text{расч}}$ – 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:

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

где $t_{терм}$ – время протекания тока термической стойкости ячейки КРУ;

$I_{терм}$ – ток термической стойкости ячейки КРУ;

$I_{расч}$ – 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 определяется по формулам:

$$\begin{cases} t_{с.з.}^{макс} \leq t_k - \Delta t_{ВН} - t_{откл}^{выкл.ВН} \\ t_{с.з.}^{макс} \leq t_k - t_{УРОВ} - t_{откл}^{выкл.ВН} \end{cases},$$

где t_k – рассчитанное допустимое время КЗ;

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

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

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

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

1.1.1 Выбор уставок токовой отсечки 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 ввода возможно при наличии ступеней токовой отсечки (с выдержкой и без) в защитах фидеров питаемой секции шин, а также в защите секционного выключателя. Для реализации данной ступени следует применять 2 ступень МТЗ терминала РИТМ.

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

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

где $I_{с.з.}^{смеж.}$ – 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 питаемой секции шин, а также защита секционного выключателя. Из полученных по условию значений выбирается максимальное и принимается в качестве тока срабатывания ступени.

Чувствительность ступени проверяется при КЗ на питаемой секции шин. Коэффициент чувствительности определяется по формуле:

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

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

$I_{\text{с.з.}}$ – 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:

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

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

Dt – степень селективности.

При согласовании рассматриваются ступени защит фидеров и секционного выключателя, 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: $Dt = 0,3 \text{ с}$;
- для электромеханических защит: $Dt = 0,5 \text{ с}$.

1.1.2 Выбор уставок максимальной токовой защиты

Максимальная токовая защита (МТЗ) является чувствительной ступенью защиты вводного выключателя и предназначена как для отключения КЗ на питаемых шинах, 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 двух секций шин через один вводной выключатель.

Ток срабатывания ступени защиты ввода выбирается по следующим условиям:

а) отстройка от максимального рабочего тока присоединения

$$I_{с.з.} \geq \frac{K_n}{K_\epsilon} \Psi_{\text{раб.макс.}}$$

где $I_{\text{раб.макс.}}$ – максимальный рабочий ток двух секций шин;

K_n – коэффициент надежности, принимается равным 1,2,

K_ϵ – коэффициент возврата, принимается равным 0,95.

б) обеспечение возврата токового реле в режиме самозапуска нагрузки:

$$I_{с.з.} \geq \frac{K_n K_{сз}}{K_\epsilon} \Psi_{\text{раб.макс.}}$$

где $I_{\text{раб.макс.}}$ – максимальный рабочий ток двух секций шин;

$K_{сз}$ – коэффициент самозапуска, равный отношению тока при самозапуске электродвигателей к предаварийному рабочему току. Для общепромышленной нагрузки принимается равным 2,2-2,5;

K_n – коэффициент надежности, принимается равным 1,2;

K_ϵ – коэффициент возврата, принимается равным 0,95.

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

$$I_{с.з.} \geq K_c \Psi_{с.з.}^{\text{смеж.}}$$

где $I_{с.з.}^{\text{смеж.}}$ – 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 питаемой секции шин, а также защита секционного выключателя. Из полученных по условиям значений выбирается максимальное и принимается в качестве тока срабатывания ступени.

Чувствительность ступени проверяется в следующих режимах:

а) КЗ на питаемой секции шин (основная зона):

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

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

$I_{\text{с.з.}}$ – ток срабатывания защиты.

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

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

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

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

$I_{\text{с.з.}}$ – ток срабатывания защиты.

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

При недостаточной чувствительности, ступень следует выполнять с пуском по напряжению. Пуск по напряжению позволяет отстроиться от режима самозапуска нагрузки. Таким образом, условие «б» при расчете тока срабатывания не учитывается. В большинстве случаев это позволяет снизить ток срабатывания ступени и повысить ее чувствительность.

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 ввода, как правило, применяется независимая характеристика. Уставка по времени срабатывания ступени выбирается по условию согласования с защитами смежных элементов сети:

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

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

Dt – степень селективности.

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

- для микропроцессорных защит: $Dt = 0,3 \text{ с}$;
- для электромеханических защит: $Dt = 0,5 \text{ с}$.

При согласовании рассматриваются ступени защит фидеров и секционного выключателя, 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 ввода 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 ввода должна быть отстроены от характеристик защит фидеров, подключенных к питаемой секции шин, а также от характеристики защиты секционного выключателя. Согласование производится во всем диапазоне токов.

На рисунке 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.

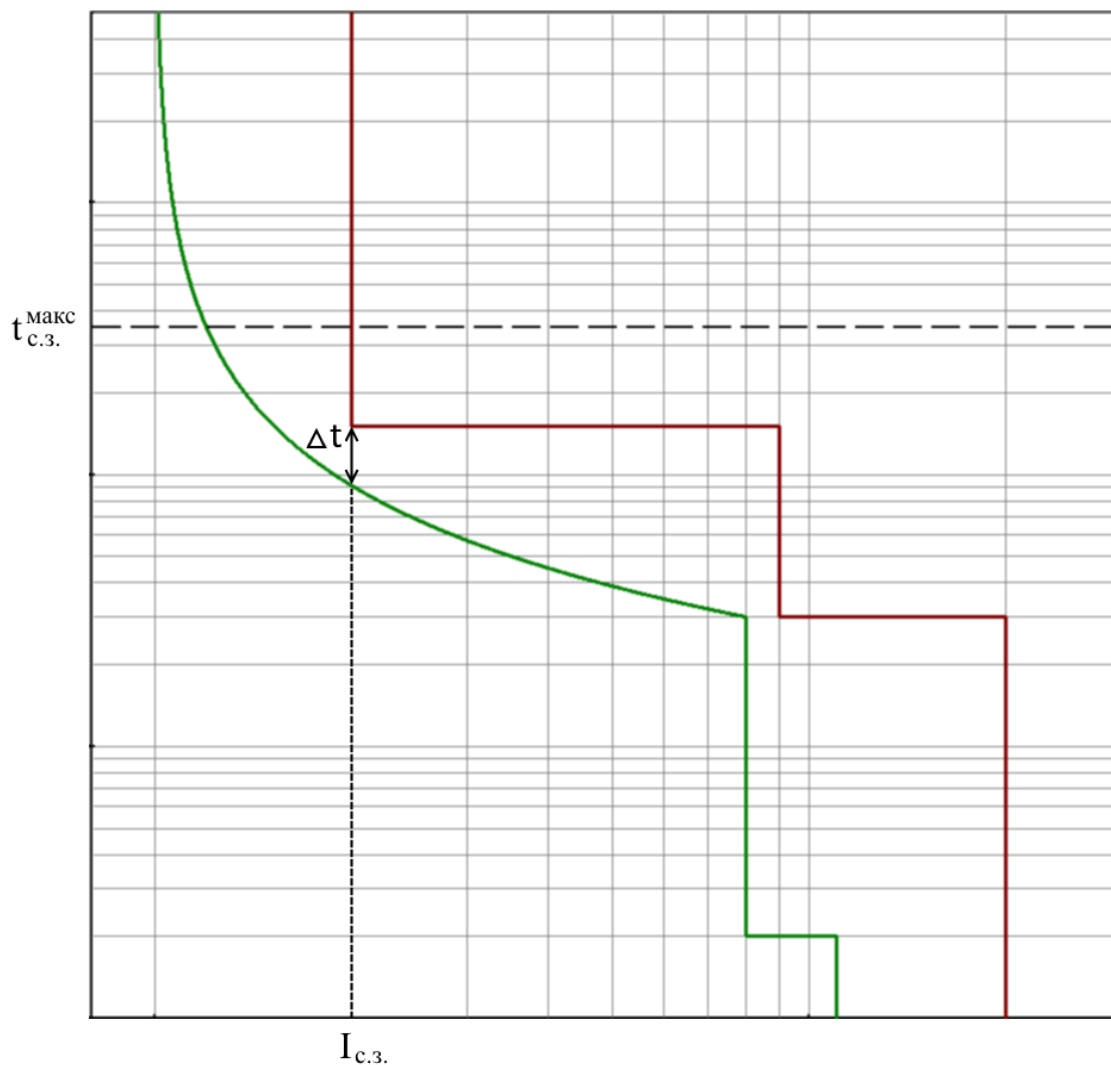


Рисунок 1 – Пример построения карты селективности защит для независимой характеристики
— - защита смежного элемента, — - защита согласуемого элемента

Процесс выбора времени срабатывания имеет следующий алгоритм:

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

$$t_{c.z.} \text{ и } t_{c.z.}^{смеж} + Dt,$$

где Dt – степень селективности.

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

- для микропроцессорных защит: $Dt = 0,5 \text{ с}$;
- для предохранителей и защит на основе РТ-80: $Dt = 0,5 \text{ с}$;

- для реле РТВ: $Dt = 0,7 \text{ с}$;

При превышении полученной уставкой максимального времени срабатывания защиты необходимо загрузить ступень, увеличив ток срабатывания ступени $I_{с.з.}$ 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. При согласовании характеристик следует учитывать, что при любом значении протекающего тока время срабатывания защит должно быть не менее принятой ступени селективности Δt .

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

Характеристика срабатывания согласуемой защиты имеет 2 ступени:

