

**РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАСЧЕТУ УСТАВОК АУВ  
ШКАФОВ УПРАВЛЕНИЯ, ЗАЩИТЫ И АВТОМАТИКИ ВЫКЛЮЧАТЕЛЯ НАПРЯЖЕНИЕМ 110 - 220 кВ**

Чебоксары 2021

## Оглавление

1	Уставки автоматики управления выключателем (АУВ) .....	4
1.1	Выбор уставок однократного АПВ для линий с односторонним питанием .....	4
1.2	Выбор уставок двукратного АПВ.....	5
1.3	Выбор уставок однократного АПВ для линий с двусторонним питанием .....	5
1.4	Уставки измерительных реле контроля напряжения и контроля синхронизма .....	8
1.5	Выбор времени включения от АПВ.....	10
1.6	Выбор времени опережения включения выключателя .....	10
1.7	Выбор времени сброса готовности АПВ при отключенном выключателе и ожидания синхронизма .....	10
1.8	Выбор времени ввода ускорения при включении выключателя.....	10
1.9	Выбор времени задержки на срабатывание защиты ЭМУ .....	11
1.10	Назначение программных накладок АУВ .....	11
2	Уставки УРОВ .....	13
2.1	Расчет уставки по току срабатывания УРОВ .....	13
2.2	Выбор времени срабатывания УРОВ .....	13
2.3	Назначение программных накладок УРОВ .....	14
3	Уставки ЗНФ и ЗНФР .....	15

## Перечень сокращений

АПВ	автоматическое повторное включение
АУВ	автоматика управления выключателем
ЗНФ	защита от непереключения фаз выключателя
ЗНФР	защита от неполнофазного режима
ИО	измерительный орган (реагирует на две подведённые величины)
КЗ	короткое замыкание
КН	контроль напряжения
КС	контроль синхронизма
КУ	ключ управления
НП	нулевая последовательность
ПО	пусковой орган (реагирует на одну подведённую величину)
РЗА	релейная защита и автоматика
ТН	измерительный трансформатор напряжения
ТТ	измерительный трансформатор тока
УРОВ	устройство резервирования отказа выключателя

# 1 Уставки автоматики управления выключателем (АУВ)

## 1.1 Выбор уставок однократного АПВ для линий с односторонним питанием

Выдержка времени АПВ линий с односторонним питанием отвечает двум требованиям:

1) выдержка времени АПВ ( $t_{1\text{АПВ}}$ ) должна быть больше выдержки времени готовности для повторного включения привода отключившегося выключателя

$$t_{1\text{АПВ}} \geq t_{\text{г.п.}} + t_{\text{зап}},$$

где  $t_{\text{г.п.}}$  - время готовности привода, которое для различных видов приводов может быть в пределах от 0,2 до 1 с;

$t_{\text{зап}}$  - время запаса, учитывающее непостоянство  $t_{\text{г.п.}}$ , которое выбирается в диапазоне от 0,3 до 0,5 с;

2) выдержка времени АПВ должна быть больше выдержки времени от момента погасания электрической дуги в месте КЗ до полного восстановления изоляционных свойств воздуха (время деионизации воздуха)

$$t_{1\text{АПВ}} \geq t_{\text{д}} + t_{\text{зап}},$$

где  $t_{\text{д}}$  - время деионизации, составляющее от 0,1 до 0,3 с;

$t_{\text{зап}}$  - время запаса, учитывающее непостоянство  $t_{\text{д}}$ , которое принимается равным от 0,3 до 0,5 с.

За уставку принимается большее из полученных значений  $t_{1\text{АПВ}}$ .

Для повышения надежности действия АПВ на линиях, где наиболее частыми повреждениями являются набросы проводов, последствия от падения деревьев и касания проводов передвижными механизмами, целесообразно увеличить выдержку времени до 2-3 с.

Выдержка времени готовности АПВ к повторному действию ( $t_{\text{гот}}$ )

Отсчет  $t_{\text{гот}}$  начинается при отсутствии сигнала пуска АПВ и нахождении выключателя во включенном состоянии.

