

**РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫБОРУ УСТАВОК ШКАФА УПРАВЛЕНИЯ, ЗАЩИТЫ И
АВТОМАТИКИ ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ ШУНТИРУЮЩЕГО РЕАКТОРА**

ШЭ2710 512

(версия программного обеспечения 512_305)

1 Уставки автоматики (ограничения) повышения напряжения (А(О)ПН)

Устройства А(О)ПН устанавливаются на линиях 330 кВ и выше, а иногда на линиях 220 кВ большой протяженности. Предназначены для ограничения повышения напряжения на электрооборудовании, вызванного внезапным изменением установившегося режима работы электроустановок, разрывом линии электропередачи или ее односторонним отключением. В некоторых случаях напряжение повышается до опасных значений и в режимах малых нагрузок указанных линий. В перечисленных режимах образуется избыток реактивной мощности, который создают «освобождающиеся» зарядные мощности линий. Этот избыток реактивной мощности и является причиной повышения напряжения.

Коммутационные перенапряжения возникают в момент отключения электрических цепей, их действие кратковременно. Продолжительность коммутационных перенапряжений составляет доли секунды, максимум перенапряжений возникает в момент времени 0,01-0,03 с после начала коммутации. Амплитуда перенапряжений зависит от большого числа факторов: от момента коммутации, от быстродействия выключателей, от очередности отключения отдельных фаз выключателя.

Резонансные перенапряжения обусловлены наличием индуктивных и емкостных элементов, которые создают условия резонанса. Резонансные перенапряжения могут существовать более длительное время до тех пор, пока не будет изменена схема сети, не вступят в работу регуляторы возбуждения и напряжения, не подействуют другие устройства автоматики.

Основным средством ограничения резонансных перенапряжений являются шунтирующие реакторы, подключаемые к линиям электропередачи или к шинам подстанций. Включение шунтирующих реакторов приводит к ликвидации резонанса или к существенному его ослаблению.

Устройства АОПН реагируют на повышение напряжения на шинах подстанций или на примыкающем конце линий (используются максимальные реле напряжения).

Напряжение срабатывания пускового органа выбирается таким, чтобы это напряжение было допустимым в течение всего времени.

Уставки А(О)ПН по напряжению выбираются в пределах 1,2 - 1,25 Уф.ном для ВЛ 330 кВ, 1,15 - 1,2 Уф.ном для ВЛ 500 кВ, 1,15 Уф.ном для ВЛ 750 кВ.

На подстанциях с шунтирующими реакторами (ШР) автоматика действует с выдержкой времени (1 - 2 с) на включение отключенных ШР. Выдержка времени должна учитывать допустимую длительность перенапряжений и быть отстроенной от длительности коммутационных и атмосферных перенапряжений и качаний.

2 Уставки автоматики (ограничения) снижения напряжения (А(О)СН)

А(О)СН предназначена для предотвращения снижения напряжения в узлах энергосистемы в послеаварийных режимах до значения, опасного по условиям устойчивости нагрузки и надежности работы электростанций. Опасный уровень напряжения, с учетом длительности его существования, определяется конкретными условиями. Устройства А(О)СН применяются с учетом зависимости потребления от напряжения, наличия РПН на понижающих трансформаторах, наличия конденсаторных батарей и длинных сильнозагруженных линий электропередачи.

Устройства А(О)СН действуют непосредственно по признаку снижения напряжения с учетом его длительности.

Управляющее воздействие А(О)СН для ликвидации дефицита реактивной мощности - отключение шунтирующих реакторов.

А(О)СН имеет уставку срабатывания по напряжению порядка 0,8 Uф.ном - 0,9 Uф.ном.

Для предотвращения излишних срабатываний А(О)СН предусматривается блокировка А(О)СН при фиксации неисправности цепей напряжения посредством контроля цепей напряжения (КЦН) по факту снижения напряжения до величины 0,2–0,4 Uф.н.

В шкафу ШЭ2710 512 применен КЦН с использованием напряжений прямой U₁, обратной U₂ и нулевой U₀ последовательностей. Такой КЦН позволяет фиксировать наличие всех видов повреждений, кроме трехфазного КЗ, а также режимы неполнофазных включений ВЛ.

В качестве измерительных органов использованы ПО максимального напряжения РН U₁, РН U₂ и РН U₀.

Уставки напряжения прямой U₁ и обратной U₂ последовательности задаются в фазных величинах, уставки напряжения нулевой U₀ последовательности задаются в линейных величинах.

Напряжение срабатывания ПО U_{ср_РН_U1(КСН)} КЦН:

$$U_{ср_РН_U1(КСН)} = (0,2 \div 0,6) U_{ном},$$

где U_{ном} – номинальное фазное напряжение.

Напряжения срабатывания ПО напряжения обратной последовательности РН U₂ и РН напряжения нулевой последовательности U₀ должны быть отстроены (к = 1,2) от напряжений небаланса в цепях напряжения в нормальном нагрузочном режиме работы линии, т.е.

$$U_{ср_РН_U2} = 1,2 \cdot U_{2нб}$$

$$U_{ср_РН_U0} = 1,2 \cdot U_{0нб}$$

Выдержка времени А(О)СН учитывает отстройку от кратковременной перегрузки линии, а также должно быть отстроено от действия РЗ, АПВ и АВР.