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

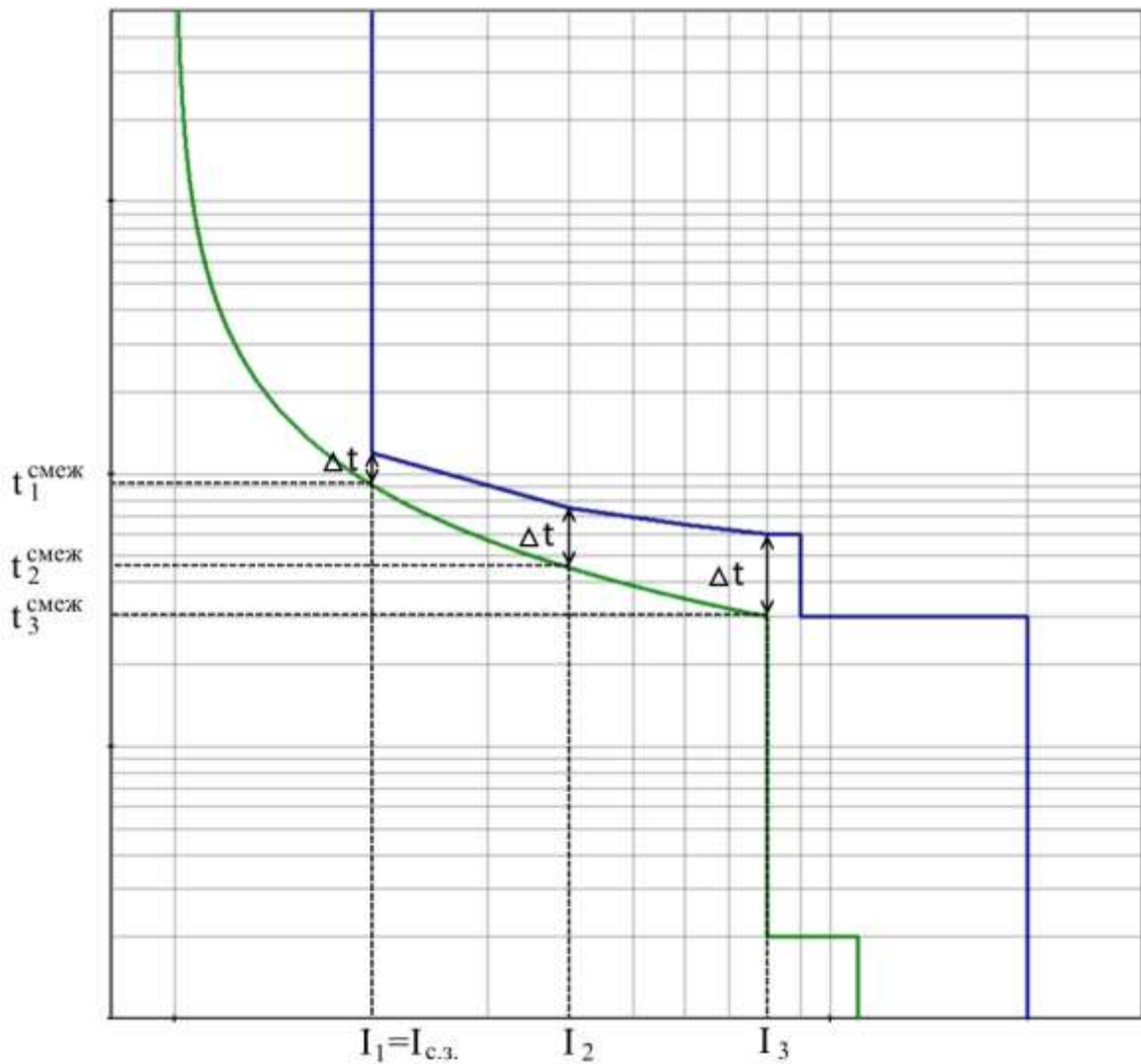


Рисунок 2 – Пример построения карты селективности защит для зависимой характеристики
— - защита смежного элемента, — - защита согласуемого элемента

Процесс выбора точек характеристики имеет следующий алгоритм:

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

5 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;

6 Время срабатывания расчетной характеристики определяется по формуле:

$$t_i \dot{t}_i^{\text{смеж}} + Dt,$$

где Dt – степень селективности.

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

8 Повтор шагов 1-4 для следующих точек.

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

- для микропроцессорных защит: $Dt = 0,5 \text{ с}$;
- для предохранителей и защит на основе РТ-80: $Dt = 0,5 \text{ с}$;
- для реле РТВ: $Dt = 0,7 \text{ с}$;

1.1.3 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 ввода выбирается по условию обеспечения чувствительности при опробовании секции шин:

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

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

K_{χ} – 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.

1.1.4 Выбор уставок пуска по напряжению

Пуск по напряжению применяется для пуска отдельных ступеней токовой защиты с целью повышения чувствительности к КЗ. Уставка срабатывания определяется по условию обеспечения возврата реле после отключения внешнего КЗ:

$$U_{с.з.} \geq \frac{I}{K_n \chi K_g} \frac{U_{мин}}{U_{ном}} (\%),$$

где $U_{мин}$ – минимальное остаточное междуфазное напряжение в месте установки ТН в режиме самозапуска двигателей нагрузки;

$U_{ном}$ – номинальное междуфазное напряжение;

K_n – коэффициент надежности, принимается равным 1,1;

$K_в$ – коэффициент возврата, принимается равным 1,05.

В большинстве случаев уставка срабатывания пуска по напряжению может быть принята без расчетов:

$$U_{с.з.} = (50- 65)\%.$$

1.2 Методика выбора уставок токовой защиты нулевой последовательности

Токовая защита нулевой последовательности (ТЗНП) 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 и мощности 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 ТЗНП с использованием расчетной величины предусматривает возможность блокировки отдельных ступеней при симметричных повреждениях.

Функция ТЗНП с использованием измеренной величины предусматривает возможность выбора направленности действия каждой ступени.

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

Наименование параметра	Возможные значения	Шаг	Примечания
ТЗНП 3Io расчетный (ТЗНПрасч)	введена/выведена		

Наименование параметра	Возможные значения	Шаг	Примечания
1 ступень ТЗНПрасч			
ТЗНПрасч 1 ступень (ТЗНПрасч-1)	введена/выведена		
Ток срабатывания ТЗНПрасч-1, А	$(0,050 - 400,000) * K_{тт}$	1 мА	Задается в первичных величинах
Временная характеристика ТЗНПрасч-1	зависимая/независимая		
Время срабатывания ТЗНПрасч-1, с	0,000 – 300,000	1 мс	
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, %	1-100	1 %	
2 ступень ТЗНПрасч (уставки 3-5 ступеней аналогичны)			
ТЗНПрасч 2 ступень (ТЗНПрасч-2)	введена/выведена		
Ток срабатывания ТЗНПрасч-2, А	$(0,050 - 400,000) * K_{тт}$	1 мА	Задается в первичных величинах
Временная характеристика ТЗНПрасч-2	зависимая/независимая		
Время срабатывания ТЗНПрасч-2, с	0,000 – 300,000	1 мс	
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, А	$(0,050 - 400,000) * K_{тт}$	1 мА	Задается в первичных величинах
Ускоряемая ступень ТЗНПрасч			
ТЗНПрасч ускоряемая ступень (ТЗНПрасч-уск)	введена/выведена		
Ток срабатывания ТЗНПрасч-уск, А	$(0,050 - 400,000) * K_{тт}$	1 мА	Задается в первичных величинах
Время ввода ТЗНПрасч-уск, с	0,000 – 10,000	1 мс	
Время срабатывания ТЗНПрасч-уск, с	0,000 – 9,000	1 мс	

Наименование параметра	Возможные значения	Шаг	Примечания
Блокировка ТЗНП расч-уск от БТН	введена/выведена		
Ток срабатывания бл. от БТН, %	1-100	1%	

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

Наименование параметра	Возможные значения	Ед. измерен.	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, А	$(0,050 - 400,000) \cdot K_{тнп}$	1 мА	Задается в первичных величинах
Временная характеристика ТЗНПиз-1	зависимая/независимая		
Время срабатывания ТЗНПиз-1, с	0,000 – 300,000	1 мс	
Выбор временной хар-ки ТЗНПиз-1	изменить		
Направленность ТЗНПиз-1	введена/выведена		
Направление ТЗНПиз-1	прямое/обратное		
Блокировка ТЗНПиз-1 от БТН	введена/выведена		
Ток срабатывания бл. от БТН, %	1-100	1 %	
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, А	$(0,050 - 400,000) \cdot K_{тнп}$	1 мА	Задается в первичных величинах
Временная характеристика ТЗНПиз-2	зависимая/независимая		
Время срабатывания ТЗНПиз-2, с	0,000 – 300,000	1 мс	

Наименование параметра	Возможные значения	Ед. измерен.	Примечания
Выбор временной хар-ки ТЗНПиз-2	изменить		
Направленность ТЗНПиз-2	введена/ выведена		
Направление ТЗНПиз-2	прямое/обратное		
РНМ ТЗНПиз			
Угол максимальной чувствительности, °	-90 - +90	1 °	
Угол линии нулевой чувствительности, °	10 - 80	1 °	
Блокировка направленных ступеней при неисправности цепей напряжения	блокировка/вывод направленности		
Ускоряемая ступень ТЗНПиз			
ТЗНПиз ускоряемая ступень (ТЗНПиз-уск)	введена/выведена		
Ток срабатывания ТЗНПиз-уск, А	$(0,050 - 400,000) \cdot K_{ТЗНП}$	1 мА	Задается в первичных величинах
Время ввода ТЗНПиз-уск, с	0,000 – 10,000	1 мс	
Время срабатывания ТЗНПиз-уск, с	0,000 – 9,000	1 мс	
Блокировка ТЗНПиз-уск от БТН	введена/выведена		
Ток срабатывания бл. от БТН, %	1-100	1%	

1.2.1 Методика выбора уставок токовой защиты нулевой последовательности вводного выключателя в сетях с резистивно заземленной нейтралью

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

- грубая ступень защиты;
- чувствительная направленная 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.

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 определяется по формулам:

$$\begin{cases} t_{с.з.}^{макс} \leq t_k - \Delta t_R - t_{откл}^{выкл.ВН} \\ t_{с.з.}^{макс} \leq t_k - t_{УРОВ} - t_{откл}^{выкл.ВН} \end{cases};$$

где t_k – время срабатывания защиты резистора при расчетном токе нулевой последовательности;

Δt_R – степень селективности защиты заземляющего резистора;

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

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

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

1.2.1.1 Выбор уставок грубой степени защиты нулевой последовательности

Грубая степень защиты нулевой последовательности применяется для защиты от КЗ на землю с высокими токами повреждения. Для реализации степени может использоваться как функция ТЗНП с расчетным током, так и функция с измеренным током нулевой последовательности. Применение грубой степени для защиты ввода возможно при наличии грубых ступеней в защитах фидеров питаемой секции шин, а также в защите секционного выключателя. Для реализации данной степени следует применять 2 ступень ТЗНП терминала «Ритм».

Ток срабатывания степени для защиты ввода выбирается по двум условиям:

а) согласование с грубыми ступенями защит смежных элементов сети:

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

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

K_c – коэффициент согласования, принимается равным 1,1.

При согласовании рассматриваются защиты фидеров, присоединенных к питаемой секции шин, а также защита секционного выключателя.

б) отстройка ступени от КЗ на землю за спиной защиты:

$$3I_{0с.з.} \geq K_n \cdot 3I_0^{за\ спиной},$$

где $3I_0^{за\ спиной}$ – величина тока нулевой последовательности, протекающего через вводной выключатель при КЗ за спиной защиты;

K_n – коэффициент надежности, принимается равным 1,3.

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

Чувствительность ступени проверяется при КЗ на питаемой секции шин. Коэффициент чувствительности определяется по формуле:

$$K_q = \frac{3I_{0мин}}{3I_{0с.з.}},$$

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

$3I_{0с.з.}$ – ток срабатывания защиты.

Значение коэффициента чувствительности должно быть не менее 1,2.

Условие «б» может приводить к значительному увеличению уставки тока срабатывания, а следовательно к снижению чувствительности защиты. При недостаточной чувствительности защиты допускается выполнение ступени направленной в сторону шин. Это позволяет исключить условие «б» из расчета и уменьшить ток срабатывания защиты. Так как функция ТЗНП с расчетным током нулевой последовательности не имеет органов РНМ, применение ее в таком случае невозможно.

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

Dt – степень селективности.

При согласовании рассматриваются ступени защит фидеров и секционного выключателя, 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: $Dt = 0,3 \text{ с}$;
- для электромеханических защит: $Dt = 0,5 \text{ с}$.

1.2.1.2 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 направленной с применением функции ТЗНП с измеренным током нулевой последовательности. Для реализации данной ступени следует применять 3-5 ступени ТЗНП терминала «Ритм».

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

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

где $3I_{0с.з.}^{смеж.}$ – 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 питаемой секции шин, а также защита секционного выключателя. Из полученных значений выбирается максимальное и принимается в качестве тока срабатывания ступени.

Чувствительность ступени проверяется в следующих режимах:

а) КЗ на питаемой секции шин (основная зона):

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

где $3I_{0мин}^{(3)}$ – минимальный ток нулевой последовательности, протекающий через защиту ввода при КЗ на землю на питаемой секции шин;

$3I_{0с.з.}$ – ток срабатывания защиты.