Выдержка времени готовности к повторному действию ( $t_{\text{гот}}$ ) выбирается исходя из необходимости обеспечения однократного действия АПВ при повторном включении на устойчивое КЗ и, соответственно, должна быть отстроена от наибольшей выдержки времени действия РЗА в этом режиме:

$$t_{\text{гот}} \geq t_{\text{защ}} + t_{\text{отк}} + t_{\text{зап}},$$

где  $t_{\text{защ}}$  - наибольшая выдержка времени защиты;

$t_{\text{отк}}$  - время отключения выключателя;

$t_{\text{зап}}$  - время запаса, которое принимается равным от 0,3 до 0,5 с.

Одновременно должно быть соблюдено условие  $t_{\text{гот}} \geq t_{1\text{АПВ}}$ .

Микропроцессорные и микроэлектронные реле, в которых имеется функция АПВ, имеют обычно регулируемое время готовности. Уставка по времени готовности может быть принята такой же как в электромеханике - 30 сек. При работе линии в зоне, где могут быть частые случаи коротких замыканий: сильный ветер, гололед - это время целесообразно увеличить до 60 - 90 сек. Это позволит спасти от повреждения выключатель с ограниченным ресурсом отключения от выхода из строя при многократных КЗ.

Также можно выбирать время подготовки АПВ по условию готовности привода выключателя к повторному действию в цикле

$$O - t_{\text{АПВ}} - BO - t_{\text{ГОТ}} - BO,$$

где O - отключение;

B - включение;

$t_{\text{АПВ}}$  - гарантированная для выключателя минимальная бестоковая пауза при АПВ.

Параметры эти необходимо брать из технических данных на выключатель завода-изготовителя (обычно  $15 \div 180$  с).

## 1.2 Выбор уставок двукратного АПВ

Двукратное АПВ применяют, как правило, на линиях с односторонним питанием и на головных участках кольцевых сетей, где возможна работа в режиме одностороннего питания.

Выдержка времени первого цикла АПВ определяется также, как для однократного АПВ. Второй цикл должен проходить с выдержкой времени  $t_{2\text{АПВ}} \geq (10-20)$  с после вторичного отключения выключателя. Большая выдержка времени второго цикла АПВ связана с восстановлением отключающей способности дугогасительной камеры - с удалением из нее разложившихся и обугленных частиц. Кроме того, увеличение выдержки времени второго цикла АПВ способствует повышению вероятности успешного повторного включения

$$t_{2\text{АПВ}} \geq t_{\text{г.п.2}} + t_{\text{зап}},$$

где  $t_{\text{г.п.2}}$  - время готовности привода выключателя к повторному циклу включения (определяется техническими данными привода выключателя, обычно составляет несколько секунд);

$t_{\text{зап}}$  - время запаса, которое выбирается в диапазоне от 0,3 до 0,5 с.

Выдержка времени готовности к повторному действию ( $t_{\text{ГОТ}}$ ) выбирается исходя из необходимости обеспечения двукратности действия АПВ при повторном включении и, соответственно, должна быть отстроена от наибольшей выдержки времени действия РЗА после второго АПВ на устойчивое КЗ

$$t_{\text{ГОТ}} \geq t_{\text{защ}} + t_{\text{отк}} + t_{\text{зап}}.$$

Одновременно должно быть соблюдено условие  $t_{\text{ГОТ}} \geq t_{2\text{АПВ}}$ .

При выборе выдержек времени  $t_{1\text{АПВ}}$ ,  $t_{2\text{АПВ}}$ ,  $t_{\text{ГОТ}}$  для АПВ линий с двусторонним питанием, для шин должны учитываться особенности схемы соединения энергообъектов, последовательность и условия включения выключателей в режиме АПВ.

Если АПВ производится с контролем наличия напряжения или с контролем синхронизма, то выбор необходимого режима производится с помощью программной накладки «Контроль синхронизма».

При выборе режима с контролем наличия напряжения необходимо выбрать уставки реле максимального напряжения на шинах ( $U_{\text{ш}} > U_{\text{макс}}$ ) и на линии ( $U_{\text{шон}} > U_{\text{макс}}$ ).