3 Выбор уставок УРОВ

Функция УРОВ шкафа реализует принцип индивидуального устройства по схеме с автоматической проверкой исправности выключателя.

В части формирования отключающих сигналов УРОВ обеспечивает действие на доотключение резервируемого выключателя с выдержкой времени 10 мс (УРОВ «на себя») и на отключение смежных выключателей с выдержками времени УРОВ.

Выбор уставок УРОВ сводится к выбору выдержек времени устройства на отключение смежных выключателей и к выбору уставок по току срабатывания ПО тока УРОВ.

Пусковой орган по току УРОВ представляет собой три фазных реле тока, действующих по схеме ИЛИ.

ПО тока УРОВ предназначены для возврата схемы УРОВ при отсутствии отказа выключателя и для определения отказавшего выключателя. Ток срабатывания ПО тока УРОВ должен выбираться по возможности минимальным.

3.1 Уставка по току срабатывания УРОВ

ПО тока УРОВ выбирается меньше минимального тока КЗ, протекающего в месте установки защиты при междуфазных КЗ и КЗ на землю в конце зоны резервирования и ниже уставки последних ступеней резервных защит.

$$I_{\text{ср}} \leq \frac{I_{\text{кз min}}}{n_{\text{ТТ}} \cdot k_{\text{ч}}},$$

где $I_{\text{кз min}}$ - минимальный ток, протекающий в месте установки УРОВ, при междуфазных КЗ и КЗ на землю в зоне резервирования защит линии;

$n_{\text{ТТ}}$ – коэффициент трансформации трансформатора тока;

$k_{\text{ч}}$ – коэффициент чувствительности, равный 1,5 при КЗ в конце защищаемой линии и равный 1,2 при КЗ в зоне резервирования (в конце предыдущего участка линии).

В то же время, ток срабатывания реле тока УРОВ не следует принимать слишком низким, иначе, в условиях отключения тока КЗ очень большой кратности, переходный процесс во вторичных цепях ТТ может привести к увеличению времени возврата УРОВ.

3.2 Выбор времени срабатывания УРОВ

Выдержка времени УРОВ должна выбираться минимально допустимой для уменьшения расчётных выдержек времени резервных защит и, в то же время достаточной для обеспечения надёжной, устойчивой работы энергосистемы.

Выдержка времени $t_{\text{ср уров}}$ действия УРОВ на отключение смежных питающих присоединений должна учитывать время действия УРОВ "на себя", максимальное время отключения выключателя, время возврата органа контроля протекания тока и время запаса, которое учитывает погрешность органа выдержки времени

$$t_{\text{ср уров}} = t_{\text{нс}} + t_{\text{ов}} + t_{\text{вз рт}} + t_{\text{зап}},$$

где $t_{\text{ср уров}}$ – выдержка времени действия УРОВ;

$t_{нс} = 0,01$ с - время подачи команды на отключение при действии «на себя»;

$t_{ов}$ – максимальное время отключения выключателя, которое определяется типом выключателя;

$t_{вз рт} = 0,03$ с – время возврата ПО тока УРОВ;

$t_{зап} = 0,05$ с – время запаса.

4 Уставки ЗНФ и ЗНФР

Функции ЗНФ и ЗНФР используются для выключателей с пофазным приводом.

Ток срабатывания ПО ЗНФР является током нулевой последовательности ЗІО и выбирается исходя из минимального тока КЗ однофазного замыкания "на землю". На практике выбирается равным току срабатывания последней ступени Т(Н)ЗНП.

Времена ЗНФ и ЗНФР зависят от типа выключателя. Время ЗНФ зависит от одновременности включения фаз выключателя с учетом запаса (узнать либо из паспорта на выключатель, либо практически из опыта).

Время ЗНФР не должно превышать время действия резервных защит нулевой последовательности.

Практически время ЗНФР:

для воздушного и элегазового выключателя 0,25-0,35 с;

для масляного – 0,4-0,5 с.

Задержка на срабатывание деблокировки ЗНФ при невозврате ФЦО выбирают исходя из выражения

$$t_{\text{деблок_ЗНФ}} \geq t_{\text{ср_ОАПВ_РП}} + t_{\text{ВВ}} + t_{\text{зап}},$$

где $t_{\text{ср_ОАПВ_РП}}$ - расчетная пауза ОАПВ,

$t_{\text{ВВ}}$ – время включения выключателя,

$t_{\text{зап}}$ – время запаса, можно принять равной 0,5 с.

Выдержка времени блокировки ЗНФ в цикле ОАПВ используется для блокировки ЗНФ после подачи команды на включение от ОАПВ и может быть принята равной времени включения выключателя

$$t_{\text{блок_ЗНФ}} = t_{\text{ВВ}}.$$

5 Выбор времени включения

Выдержка времени включения ($t_{\text{вкл}}$) выбирается исходя из необходимости обеспечения минимальной длительности замкнутого состояния реле включения при отсутствии подхвата от ДТ ЭМВ согласно паспортным данным на выключатель:

$$t_{\text{вкл}} = t_{\text{ВВ}},$$

где $t_{\text{ВВ}}$ – время включения выключателя по паспортным данным.