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

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

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

где $3I_{0\text{.мин}}^{(3)}$ – минимальный ток нулевой последовательности, протекающий через защиту ввода при КЗ на землю на удаленном конце линии;

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

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

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

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

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

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

Dt – степень селективности.

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

- для микропроцессорных защит: $Dt = 0,3 \text{ с}$;
- для электромеханических защит: $Dt = 0,5 \text{ с}$.

При согласовании рассматриваются ступени защит фидеров и секционного выключателя, 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 ввода 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 ввода должна быть отстроены от характеристик защит фидеров, подключенных к питаемой секции шин, а также от характеристики защиты секционного выключателя. Согласование производится во всем диапазоне токов.

На рисунке 1 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.

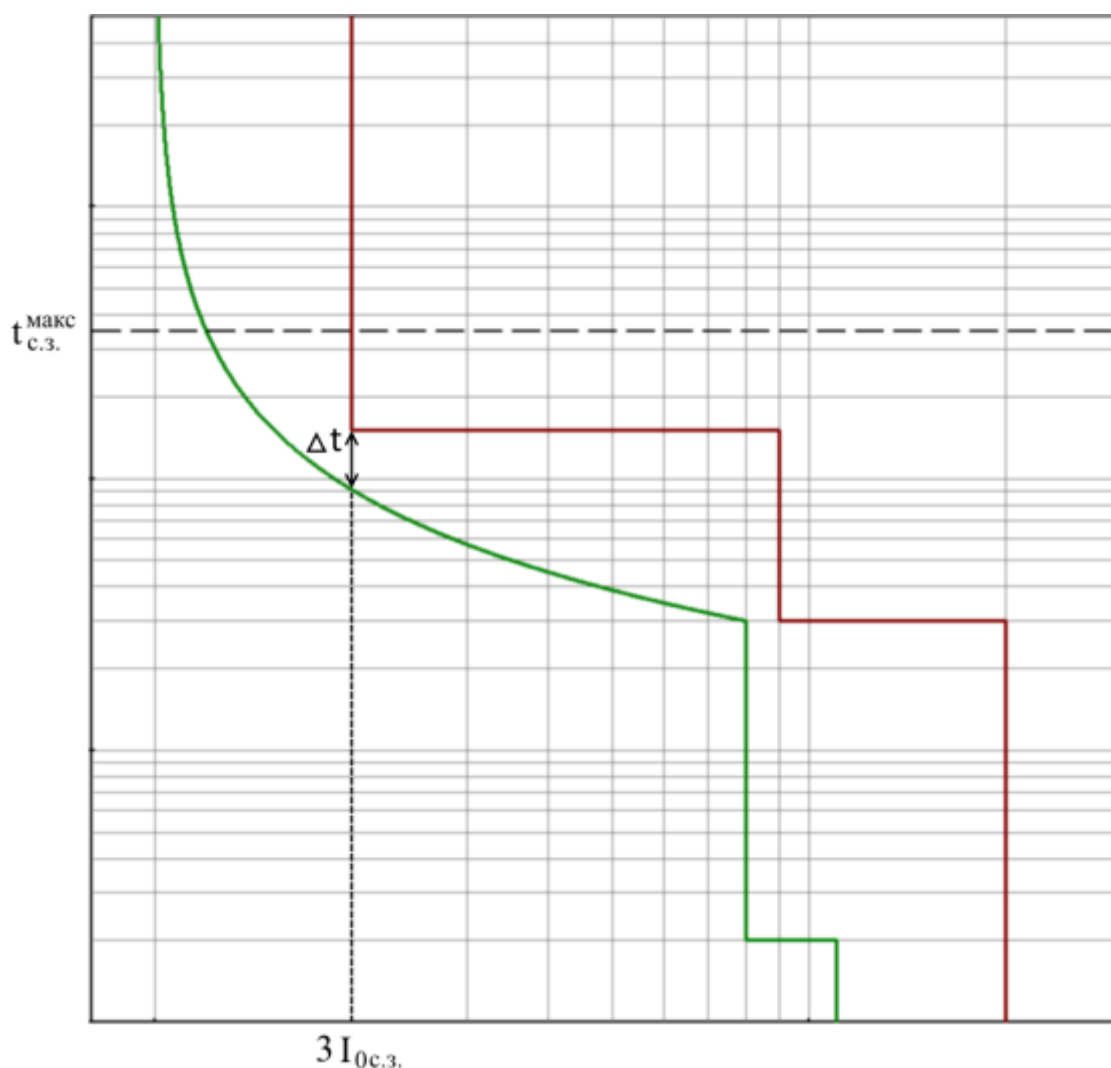


Рисунок 3 – Пример построения карты селективности защит для независимой характеристики

— защита смежного элемента, — защита согласуемого элемента

Процесс выбора времени срабатывания имеет следующий алгоритм:

9 Выбор тока срабатывания защиты $3I_{0c.з.}$;

10 Определение времени срабатывания $t_{c.з.}^{смеж}$ смежной защиты при токе $3I_{0c.з.}$. При необходимости согласования с несколькими защитами выбирается максимальное время для всех защит;

11 Время срабатывания расчетной защиты определяется по формуле:

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

где Dt – степень селективности.

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

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 большую чувствительности защиты, а также меньшее время срабатывания, по сравнению с независимой. При выборе зависимой временной характеристики срабатывания степени необходимо задать от 2 до 20 точек характеристики. Точки представляют собой пару ток срабатывания – время срабатывания. При согласовании характеристик следует учитывать, что при любом значении протекающего тока время срабатывания защит должно быть не менее принятой степени селективности Δt .

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

Характеристика срабатывания согласуемой защиты имеет 2 степени:

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

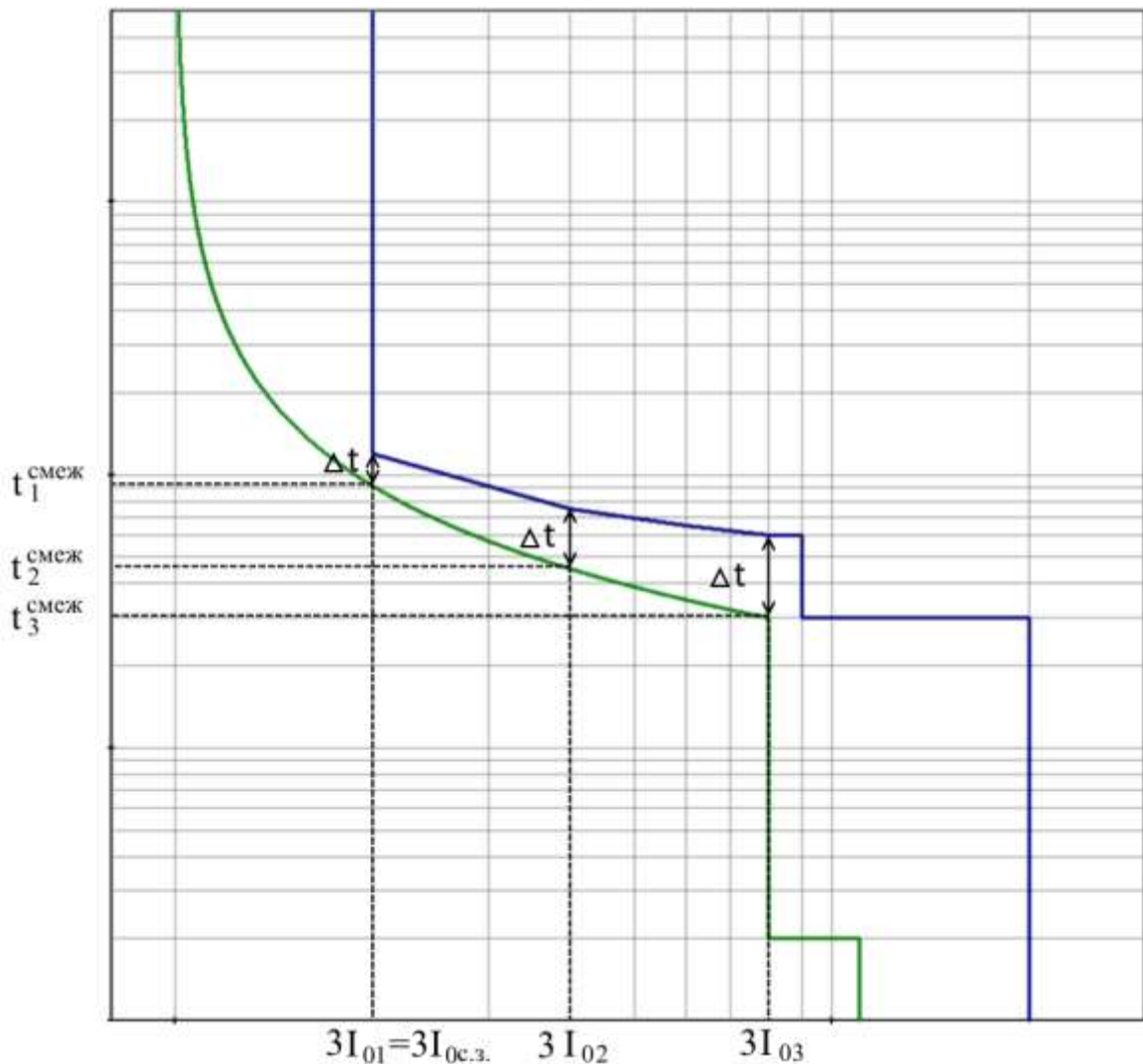


Рисунок 4 – Пример построения карты селективности защит для зависимой характеристики
— - защита смежного элемента, — - защита согласуемого элемента

Процесс выбора точек характеристики имеет следующий алгоритм:

12 Выбор расчетного тока срабатывания точки характеристики $3I_{0i}$. В качестве первого значения следует использовать ток срабатывания ступени, или меньшее значение тока;

13 Определение времени срабатывания $t_i^{смеж}$ смежной защиты при токе $3I_{0i}$. При необходимости согласования с несколькими защитами выбирается максимальное время для всех защит;

14 Время срабатывания расчетной характеристики определяется по формуле:

$$t_i \dot{+} t_i^{смеж} + Dt,$$

где Dt – степень селективности.

15 Полученная пара $3I_{0i} - t_i$ заносится в таблицу уставок характеристики защиты;

16 Повтор шагов 1-4 для следующих точек.

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

1.2.1.3 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 ввода выбирается по условию обеспечения чувствительности при опробовании секции шин:

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

где $3I_{0\text{мин}}$ – минимальный ток трехфазного КЗ, протекающий через защиту ввода 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.

1.2.2 Методика выбора уставок токовой защиты нулевой последовательности вводного выключателя в сетях с изолированной нейтралью

В сетях с изолированной нейтралью сигнальная ступень ТЗНП для защиты ввода не применяется.

1.3 Методика выбора уставок логической защиты шин

Логическая защита шин (ЛЗШ) предназначена для ликвидации коротких замыканий на шинах энергетических объектов. В основном применяется в качестве защиты от коротких замыканий на секциях среднего и низкого напряжения, оборудованных ячейками КРУ. Большое время отключения повреждений в ячейках КРУ приводит к серьезным повреждениям

оборудования, поэтому должно быть максимально снижено, при этом применение полной дифференциальной защиты секции затруднено большим количеством присоединений и высокой стоимостью данного решения.

По принципу действия ЛЗШ представляет собой максимально-токовую защиту вводного выключателя, которая блокируется при пуске защит присоединений «своей» и смежной секций. Блокировка от защит присоединений смежной секции выводится по факту отключенного положения секционного выключателя, которое определяется по замыкающему блок-контакту выключателя.