## 1.3 Выбор уставок однократного АПВ для линий с двусторонним питанием

Автоматическое повторное включение линий с двусторонним питанием имеет некоторые особенности, что определяется наличием напряжения по обоим концам линии. Первая особенность состоит в том, что АПВ линии должно производиться лишь после того, как она будет отключена с обеих сторон, что

необходимо для деионизации воздушного промежутка в месте повреждения. Поэтому при выборе выдержки времени АПВ линий с двусторонним питанием кроме условий по выдержке времени АПВ линий с односторонним питанием необходимо учитывать и третье условие

$$t_{1\text{АПВ}} \geq t_{\text{защ}2} - t_{\text{защ}1} + t_{\text{отк}2} - t_{\text{отк}1} + t_{\text{д}} - t_{\text{вкл}1} + t_{\text{зап}},$$

где  $t_{\text{защ}1}$ ,  $t_{\text{отк}1}$ ,  $t_{\text{вкл}1}$  – наименьшие выдержка времени защиты, времена отключения и включения выключателя на своем конце линии (индекс 1), на котором выбирается выдержка времени АПВ;

$t_{\text{защ}2}$ ,  $t_{\text{отк}2}$  – выдержка времени второй ступени защиты и время отключения выключателя на противоположном конце линии (индекс 2);

$t_{\text{д}}$  – время деионизации среды, составляющее от 0,1 до 0,3 с;

$t_{\text{зап}}$  – время запаса, учитывающее непостоянство  $t_{\text{д}}$ , погрешности устройств АПВ и защиты, которое принимается равным от 0,3 до 0,7 с.

Принимая с целью упрощения  $t_{\text{отк}1} = t_{\text{отк}2}$  и  $t_{\text{защ}1} = 0$ , получаем более простое выражение для определения выдержки времени АПВ

$$t_{1\text{АПВ}} \geq t_{\text{защ}2} + t_{\text{д}} - t_{\text{вкл}1} + t_{\text{зап}}.$$

Если вторая ступень защиты не обеспечивает достаточной надежности при повреждениях в конце рассматриваемой линии, то в выражения выше необходимо подставлять выдержку времени третьей ступени защиты.

Выдержка времени АПВ для обоих концов линии подсчитывается по всем трем выражениям и за уставку принимается большее из полученных значений  $t_{1\text{АПВ}}$ .

Вторая особенность определяется тем, что успешное включение линии (замыкание в транзит) может сопровождаться большими толчками тока и активной мощности, поскольку по обоим концам отключившейся линии имеется напряжение.

В тех случаях, когда две электростанции или две части энергосистемы связаны несколькими линиями, отключение одной из них не приводит к нарушению синхронизма и значительному расхождению по углу и значению напряжений по концам отключившейся линии. АПВ в этом случае не будет сопровождаться большим толчком уравнительного тока. Вследствие этого на линиях с двусторонним питанием допускается применение простых схем АПВ, если две электростанции или две части энергосистемы имеют три и более связей с близкой пропускной способностью.

В некоторых случаях простая схема АПВ, устанавливаемая с одного конца, дополняется устройством контроля наличия напряжения на линии. Благодаря этому включение от АПВ на устойчивое КЗ производится только один раз с той стороны, где отсутствует устройство контроля наличия напряжения на линии. С той же стороны, где контролируется наличие напряжения на линии, включение выключателя будет происходить лишь в том случае, если повреждение устранилось и линия, включённая с противоположного конца, остается под напряжением.

В этом случае выражения для выдержки времени АПВ линий с двусторонним питанием приобретают следующий вид

$$t_{1\text{АПВ}} \geq t_{\text{защ}2} - t_{\text{защ}1} + t_{\text{отк}2} - t_{\text{отк}1} + t_{\text{зап}};$$

$$t_{1\text{АПВ}} \geq t_{\text{защ}2} + t_{\text{зап.}}$$

Если две электростанции или две части энергосистемы соединены единственной линией электропередачи, по которой передаётся активная мощность, каждое отключение этой линии будет приводить к несинхронной работе разделившихся частей энергосистемы. В нашей стране для линий с двусторонним питанием разработано и эксплуатируется большое количество трехфазных АПВ разных типов: несинхронное («слепое»), быстродействующее (БАПВ), ускоренное АПВ (УТАПВ), АПВ с улавливанием или ожиданием синхронизма (АПВ-УС или АПВ-КС) и др.

Для избежания чрезмерных возмущений в системе устройства АПВ линий с двусторонним питанием осуществляются только однократными.