В составе терминала РИТМ предусмотрено две функции ЛЗШ – от междуфазных КЗ и однофазных КЗ. При этом ЛЗШ от однофазных КЗ применяется в сетях с заземленной через низкоомный резистор нейтралью или глухозаземленной нейтралью. ЛЗШ от однофазных КЗ может использовать как измеренный, так и полученный расчетом ток нулевой последовательности.

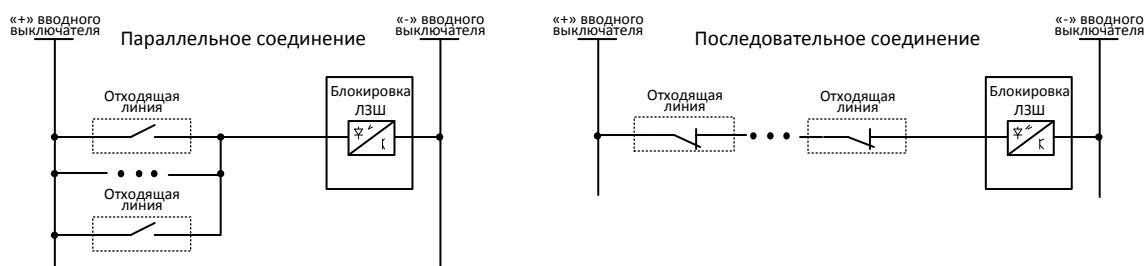
При использовании расчетного значения тока нулевой последовательности ЛЗШ от однофазных КЗ может блокироваться при обнаружении терминалом междуфазного КЗ.

Контакты, сигнализирующие пуск защит присоединений, могут собираться параллельно или последовательно. При этом защиты присоединений от междуфазных и однофазных КЗ для блокировки ЛЗШ используют различные дискретные входы терминала РИТМ.

Преимущества параллельного соединения – простое подключение вновь вводимых присоединений и вывод цепей блокировки при плановых проверках оборудования. Недостатки параллельного соединения – отсутствие контроля целостности цепей блокировки.

Преимущества последовательного соединения - наличие контроля целостности цепей блокировки. Недостатки последовательного соединения – усложненное подключение вновь вводимых присоединений и вывод цепей блокировки при плановых проверках оборудования.

ЛЗШ обеспечивает контроль цепей блокировки и выдает сигнал неисправности при наличии сигнала блокировки более 10 секунд, что свидетельствует об обрыве цепи (при последовательном соединении) или залипании контактов реле (при последовательном или параллельном соединении).



Действие ЛЗШ зависит от первичной схемы объекта.

Если секционный выключатель включен:

- с первой выдержкой времени ЛЗШ действует на отключение секционного выключателя. Если повреждение находилось на смежной секции, то работа ЛЗШ на этом заканчивается;
- если повреждение находится на «своей» секции, либо произошел отказ секционного выключателя, то со второй выдержкой времени ЛЗШ действует на отключение вводного выключателя с запретом АПВ и АВР секционного выключателя.

Если секционный выключатель отключен, то с первой выдержкой времени ЛЗШ действует на отключение вводного выключателя с запретом АПВ и АВР секционного выключателя.

Правильная работа ЛЗШ обеспечивается при отсутствии подпитки со стороны присоединений секции, которая может обуславливаться наличием генерации или подпитки от другого питающего центра через схему распределительных сетей. Если подпитка присутствует, то ступень защит присоединения, блокирующая ЛЗШ, должна быть отстроена от тока присоединения при КЗ на шинах, либо должна быть выполнена направленной в «линию».

Функция ЛЗШ от междуфазных КЗ имеет следующие, задаваемые пользователем параметры:

Наименование параметра	Возможные значения	Шаг	Примечания
ЛЗШ	введена/выведена		
Ток срабатывания ЛЗШ, А	(0,05 - 400)*Ктт	1 мА	Задается в первичных величинах
Время срабатывания ЛЗШ на откл. ВВ	0,000 – 300,000	1 мс	
Время срабатывания ЛЗШ на откл. СВ	0,000 – 300,000	1 мс	
Схема подключения ЛЗШ	последовательная/ параллельная		
Блокировка ЛЗШ от смежной секции	введена/выведена		

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

Ток срабатывания ЛЗШ выбирается по условию отстройки от тока срабатывания защит, блокирующих ЛЗШ:

$$I_{срЛЗШ} = K_{отс} \cdot I_{србл} ,$$

где $K_{отс}$ - коэффициент отстройки, принимается равным 1,3;

$I_{србл}$ - максимальный ток срабатывания защит присоединений, блокирующих ЛЗШ.

Выбранный ток срабатывания проверяется по условию отстройки от токов послеаварийных перегрузок:

$$I_{срЛЗШ} \geq \frac{K_{отс} \cdot K_{сзн}}{K_{г}} I_{рабмакс},$$

где $K_{отс}$ - коэффициент отстройки, принимается равным 1,15;

$K_{сзн}$ - коэффициент самозапуска, определяется расчетом для самых тяжелых условий самозапуска. В большинстве случаев может быть принят равным 2,2-2,5;

$K_{г}$ - коэффициент возврата, принимается равным 0,95;

$I_{рабмакс}$ - максимальный ток нагрузки.

Выполняется проверка чувствительности:

$$K_{ч} = \frac{\sqrt{3} I_{мин}^3}{I_{срЛЗШ}},$$

где $I_{срЛЗШ}$ - ток срабатывания ЛЗШ;

$I_{мин}^3$ - минимальный ток трехфазного КЗ на шинах.

Коэффициент чувствительности должен быть не менее 1,5.

Время срабатывания ЛЗШ на отключение ввода и секционного выключателя выбираются по условию обеспечения надежной блокировки ЛЗШ при внешнем КЗ.

$$t_{срЛЗШ} = t_{србл} + \Delta t,$$

где $t_{србл}$ - время срабатывания контакта реле, блокирующего ЛЗШ;

Δt - степень селективности.

При установке на присоединениях электромеханических защит рекомендуется принимать $t_{срЛЗШ}$ равным 0,4 с, при установке на присоединениях микропроцессорных защит – 0,3 с.

Параметр «Схема подключения ЛЗШ» выбирается в соответствии с принятой схемой соединения цепей блокировки ЛЗШ.

Параметр «Блокировка ЛЗШ от смежной секции» принимается как «Вывод» при отсутствии смежной секции во избежание излишней сигнализации неисправности цепей блокировки ЛЗШ.

Функция ЛЗШ от однофазных КЗ имеет следующие, задаваемые пользователем параметры:

Наименование параметра	Возможные значения	Шаг	Примечания
ЛЗШтзщп	введена/выведена		
Используемый ток 3I ₀	расчетный/измеренный		
Ток срабатывания ЛЗШтзщп, А	(0,05 - 400)*K _{тт} /K _{тщп}	1 мА	Задается в первичных величинах
Время срабатывания ЛЗШтзщп на откл ВВ, с	0,000 – 300,000	1 мс	
Время срабатывания ЛЗШтзщп на откл СВ, с	0,000 – 300,000	1 мс	
Сема подключения ЛЗШтзщп	последовательная/ параллельная		
Блокировка ЛЗШтзщп от смежной секции	введена/выведена		

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

При наличии на вводе трансформатора тока нулевой последовательности предпочтительней выбирать значение параметра «Используемый ток 3I₀» как «измеренный». При этом трансформатор тока нулевой последовательности должен удовлетворять всем требованиям, предъявляемым к трансформаторам тока релейной защиты. В случае, если трансформатор тока нулевой последовательности отсутствует либо не удовлетворяет требованиям, значение параметра принимается как «расчетный».

Ток срабатывания ЛЗШтзщп выбирается по условию отстройки от тока срабатывания защит, блокирующих ЛЗШтзщп:

$$I_{срЛЗШТЗЩП} = K_{отс} \cdot 3I_{0срблТЗЩП},$$

где K_n - коэффициент отстройки, принимается равным 1,3;

$3I_{0срблТЗЩП}$ - максимальный утроенный ток нулевой последовательности срабатывания защит присоединений, блокирующих ЛЗШтзщп.

Проверка отстройки от небаланса при внешнем КЗ не требуется, так как функция ЛЗШтзщп блокируется при междуфазных КЗ.

Выполняется проверка чувствительности:

$$K_{\text{чув}} = \frac{3I_{0\text{мин}}}{I_{\text{ср.ЛЗШТЗНП}}},$$

где $I_{\text{ср.ЛЗШТЗНП}}$ - ток срабатывания ЛЗШ;

$3I_{0\text{мин}}$ - минимальный утроенный ток нулевой последовательности однофазного КЗ на шинах.

Коэффициент чувствительности должен быть не менее 1,5.

Время срабатывания ЛЗШ на отключение ввода и секционного выключателя выбираются по условию обеспечения надежной блокировки ЛЗШ при внешнем КЗ.

$$t_{\text{ср.ЛЗШ}} = t_{\text{ср.бл}} + \Delta t,$$

где $t_{\text{ср.бл}}$ - время срабатывания контакта реле, блокирующего ЛЗШ;

Δt - ступень селективности.

При установке на присоединениях электромеханических защит рекомендуется принимать $t_{\text{ср.ЛЗШ}}$ равным 0,4 с, при установке на присоединениях микропроцессорных защит – 0,3 с.

Параметр «Схема подключения ЛЗШтзмп» выбирается в соответствии с принятой схемой соединения цепей блокировки ЛЗШтзмп.

Параметр «Блокировка ЛЗШтзмп от смежной секции» принимается как «Вывод» при отсутствии смежной секции во избежание излишней сигнализации неисправности цепей блокировки ЛЗШтзмп.

1.4 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. Контроль тока осуществляется на вводном выключателе и на вышестоящей релейной защите. 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.

Это необходимо, так как при КЗ в ячейке вводного выключателя трансформаторы тока могут быть шунтированы дугой, либо повреждены их вторичные цепи.

Действие ЗДЗ различается в зависимости от места возникновения дуги.

При обнаружении дуги в ячейке присоединения смежной секции шин ЗДЗ действует:

- на отключение секционного выключателя;
- при отказе секционного выключателя – на отключение вводного выключателя с запретом АПВ и АВР;
- при отказе вводного выключателя – на отключение силового трансформатора.

При обнаружении дуги в ячейке присоединения «своей» секции шин и шинном отсеке вводного выключателя ЗДЗ действует:

- на отключение вводного с запретом АПВ и АВР и секционного выключателя;
- при отказе вводного выключателя – на отключение силового трансформатора.

При обнаружении дуги в отсеке выключателя вводного выключателя ЗДЗ действует:

- на отключение вводного с запретом АПВ и АВР и секционного выключателя;
- на отключение силового трансформатора.

В схеме ЗДЗ обеспечивается подхват сигнала срабатывания датчика дуги сигналом токового контроля. Это сделано для обеспечения срабатывания ЗДЗ при возврате сигнала срабатывания датчика дуги, например после снижения давления в отсеке КРУ, связанного с открытием клапана.

В случае наличия сигналов с датчиков дуги более десяти секунд диагностируется неисправность датчиков и выдается сигнал неисправности.

В составе терминала РИТМ предусмотрено две функции ЗДЗ – клапанная и оптическая. Оптическая ЗДЗ применяется при наличии в составе терминала оптических датчиков дуги. Применение оптической ЗДЗ необходимо для сетей заземленной через низкоомное сопротивление нейтралью, так как, как правило, токов однофазного КЗ недостаточно для уверенного срабатывания клапанов дуговой защиты, в то время, как оптические датчики срабатывают при токах дуги от 100 ампер.

Уставки клапанной и оптической ЗДЗ полностью аналогичны, поэтому далее рассматриваемый выбор уставок клапанной ЗДЗ полностью применим для оптической ЗДЗ.

Функция клапанной ЗДЗ имеет следующие, задаваемые пользователем параметры:

Наименование параметра	Возможные значения	Шаг	Примечания
ЗДЗ клапанная	введена/выведена		
Ток срабатывания фазного токового контроля	$(0,05 - 400) \cdot K_{ТТ}$	1 мА	Задается в первичных величинах
Ток срабатывания	$(0,05 - 400) \cdot K_{ТТ}$	1 мА	Задается в первичных

Наименование параметра	Возможные значения	Шаг	Примечания
токового контроля по току нулевой последовательности			величинах
Коэффициент возврата токового контроля	(0,90 – 1,00)	0,01	
Время УРОВ ЗДЗ СВ при КЗ на смежной секции, с	0,000 – 300,000	1 мс	
Время УРОВ ЗДЗ ввода, с	0,000 – 300,000	1 мс	

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

Ток срабатывания фазного токового контроля выбирается по условию отстройки от максимального тока нагрузки:

$$I_{TKФ} = \frac{K_{отс}}{K_{\phi}} \cdot I_{рабмакс} ,$$

где $K_{отс}$ - коэффициент отстройки, принимается равным 1,15;

K_{ϕ} - коэффициент возврата, задается в уставках;

$I_{рабмакс}$ - максимальный ток нагрузки.

Выполняется проверка чувствительности:

$$K_{чув} = \frac{\sqrt{3} I_{мин}^3}{I_{TKФ}} ,$$

где $I_{TKФ}$ - ток срабатывания фазного токового контроля;

$I_{мин}^3$ - минимальный ток трехфазного КЗ на шинах.

Коэффициент чувствительности должен быть не менее 1,5.

Ток срабатывания токового контроля по току нулевой последовательности выбирается по условию отстройки от максимального тока небаланса, соответствующего максимальному току нагрузки:

$$I_{TK0} \geq K_{отс} \cdot K_{неб} \cdot I_{рабмакс} ,$$

где $K_{отс}$ - коэффициент отстройки, принимается равным 1,25;

$K_{неб}$ - коэффициент небаланса, принимается равным 0,05;

$I_{рабмакс}$ - максимальный ток нагрузки.

Выполняется проверка чувствительности:

$$K_{чув} = \frac{3I_{0.мин}}{I_{ТК0}},$$

где $I_{ТК0}$ - ток срабатывания токового контроля по току нулевой последовательности;

$3I_{0.мин}$ - минимальный утроенный ток нулевой последовательности однофазного КЗ на шинах.

Коэффициент чувствительности должен быть не менее 1,5.

Коэффициент возврата рекомендуется принимать равным 0,95.

При использовании ЗДЗ в сети с изолированной или заземленной через высокоомное сопротивление нейтралью рекомендуется выставить максимально возможный ток срабатывания токового контроля по току нулевой последовательности.

Время срабатывания УРОВ ЗДЗ СВ на отключение «своей» секции выбирается по условию обеспечения несрабатывания УРОВ при нормальном отключении СВ.

$$t_{УРОВСВ} = t_{откл} + t_{возвр} + t_{зан},$$

где $t_{откл}$ - время отключения СВ;

$t_{возвр}$ - время возврата токового контроля ЗДЗ;

$t_{зан}$ - время запаса.

Рекомендуется принимать $t_{УРОВСВ}$ равным 0,3 с.

Время срабатывания УРОВ ЗДЗ ввода на отключение силового трансформатора выбирается аналогично.

Рекомендуется принимать $t_{УРОВВВ}$ равным 0,3 с.

1.5 Методика выбора уставок автоматической частотной разгрузки

Автоматическая частотная разгрузка (АЧР) предназначена для ограничения снижения частоты при возникновении в энергосистеме дефицита активной мощности.

В устройстве РИТМ защиты ввода 6-35кВ предусмотрены следующие функции:

- одна очередь АЧР, действующая на отключение выключателя ввода с запретом АПВ выключателя и АВР секции, с возможностью последующего частотного автоматического повторного включения (ЧАПВ) ввода – для всех исполнений РИТМ;
- три очереди АЧР, действующие на отключение групп присоединений питаемой вводом секции через выходные реле реализованной в устройстве РИТМ автоматики разгрузки по току (АРПТ), с возможностью последующего частотного автоматического повторного включения (ЧАПВ) групп присоединений – только для исполнения РИТМ В4.

Очередь АЧР, действующую на отключение выключателя ввода, целесообразно использовать при условии отсутствия подключенных к питаемой вводом секции ответственных потребителей и трансформаторов собственных нужд подстанции.

В каждой очереди реализованы две ступени АЧР (АЧР-I и АЧР-II), АЧР по скорости изменения частоты (df/dt) и ЧАПВ.

АЧР 1 представляет собой быстродействующую АЧР, предназначенную для прекращения быстрого снижения частоты. АЧР-II представляет собой медленную АЧР, которая может действовать:

- на отключение присоединений секции, подключенных к АЧР-I той же очереди (совмещенная АЧР-II), что позволяет предотвратить зависание частоты на недопустимо низком уровне;
- на отключение независимой группы присоединений секции при выведенной функции АЧР-I (несовмещенная АЧР-II) для подъема частоты после действия устройств АЧР-I, а также при медленном снижении частоты.

По выбору пользователя действие АЧР-I и АЧР-II может блокироваться:

- при снижении напряжения ниже заданного значения;
- при увеличении скорости снижения частоты df/dt выше заданного значения;
- при увеличении скорости снижения напряжения dU/dt выше заданного значения.

Блокировки по скорости изменения частоты df/dt и напряжения dU/dt рекомендуется вводить при наличии на питаемой вводом секции мощной двигательной нагрузки, когда снижение частоты при выбеге электродвигателей может привести к ложному срабатыванию АЧР.

АЧР по скорости изменения частоты может быть использована в случаях, когда скорость изменения частоты является более информативным критерием отключения части нагрузки, чем абсолютное значение пониженной частоты. По выбору пользователя действие АЧР по скорости изменения частоты может блокироваться:

- при снижении напряжения ниже заданного значения;
- при увеличении скорости снижения напряжения dU/dt выше заданного значения.

ЧАПВ предназначено для восстановления питания отключенных от АЧР потребителей при подъеме частоты. В устройстве РИТМ ЧАПВ выполняет действие на включение выключателя присоединения, ранее отключенного от АЧР, и возврат ступени АЧР из сработавшего состояния в состояние готовности к повторному срабатыванию. По выбору пользователя действие ЧАПВ может выполняться однократным или многократным, а также блокироваться при снижении напряжения ниже заданного значения.

Для каждой очереди АЧР и ЧАПВ реализована автоматическая блокировка работы при выходе значения измеряемого напряжения, по которому осуществляется расчет частоты, из диапазона (0,03 ÷ 260) В, а также блокировка при выявлении неисправности цепей напряжения.

Для всех очередей в случае длительного нахождения частоты сети в пределах между значениями частот срабатывания АЧР и ЧАПВ предусмотрена возможность ручного возврата функции в состояние готовности срабатывания. Для очереди, действующей на отключение выключателя ввода, также предусмотрен автоматический возврат при нахождении АЧР в сработавшем состоянии и включении выключателя ввода не от ЧАПВ.

При работе очередей АЧР, действующих на отключение групп присоединений питаемой вводом секции, первыми должны отключаться наименее ответственные присоединения, последними – наиболее ответственные. Действие очереди АЧР на отключение ввода должно осуществляться после действия очередей, действующих на отключение групп присоединений питаемой вводом секции. ЧАПВ должно выполняться в обратном порядке – сначала включается выключатель ввода, далее наиболее ответственные присоединения и последними включаются наименее ответственные присоединения.

Каждая из четырех очередей АЧР и ЧАПВ имеет следующие параметры, задаваемые пользователем:

Наименование параметра	Возможные значения	Шаг	Примечания
АЧР, ЧАПВ, df/dt	введена/выведена		
АЧР-I	введена/выведена		
Частота срабатывания АЧР-I, Гц	5,00 - 54,00	0,05Гц	
Частота возврата АЧР-I, Гц	6,00 - 55,00	0,05Гц	
Выдержка времени АЧР-I, с	0,000 – 300,000	1 мс	
Блокировка АЧР-I по df/dt	введена/выведена		
Уставка блокировки по df/dt, Гц/с	0,1-20,0	0,1 Гц/с	Уставка блокировки по df/dt задается общей для АЧР-I, АЧР-II и df/dt
Блокировка АЧР-I по dU/dt	введена/выведена		
Уставка блокировки по dU/dt, В/с	10-1000	10 В/с	Уставка блокировки по dU/dt задается общей для АЧР-I, АЧР-II
Блокировка АЧР-I по величине фазного напряжения	введена/выведена		
Напряжение срабатывания, В втор блокировки	0,00 – 120,00	0,01 В втор	
Частота срабатывания	5,00 - 54,00	0,05Гц	

Наименование параметра	Возможные значения	Шаг	Примечания
АЧР-II, Гц			
Частота возврата АЧР-II, Гц	6,00 - 55,00	0,05Гц	
Выдержка времени АЧР-II, с	0,000 – 300,000	1 мс	
Блокировка АЧР-II по df/dt	введена/выведена		
Блокировка АЧР-II по dU/dt	введена/выведена		
Блокировка АЧР-II по величине фазного напряжения	введена/выведена		
Защита по скорости снижения частоты (df/dt)	введена/выведена		
Уставка срабатывания df/dt, Гц/с	0,1-20,0	0,1 Гц/с	
Выдержка времени df/dt, с	0,000 – 300,000	1 мс	
Блокировки df/dt при большой скорости снижения частоты	введена/выведена		
Блокировка df/dt по величине фазного напряжения	введена/выведена		
ЧАПВ	введено/выведено		
Частота срабатывания ЧАПВ, Гц	5,00 – 55,00	0,05 Гц	
Частота возврата ЧАПВ, Гц	5,00 – 55,00	0,05 Гц	
Выдержка времени ЧАПВ, с	0,000 – 300,000	1 мс	
Блокировка ЧАПВ при снижении фазного напряжения	введена/выведена		
Напряжение блокировки ЧАПВ, Ввтор	10,00 – 100,00	0,01 В втор	
Автоматический возврат готовности ЧАПВ	введен/выведен		
Время восстановления готовности ЧАПВ, с	0,000 – 300,000	1 мс	
Однократность ЧАПВ	введена/выведена		

Выбор необходимого количества вводимых в работу очередей АЧР, состава используемых блокировок, значений уставок срабатывания и мощности отключаемой нагрузки в каждом конкретном случае должен определяться схемой электрической сети и расчетом электрических режимов и не противоречить нормативным требованиям, изложенным в СТО 59012820.29.240.011-2010.