### **Несинхронное («слепое») АПВ**

Несинхронное АПВ (НАПВ) – наиболее простое устройство, допускающее включение разделившихся частей энергосистемы независимо от разности частот их напряжений. Схема АПВ выполняется без каких-либо блокировок, но для предотвращения включения на устойчивое КЗ с обоих концов линии, а также для правильной работы релейной защиты при НАПВ, устройство АПВ с одного из концов линии выполняется с контролем наличия напряжения. Включение линии при успешном НАПВ сопровождается сравнительно большими толчками тока и активной мощности, а также более или менее длительными качаниями.

При расчете несинхронного включения необходимо исходить из такого режима, при котором по рассматриваемому оборудованию будет проходить наибольший ток.

Преимуществами схем НАПВ являются простота и возможность применения на выключателях всех типов. Обычно после НАПВ происходит успешная синхронизация двух частей энергосистемы или электростанции с энергосистемой. Вместе с тем следует иметь в виду, что, поскольку НАПВ сопровождается большими толчками тока и снижением напряжения, создаются условия для неправильной работы релейной защиты. Поэтому необходимо тщательно анализировать поведение релейной защиты на транзите, соединяющем две включаемые части энергосистемы, и принимать меры, исключающие неправильные срабатывания релейной защиты. Применение НАПВ на линиях, несинхронное замыкание которых приводит к длительному асинхронному ходу, нецелесообразно, т.к. может нарушить работу потребителей.

### **Автоматическое повторное включение с ожиданием синхронизма**

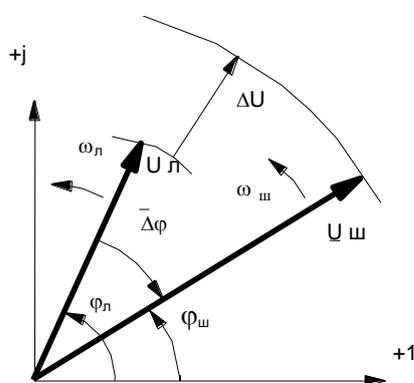
Схема АПВОС отличается от других схем АПВ наличием двух дополнительных реле — реле контроля напряжения на линии и реле контроля синхронизма. Устройство АПВ устанавливается по обоим концам линии, при этом с одной стороны линии АПВ разрешается при отсутствии на линии напряжения, а с другой стороны — при наличии на линии напряжения и при синхронности встречных напряжений. Цикл АПВ происходит в следующей последовательности. После отключения линии сначала подействует схема АПВ с одной стороны, где контролируется отсутствие напряжения, и включит выключатель. При наличии на линии устойчивого повреждения выключатель отключится вновь. Устройство АПВ на другой стороне линии при этом действовать не будет. Если же повреждение будет устранено, линия останется под напряжением и вступит в действие схема АПВ, установленная на другой стороне линии. Реле контроля напряжения на линии сработает и, если угол между напряжениями по концам линии будет невелик, реле контроля

синхронизма также сработает, разрешая после истечения заданной выдержки времени включение выключателя, в результате чего линия будет замкнута с обоих концов.

Если напряжения по концам линии будут несинхронны и разность частот недопустимо велика, схема АПВОС будет ожидать, пока не восстановится синхронизм между разделившимися частями энергосистемы или пока разность частот будет так незначительна, что замыкание линии в транзит не повлечет за собой асинхронного хода и не будет сопровождаться большим толчком тока.

В схеме АПВ с помощью переключателя SA «РЕЖИМЫ АПВ» изменяются функции АПВ. С той стороны линии, где осуществляется контроль синхронизма и наличия напряжения, переключатель SA «РЕЖИМЫ АПВ» находится в положении «U или КС». С той стороны линии, где осуществляется контроль отсутствия напряжения, переключатель SA «РЕЖИМЫ АПВ» - «Ш» или «Л».