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

Защита от несимметричных режимов работы и обрыва фаз (ЗОФ) в устройстве РИТМ защиты ввода 6-35 кВ предназначена для действия на сигнал или отключение выключателя ввода при выявлении несимметричных режимов работы и обрыве фаз в первичной цепи или в токовых цепях защит ввода, реализованных в устройстве РИТМ. Поскольку вероятность обрыва фаз первичной цепи от выключателя ввода до трансформатора мала, применение функции ЗОФ целесообразно с точки зрения контроля токовых цепей защит. Рекомендуется выполнять ЗОФ с действием на сигнал.

ЗОФ действует с независимой выдержкой времени на выходные реле и сигнализацию при выполнении следующего условия:

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

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

$I_{cp.ЗОФ}$ - ток срабатывания ЗОФ.

ЗОФ может использоваться в распределительных сетях с резистивно-заземленной или изолированной нейтралью. В первом случае защита контролирует три фазных тока и реагирует на несимметрию и обрыв любой из фаз. Во втором случае защита контролирует токи в фазах А и С и реагирует на несимметрию или обрыв только в этих двух фазах. Недостающий ток в фазе В рассчитывается по следующему соотношению:

$$I_{\phi.B} = -I_{\phi.A} - I_{\phi.C},$$

где $I_{\phi.B}, I_{\phi.A}, I_{\phi.C}$ - 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	Шаг	Примечания
ЗОФ	введена/выведена		
Ток срабатывания ЗОФ, А	(0,100 – 5,0)Ктт	1 мА	Задается в первичных величинах
Время срабатывания ЗОФ, с	0,000 – 300,000	1 мс	
Ток блокировки ЗОФ, А	(0,100 – 5,0)Ктт	1 мА	Задается в первичных величинах
Коэффициент возврата	0,80-0,99	0,01	
Выдержка времени на возврат ЗОФ, с	0,000 – 60,000	1 мс	

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 $I_{ном.раб}$ – номинальное значение рабочего тока присоединения.

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

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

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

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

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

1.7 Методика выбора уставок устройства резервирования отказа выключателя

Функция УРОВ в устройстве защиты ввода 6-35кВ типа РИТМ предназначена для действия с выдержкой времени на отключение вышестоящего выключателя при отказе выключателя ввода.

Пуск УРОВ осуществляется от всех защит, реализованных в РИТМ и действующих на отключение выключателя ввода, а также пуск от внешних защит, действующих на отключение

выключателя через дискретные входы «Внешнее откл. 1» и «Внешнее откл. 2». Пуск УРОВ от внешних защит при необходимости может быть выведен пользователем.

Для выявления неуспешного отключения выключателя ввода 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	Шаг	Примечания
УРОВ	введено/выведено		
Ток срабатывания УРОВ	(0,050 – 5,000) КтТ	1 мА	Задается в первичных величинах
Время срабатывания УРОВ, мс	0,000 – 10,000	1 мс	
Внешний пуск УРОВ	введен/выведен		

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

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

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

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

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

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

$t_{зап}$ – время запаса.

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

$$t_{с.УРОВ} = t_{откл.в} + 0,2\ с.АУВ$$

1.8 Методика выбора уставок автоматического повторного включения

Автоматическое повторное включение (АПВ) ввода предназначено для восстановления питания потребителей после отключения секции шин. Применение АПВ шин рекомендовано при конструкции шин, которая характеризуется большим процентом неустойчивых КЗ,

например сборные шины с воздушной изоляцией с подвеской на порталах. При этом надо учитывать время ликвидации повреждения на шинах – чем меньше время работы защиты шин, тем меньше повреждения оборудования и больше вероятность успешного АПВ.

Пуск АПВ происходит по факту несоответствия последней команды на включение выключателя и отключенного положения выключателя. Для исключения действия АПВ после включения на КЗ и обеспечения однократности АПВ предусматривается время готовности АПВ. Таким образом, действие АПВ возможно только в том случае, если выключатель был во включенном положении определенное время. Предусматривается блокировка АПВ:

- при оперативном отключении выключателя;
- при работе защит, отключающих силовой трансформатор;
- при неготовности выключателя к циклу АПВ.

Контроль готовности выключателя к циклу АПВ осуществляется по внешнему сигналу, сигнализирующему о заведенных пружинах привода, нормальном давлении элегаза и т.д.

Функция АВП имеет следующие, задаваемые пользователем параметры:

Наименование параметра	Возможные значения	Шаг	Примечания
АПВ	введена/выведена		
Время готовности АПВ, с	0,000 – 300,000	1 мс	
Время срабатывания АПВ, с	0,000 – 300,000	1 мс	

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

Время готовности АПВ выбирается из условия отстройки от времени отключения выключателя при работе защит для исключения многократного включения на КЗ:

$$t_{\text{гот}} \geq t_{\text{защмакс}} + t_{\text{зан}},$$

где $t_{\text{защмакс}}$ - максимальное время срабатывания защит присоединения;

$t_{\text{зан}}$ - время запаса, принимается равным 0,5 секунды.

Кроме того, для выключателей с пружинными приводами необходимо проверять следующее условие:

$$t_{\text{гот}} \geq t_{\text{пруж}} + t_{\text{зан}},$$

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

$t_{зан}$ - время запаса, принимается равным 2 секунды.

Время срабатывания АПВ выбирается из условия деионизации среды в месте КЗ:

$$t_{АПВ} \geq t_{\partial} + t_{зан},$$

где t_{∂} - максимальное время деионизации среды в месте КЗ, для напряжения 6-35 кВ принимается равным 0,2 секунды, для сетей напряжением выше 35 кВ – 0,4 секунды;

$t_{зан}$ - время запаса, принимается равным 0,5 секунды.

1.9 Методика выбора уставок алгоритма пуска АВР секционного выключателя

Алгоритм предназначен для реализации сигнала пуска автоматического включения резерва (АВР) секционного выключателя.

Сигнал пуска выдается 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;
- другие защиты, действующие на отключение ввода через вход «Внешнее отключение 1».

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

Функция пуска АВР СВ имеет следующие, задаваемые пользователем параметры:

Наименование параметра	Возможные значения	Шаг	Примечания
Длительность сигнала «Пуск АВР СВ», с	5,00 – 30, 00	1 мс	

Длительность сигнала «Пуск АВР СВ» выбирается из условия согласования с временем включения секционного выключателя:

$$t_{ABP} = t_{вклСВ} + t_{зан} ,$$

где $t_{вклСВ}$ - время включения СВ с учетом времени включения смежного СВ;

$t_{зан}$ - время запаса, рекомендуется принимать равным 1 секунде.

1.10 Методика выбора уставок защиты минимального напряжения

Защита минимального напряжения (ЗМН) предназначена для обеспечения условий работы автоматического ввода резерва при потере питания силового трансформатора. Для обеспечения условий работы АВР необходимо:

- отключить при необходимости часть нагрузки секции для исключения перегрузки остающегося в работе оборудования либо создания более легких условий для самозапуска двигательной нагрузки;
- отключить вводной выключатель для исключения подачи напряжения на обесточенный силовой трансформатор.

Срабатывание пускового органа ЗМН происходит по факту снижения всех трех междуфазных напряжений ниже уставки. ЗМН имеет две ступени выдержки времени. Ступень ЗМН-1 предназначена для отключения вводного выключателя. Ступень ЗМН-2 предназначена для отключения части неответственных потребителей для облегчения условий работы ЗМН.

Работа ЗМН блокируется при наличии следующих сигналов:

- автомат вторичных цепей трансформатора напряжения отключен;
- алгоритм блокировки при неисправности цепей напряжения (БНН) диагностировал неисправность цепей напряжения;
- сработала блокировка ЗМН по напряжению обратной последовательности;
- АВР запрещен.

Работа ЗМН разрешается при наличии следующих сигналов:

- Наличие напряжения на смежной секции;
- АВР введен.

Для передачи сигнала «Наличие напряжения» для ЗМН смежной секции предусмотрен отдельный пусковой орган, который срабатывает по факту превышения всеми тремя междуфазными напряжениями уставки. Данный сигнал блокируется при наличии следующих сигналов:

- алгоритм блокировки при неисправности цепей напряжения (БНН) диагностировал неисправность цепей напряжения;
- сработала блокировка ЗМН по напряжению обратной последовательности.

Функция ЗМН имеет следующие, задаваемые пользователем параметры:

Наименование параметра	Возможные значения	Шаг	Примечания
ЗМН-1	введена/выведена		
ЗМН-2	введена/выведена		
Напряжение срабатывания пускового органа ЗМН, В втор	0,00 – 120,00	0,01 В втор	
Коэффициент возврата пускового органа ЗМН	1,00 - 1,10	0,01	
Напряжение срабатывания органа контроля наличия напряжения, В втор	0,00 – 120,00	0,01 В втор	
Коэффициент возврата органа контроля наличия напряжения	0,90 - 1,00	0,01	
Напряжение срабатывания блокировки по напряжению обратной последовательности, В втор	0,00 – 120,00	0,01 В втор	Задается в первичных величинах.
Коэффициент возврата блокировки по напряжению обратной последовательности	0,90 – 1,00	0,01	
Время срабатывания ЗМН-1, с	0,000 – 300,000	1 мс	
Время срабатывания ЗМН-2, с	0,000 – 300,000	1 мс	

Параметр «ЗМН-1» обеспечивает ввод 1 ступени ЗМН в работу и вывод 1 ступени из работы. При отсутствии необходимости отключения ввода для работы АВР, например при питании распределительного устройства только от одного источника питания, 1 ступень ЗМН может быть выведена из работы. При этом 2 ступень может использоваться для отключения двигательной нагрузки по факту снижения напряжения.

Параметр «ЗМН-2» обеспечивает ввод 2 ступени ЗМН в работу и вывод 2 ступени из работы. Если отсутствует необходимость отключать потребителей перед работой АВР, 2 ступень ЗМН выводится из работы.

Напряжение срабатывания пускового органа ЗМН выбирается из следующих условий:

- при заданном напряжении уже не обеспечивается нормальная работа потребителей;
- ЗМН не реагирует на повреждения в питающей сети.

Исходя из этих условий рекомендуется принять напряжение срабатывания пускового органа ЗМН в размере $0,25 U_{ном}$.

Коэффициент возврата пускового органа ЗМН рекомендуется принимать равным 1,05.

Напряжение срабатывания органа контроля наличия напряжения выбирается из условия надежного срабатывания при наличии допустимого уровня напряжения на контролируемой секции шин:

$$U_{сркон} = \frac{0,9 \cdot U_{ном}}{K_{отс} K_{\epsilon}},$$

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

K_{ϵ} - коэффициент возврата, принимается равным 0,95;

Напряжение срабатывания блокировки по напряжению обратной последовательности выбирается из условия отстройки от напряжения небаланса:

$$U_{ср2} = 0,06 \cdot U_{ном}$$

Коэффициент возврата блокировки по напряжению обратной последовательности рекомендуется принимать равным 0,95.

Время срабатывания ЗМН-1 выбирается по условию согласования с устройствами АПВ и АВР питающей сети:

$$t_{ЗМН1} = t_{защ} + t_{откл} + t_{АВ} + t_{вкл} + t_{зап},$$

где $t_{защ}$ – максимальное время работы защиты питающего присоединения;

$t_{откл}$ – время отключения выключателя питающего присоединения;

$t_{АВ}$ – время работы АПВ(АВР) в питающей сети;

$t_{вкл}$ – время включения выключателя в питающей сети;

$t_{зап}$ – время запаса, учитывающее погрешности работы автоматики и время отстройки. Принимается равным 2 секундам.

В случае необходимости использования ступени ЗМН-2 для отключения неответственных потребителей время срабатывания ЗМН-2 выбирается в соответствии с формулой, приведенной для ЗМН-1. При этом время ЗМН-1 выбирается по условию согласования со ступенью ЗМН-2:

$$t_{ЗМН1} = t_{ЗМН2} + \square t,$$

где $t_{ЗМН2}$ – время срабатывания ступени ЗМН-2;

$\square t$ - степень селективности, принимается равной 0,3 секунды.

1.11 Методика выбора уставок автоматики разгрузки по току

Автоматика разгрузки по току (АРПТ) предназначена для ликвидации перегрузки оборудования с помощью отключения неответственных потребителей. Пуск алгоритма происходит при превышении током любой из фаз максимального длительного тока нагрузки силового оборудования (силового трансформатора, реактора, ячейки КРУ, трансформаторов тока).

Алгоритм АРПТ имеет три очереди по времени срабатывания, позволяющие отключить последовательно три присоединения либо группы присоединений.

После того, как нагрузка снизилась, возможно выполнение автоматического включения отключенных присоединений. Для того, чтобы избежать повторного запуска алгоритма АРПТ, при отключении запоминается разность тока до срабатывания очереди АРПТ и после. Включение очереди разрешается, если сумма тока нагрузки и тока, отключенного очередью, меньше тока срабатывания АРПТ. Включение осуществляется в порядке, обратном отключению, то есть очередь, отключенная последней, включается первой. В случае повторного действия АРПТ включение потребителей может осуществляться только после сброса сигнализации терминала оперативным персоналом, что позволяет избежать циклического повторения действия алгоритма АРПТ.

Функция АРПТ имеет следующие, задаваемые пользователем параметры:

Наименование параметра	Возможные значения	Шаг	Примечания
АРПТ	введена/выведена		
Ток срабатывания АРПТ, А	(0,100 – 10,000)	1 мА	Задается в первичных величинах
АРПТ-1	введена/выведена		
Выдержка времени АРПТ-1, с	0,000 – 300,000	1 мс	
Включение выключателя от АРПТ-1	введена/выведена		
Выдержка времени включения АРПТ-1	0,000 – 300,000	1 мс	
АРПТ-2	введена/выведена		
Выдержка времени АРПТ-2	0,000 – 300,000	1 мс	
Включение выключателя от АРПТ-2	введена/выведена		
Выдержка времени включения АРПТ-2	0,000 – 300,000	1 мс	
АРПТ-3	введена/выведена		
Выдержка времени АРПТ-3	0,000 – 300,000	1 мс	

Наименование параметра	Возможные значения	Шаг	Примечания
Включение выключателя от АРПТ-3	введена/выведена		
Выдержка времени включения АРПТ-3	0,000 – 300,000	1 мс	

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

Параметр «АРПТ-1 (2,3)» обеспечивает ввод и вывод из работы соответствующей очереди АРПТ.

Параметр «Включение выключателя от АРПТ-1(2,3)» обеспечивает ввод и вывод из работы алгоритма включения потребителей соответствующей очереди после снижения нагрузки.

Ток срабатывания АРПТ проверяется по условию согласования с номинальным током оборудования:

$$I_{срАРПТ} \geq \frac{K_{отс}}{K_{г}} I_{ном},$$

Где $K_{отс}$ - коэффициент отстройки, принимается равным 1,05;

$K_{г}$ - коэффициент возврата, принимается равным 0,99;

$I_{ном}$ - номинальный ток оборудования. Выбирается как минимальный из номинальных токов оборудования, через которое протекает контролируемый ток.

Выдержка времени первой очереди АРПТ выбирается из условия отстройки от времени работы резервных защит питающего присоединения (например, МТЗ высокого напряжения силового трансформатора), от времени самозапуска двигателей присоединений секции шин после работы АВР СВ, от времени пиковой нагрузки потребителей с резко неравномерным графиком нагрузки. Рекомендуется принимать выдержку времени первой очереди АРПТ равной 30с.

Выдержку времени каждой последующей очереди АРПТ рекомендуется увеличивать на 2с для отстройки от переходных режимов, вызванных отключением нагрузки.

Так как включение младших очередей АРПТ блокируется до включения старших очередей, выдержка времени включения всех очередей АРПТ может быть выбрана одинаковой по условию отстройки от переходных режимов. Рекомендуется принимать выдержку времени включения очередей АРПТ равной 20с.

1.12 Методика выбора уставок сигнализации однофазных замыканий на землю

Функция сигнализации однофазных замыканий на землю (СОЗЗ) в терминале РИТМ защиты ввода 6-35кВ предназначена для сигнализации о возникновении однофазного замыкания на землю в сети с изолированной нейтралью. Принцип действия основан на контроле значения напряжения нулевой последовательности $3U_0$ на выводах соединенных по схеме разомкнутого треугольника обмоток измерительного трансформатора на питаемой от ввода секции. При превышении напряжением $3U_0$ заданной уставки СОЗЗ запускается, после чего действует с независимой выдержкой времени на сигнал.

При срабатывании СОЗЗ в устройстве РИТМ запускается встроенная функция осциллографа. Для предотвращения многократного запуска осциллографа при перемежающихся однофазных замыканиях на землю в кабельных линиях в СОЗЗ предусмотрена блокировка повторного срабатывания. После срабатывания СОЗЗ при исчезновении условий пуска возврат функции осуществляется через время, заданное соответствующей уставкой. В течение указанного времени повторный запуск осциллографа от функции СОЗЗ не производится, при этом осциллограф может быть запущен другой функцией устройства РИТМ.

При необходимости ОЗЗ может быть выведена из работы уставкой.

Функция ОЗЗ имеет следующие параметры, задаваемые пользователем:

Наименование параметра	Возможные значения	Шаг	Примечания
Сигнализация ОЗЗ	введена/выведена		
Напряжение срабатывания СОЗЗ, В втор	(0,00 – 120,00)	0,01 В	Напряжение $3U_0$ задается во вторичных величинах
Время срабатывания СОЗЗ	0,000 – 300,000	1 мс	
Время возврата СОЗЗ	0,000 – 300,000	1 мс	
Время блокировки повторного срабатывания	0 – 60	1 мин	

Напряжение срабатывания СОЗЗ выбирается по условию отстройки от небаланса в нагрузочном режиме. С учетом запаса значение уставки рекомендуется принять равным $0,1 U_{ном}$. Время срабатывания СОЗЗ рекомендуется принять равным 10 с.

Если к питаемой от ввода или смежной секции подключены кабельные линии, на которых могут возникать перемежающиеся замыкания на землю, в ОЗЗ целесообразно использовать блокировку повторного срабатывания. Уставку времени блокировки повторного срабатывания рекомендуется принять равной 60 минутам.

1.13 Методика выбора уставок сигнализации перегрузки

Алгоритм сигнализации перегрузки предназначен для сигнализации о перегрузке оборудования по току. Пуск алгоритма происходит при превышении током любой из фаз максимального длительного тока нагрузки силового оборудования (силового трансформатора, реактора, ячейки КРУ, трансформаторов тока).

Алгоритм сигнализации перегрузки имеет одну выдержку времени, действующую на сигнал. После срабатывания функции происходит вывод ее из работы на заданное оператором время (выдержка времени на возврат).

Функция сигнализации перегрузки имеет следующие, задаваемые пользователем параметры:

Наименование параметра	Возможные значения	Единицы измерения	Примечания
Сигнализации перегрузки (СП)	введена/выведена		
Ток срабатывания сигнализации перегрузки, А	(0,050 - 400) КТТ	1 мА	Задается в первичных величинах
Независимая выдержка времени на срабатывание	0,000 – 300,000	1 мс	
Независимая выдержка времени на возврат, с	0,000 – 100000,000	1 мс	

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

Ток срабатывания сигнализации перегрузки проверяется по условию согласования с номинальным током оборудования:

$$I_{\text{срСП}} \geq \frac{K_{\text{отс}}}{K_{\text{в}}} I_{\text{ном}},$$

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

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

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

Выдержка времени на срабатывание выбирается из условия отстройки:

- от времени работы резервных защит питающего присоединения (например, МТЗ высокого напряжения силового трансформатора),

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

Рекомендуется принимать выдержку времени на срабатывание равной 30с.

Выдержка времени на возврат задается для того, чтобы блокировать многократное срабатывание сигнализации перегрузки и, следовательно, переполнение осциллографа, пускающегося от данной функции, при последующих перегрузках оборудования, которые могут возникнуть при регулировании нагрузки. Рекомендуется принимать выдержку времени на возврат равной 60 мин.

1.14 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:

О-Т_{АПВ}-ВО-20 с.-ВО-180 с.

ВО-20 с.-ВО-180 с.

При введенной в работу функции АПВ в терминале осуществляется блокировка включения выключателя после 6 циклов успешного АПВ в течении 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	Шаг	Примечания
Выдержка времени формирования сигнала «Неисправность цепей управления», с	0,000 – 30,000	1 мс	
Выдержка времени на включение от ИЧМ, с	5,000 – 30,000	1 мс	
Выдержка времени на отключение от ИЧМ, с	(0 – 30) с, шаг 1 с	1 мс	
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:

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

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

$t_{\text{зан}}$ - 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.

1.15 Методика выбора уставок функции контроля исправности токовых цепей

Функция предназначена для контроля токовых цепей устройства защиты ввода 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, А	(0,010 – 5,000) Ктг	1 мА	Задается в первичных величинах
Выдержка времени сигнализации о неисправности токовых цепей, с	0,000 – 300,000	1 мс	
Контроль обрыва трех фаз	введен/выведен		Ввод/вывод опции контроля обрыва трех фаз
Выдержка времени сигнализации об обрыве трех фаз, с	0,000 – 100000,000	1 мс	

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:

$$\varphi_A + \varphi_B = -120 \pm 5 \text{ эл. град.};$$

$$\varphi_B + \varphi_C = 0 \pm 5 \text{ эл. град.};$$

$$\varphi_C + \varphi_A = 120 \pm 5 \text{ эл. град.};$$

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

Ниже приведены векторные диаграммы токов для различных комбинаций замкнувшихся фаз.

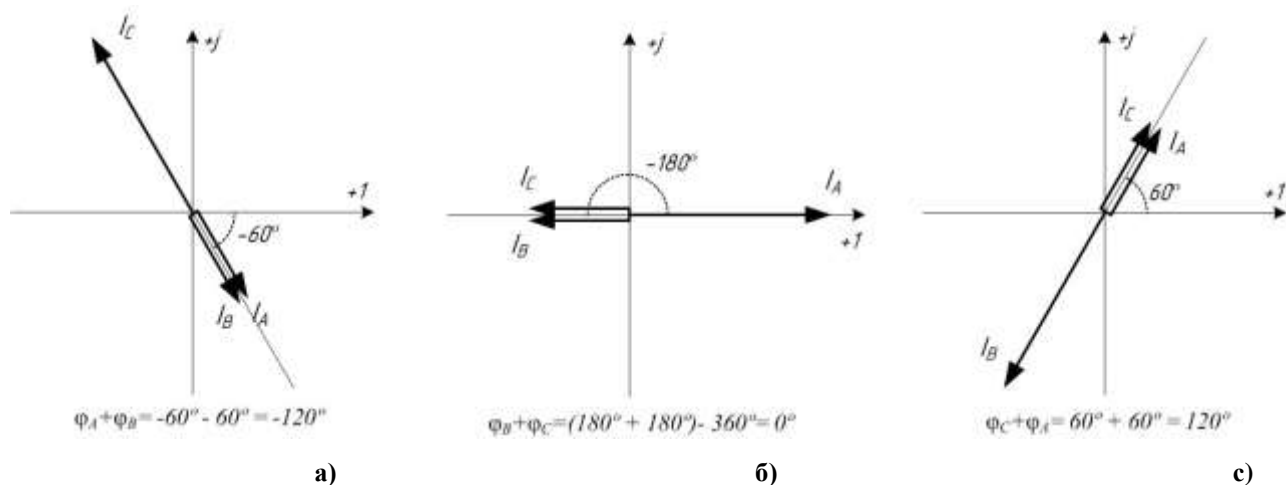


Рис.1 Векторные диаграммы токов при двухфазном замыкании во вторичных цепях измерительных трансформаторов тока: а) - в фазах A и B ; б) - в фазах B и C ; в) - в фазах C и A .

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 ниже. В начале эксплуатации рекомендуется принять значение уставки равным 0,5 А, в ходе дальнейшей эксплуатации значение уставки может быть скорректировано.

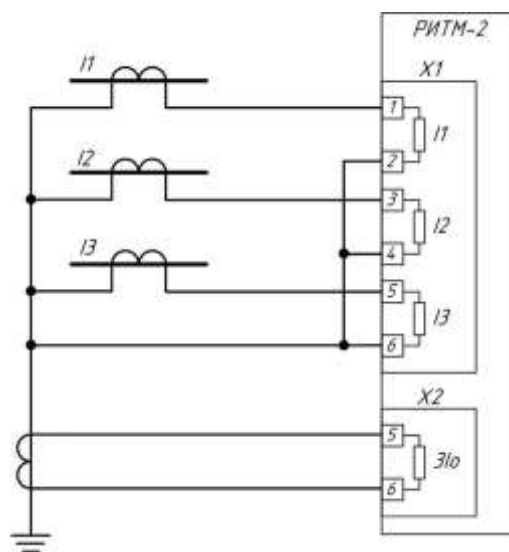


Рис. 2 Схема подключения датчика тока в цепи заземляющего проводника трансформатора тока

Примечание: 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.

1.16 Методика выбора уставок контроля цепей

Контроль цепей напряжения (КЦН) предназначен для обнаружения обрывов и замыканий в цепях напряжения, а также для блокирования функций устройства, связанных с цепями напряжения.

Для реализации алгоритма КЦН используется пусковой орган напряжения обратной последовательности, выявляющий несимметричные повреждения во вторичных цепях ТН. Для фиксации отключения всех трех фаз во вторичных цепях ТН автоматическим выключателем ТН алгоритм КЦН дополнен органом контроля положения автоматического выключателя ТН. Для этой цели на соответствующий вход устройства заводится замыкающий контакт автомата ТН. Применение замыкающего контакта автомата ТН необходимо для выявления неисправностей во вторичных цепях напряжения при разобранной схеме ТН.

Сигнал неисправности ТН формируется:

- без выдержки времени – при отключении автомата ТН;
- с выдержкой времени – при превышении напряжением обратной последовательности заданной уставки.

При обнаружении неисправности в цепях напряжения формируется соответствующий предупредительный сигнал, а также блокируются следующие алгоритмы устройства:

- РНМ МТЗ;
- пуск МТЗ по напряжению;
- РНМ ТЗНП;
- контроль снижения/повышения междуфазного напряжения.

Функция КЦН имеет следующие, задаваемые пользователем параметры:

Наименование параметра	Возможные значения	Единицы измерения	Примечания
КЦН	введен/выведен		
Напряжение срабатывания пускового органа КЦН	0,0 – 20,0 (дискретность 1В)	В	Задается в первичных величинах
Коэффициент возврата пускового органа КЦН	0,9 – 1		
Время срабатывания КЦН	0,000-300,000 (дискретность 1мс)	с	

Напряжение срабатывания пускового органа КЦН выбирается из условия отстройки от напряжения небаланса:

$$U_{КЦН} = 0,06 \cdot U_{ном}$$

Коэффициент возврата пускового органа КЦН рекомендуется принимать равным 0,95.

Для предотвращения излишнего действия при повреждениях в первичной цепи время срабатывания КЦН выбирается из условия отстройки от максимального времени действия защит вышестоящего элемента:

$$t_{КЦН} = t_{с.з.макс} + t_{зап},$$

где $t_{с.з.макс}$ – максимальное время работы защиты вышестоящего элемента;

$t_{зап}$ – время запаса, принимаемое равным 0,5 с.

1.17 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.

Наименование параметра	Возможные значения	Единицы измерения	Примечания
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

1.17.1 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/промежуточного реле.

1.17.2 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. 1.17.1 и 1.17.2 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.

1.17.3 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;

$I_{ЭО, ном.}$, $I_{ЭВ, ном.}$, A – номинальный ток 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 меньшее, чем минимально возможный ток уставки органа контроля тока при подаче напряжения.

1.18 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, 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	Шаг	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, с	0,000 - 1,000	1 мс	
Время отключения, с	0,000 – 1,000	1 мс	

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

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

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

Коэффициент запаса $K_{зап}$ 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

Наименование параметра	Возможные значения	Единицы измерения	Примечания
			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.

1.19 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 количества 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).

В таблице приведены параметры, задаваемые пользователем при использовании режима ручного ввода характеристики:

Наименование параметра	Возможные значения	Шаг	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	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:

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

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 номинальному току отключения выключателя $I_{о.ном}$.

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/		Для использования типовой

Наименование параметра	Возможные значения	Единицы измерения	Примечания
	выведен		характеристики должно быть выбрано «выведен»
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.

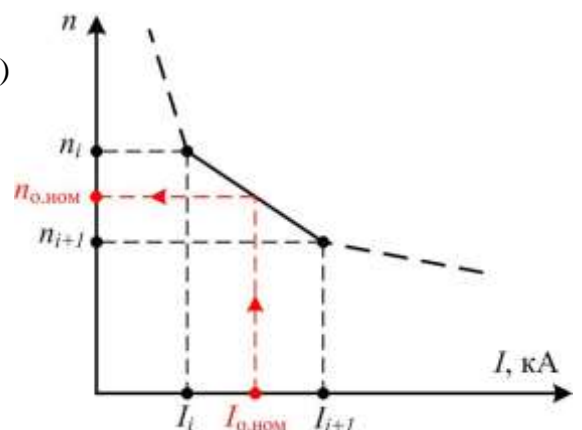
Значение предельного количества отключений при номинальном токе выключателя определяется его механическим ресурсом и принимается равным 10000. Значение $n_{о.ном}$ определяется по таблице допускаемого числа отключений при токах $I_{о.ном}$, приведенной в ГОСТ Р 52565-2006:

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 $I_{\text{откл}}$ по характеристике остаточного коммутационного ресурса выключателя $n(I)$ методом линейной интерполяции по выражению, аналогичному (1), определяется предельное количество отключений $n_{\text{откл}}$. Расход коммутационного ресурса за одно отключение рассчитывается как величина, обратная предельному количеству отключений при зафиксированном токе, т.е. $1/n_{\text{откл}}$. Суммарный остаток ресурса каждого из полюсов выключателя определяется по выражению (2):

$$\left(1 - \sum_{k=1}^n \frac{1}{n_{\text{откл},k}} \right) \cdot 100\%, \quad (2)$$

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

Если зафиксированный ток $I_{\text{откл}}$ больше наибольшего заданного в характеристике $n(I)$ тока $I_{\text{макс}}$ (крайняя правая точка на характеристике), предельное количество отключений $n_{\text{откл}}$ 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 $(0,6 \cdot I_{\text{о.ном}}; 1,7 \cdot n_{\text{о.ном}}), (I_{\text{о.ном}}; n_{\text{о.ном}})$.

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 (3):

$$n_{\text{ост}} = n_{\text{пред.}} - n_{\text{пред.}} \cdot \left(1 - \sum_{k=1}^n \frac{1}{n_{\text{откл},k}} \right), \quad (3)$$

где $n_{\text{пред.}}$ - 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 ($n_{\text{о.ном}}$).

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

Рассчитанное 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 (4):

$$\sum_{k=1}^n \frac{1}{n_{\text{откл},k}} > \left(1 - \frac{1}{n_{\text{пред.}}} \right), \quad (4)$$

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).

1.20 Методика расчета уставок контроля снижения/повышения междуфазного напряжения

Функция предназначена для контроля снижения/повышения значения междуфазного напряжения, которое может привести к неправильной работе и выходу из строя оборудования у потребителей.

Функция контролирует значения трех междуфазных напряжений. При снижении/повышении хотя бы одного из контролируемых напряжений ниже/выше заданной уставки функция действует с независимой выдержкой времени на сигнал. При возникновении неисправности цепей напряжения действие функции блокируется.

Функция контроля снижения/повышения междуфазного напряжения имеет следующие параметры, задаваемые пользователем:

Наименование параметра	Возможные значения	Шаг	Примечания
Контроль мин. и макс. напряжения	введен/выведен		
Напряжение срабатывания $U_{\text{макс}}$, В втор	0,00 – 120,00	0,01 В	Задается во вторичных величинах
Время срабатывания $U_{\text{макс}}$, с	0,000 – 300,000	1 мс	
Напряжение срабатывания $U_{\text{мин}}$, В втор	0,00 – 120,00	0,01 В	Задается во вторичных величинах
Время срабатывания $U_{\text{мин}}$	0,000 – 300,000	1 мс	

Напряжение срабатывания функции выбирается по условию предельно допустимого отклонения напряжения от среднего значения напряжения, придерживаемого на шинах подстанции ($U_{\text{ш.сред}}$):

$$U_{\text{ср.макс}} = 1,1 \cdot U_{\text{ш.сред}};$$

$$U_{\text{ср.мин}} = 0,9 \cdot U_{\text{ш.сред}}.$$

Время срабатывания функции контроля снижения ($t_{\text{мин}}$) и повышения ($t_{\text{макс}}$) междуфазного напряжения выбирается по условию отстройки от наибольшего времени действия защит и автоматических средств отграничения снижения/повышения напряжения. Рекомендуется принять уставки $t_{\text{мин}} = 10$ с, $t_{\text{макс}} = 10$ с.

1.21 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 270с. 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 т.ч. 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, А	(0,050 – 40,000) КтТ	1мА	Задается в первичных величинах
Ток срабатывания пуска по рассчитанному току нулевой последовательности, А	(0,050 – 40,000) КтТ	1мА	Задается в первичных величинах
Ток срабатывания пуска по измеренному току нулевой последовательности, А	(0,050 – 40,000) КтТ	1мА	Задается в первичных величинах
Коэффициент возврата пуска по фазному току	0,90 – 1,00	0,01	
Коэффициент возврата пуска по рассчитанному току нулевой последовательности	0,90 – 1,00	0,01	
Коэффициент возврата пуска по измеренному току нулевой последовательности	0,90 – 1,00	0,01	

Уставка пуска осциллографа по фазному току отстраивается от нагрузочного режима:

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

где $I_{\text{раб.макс}}$ - максимальный рабочий ток.

$K_{\text{отс}} = 1,1$ – коэффициент отстройки;

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

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

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

где $3I_{\text{ТЗНПч}}$ – уставка срабатывания чувствительной ступени ТЗНП.

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