#### 1.4 Уставки измерительных реле контроля напряжения и контроля синхронизма



$U_{ш}, U_{л}$  – модули векторов напряжения на шинах и линии

$\omega_{ш}, \omega_{л}$  - угловые скорости для  $U_{ш}, U_{л}$

$\Delta U = U_{ш} - U_{л}$  – разность модулей напряжений

$\varphi_{ш}, \varphi_{л}$  – фаза векторов напряжений на шинах и линии

$\Delta \varphi = \varphi_{ш} - \varphi_{л}$  - разность фаз векторов напряжений на шинах и линии

Синхронизм между двумя участками цепи (шины и линия), соединяемые выключателем контролируется с помощью трех параметров -  $\Delta U$ ,  $\Delta \varphi$ , и  $\Delta f$  (см. рисунок), где  $\Delta f$  - разность частот напряжений на шинах и на линии

$$\Delta f \approx \Delta \varphi / \Delta t .$$

Условия по синхронизму считаются выполненными, если все три контролируемых параметра находятся в пределах нормы.

Рекомендованные значения:

$$\Delta U = 0,2 U_{ном} ;$$

$$\Delta \varphi = (10-30)^{\circ} ;$$

$\Delta f = 0,05$  Гц - для соединения частей схем к которым предъявляются высокие требования по синхронизму, а также для важных межсистемных связей;

$$\Delta f = 0,1 \text{ Гц} - \text{ для схем, допускающих большое время АПВ или для АПВ коротких линий};$$

$$\Delta f = 0,2 \text{ Гц} - \text{ для схем с малым временем АПВ, где может ожидать большая разность частот.}$$

Уставки по синхронизму должны выбираться таким образом, чтобы максимально соответствовать ожидаемым параметрам по максимальному сдвигу фаз ( $\Delta \varphi_{\max}$ ) и максимальной разности частот ( $\Delta f_{\max}$ ).

При правильном выборе уставок при АПВ будет обеспечено синхронное включение выключателя. После выбора уставок необходимо провести проверку правильности их выбора с помощью выражения

$$2 \cdot \Delta f_{\text{макс}} / (\Delta f_{\text{макс}} \cdot 360) \geq t_{\text{ио}} + t_{\text{вкл}} + t_{\text{АПВ}},$$

где  $t_{\text{ио}}$  - время срабатывания измерительных реле контроля синхронизма. Может быть принято равным 0,03 с;

$t_{\text{вкл}}$  - время включения выключателя;

$t_{\text{АПВ}}$  - время цикла АПВ.

Для режима улавливания синхронизма необходимо соблюдать условие

$$\Delta f_{\text{макс}} < 1 / (4 \cdot t_{\text{вкл}}),$$

т.е. при времени включения выключателя равной 100 мс, максимальная разность частот должна быть меньше 2,5 Гц.

Для работы АПВ с улавливанием синхронизма, необходимо, чтобы обе программные накладки «Контроль синхронизма» и «Улавливание синхронизма» находились в положении «предусмотрено».

При выборе режима с контролем наличия или отсутствия напряжения необходимо иметь в виду, что в терминале автоматики управления выключателем предусмотрены независимые измерительные реле для контроля максимального и минимального напряжений ( $U_{\text{ш}} > U_{\text{макс}}$ ,  $U_{\text{шон}} > U_{\text{макс}}$ ,  $U_{\text{ш}} < U_{\text{мин}}$ ,  $U_{\text{шон}} < U_{\text{мин}}$ ).

Контроль отсутствия напряжения (КОН) на линии служит для предотвращения включения на неотключенную с противоположного конца линию с повреждением и используется при осуществлении АПВ-КОН.

Контроль наличия напряжения (КНН) на линии, свидетельствующий о включенном положении выключателя противоположного конца и исправном состоянии линии, т.е. об успешности АПВ первого конца ВЛ, используется при осуществлении АПВ со второго конца (АПВ-КС, АПВ-КНН).

В шкафах АУВ применен контроль напряжения (КН) с использованием максимального напряжения шин (линии) и минимального напряжения шин (линии).

Все напряжения имеют уставку срабатывания по линейному напряжению. Все уставки задаются в линейных вторичных величинах.

Напряжение срабатывания ПО максимального напряжения выбирается по условию надежного срабатывания при минимальном рабочем напряжении на шинах ПС.

Рекомендованное значение уставки напряжения срабатывания ПО максимального напряжения шин (ШОН) может быть принято равным (0,7-0,8)  $U_{\text{ном}}$  (70-80 В).

Выбор уставки срабатывания срабатывания ПО минимального напряжения шин (ШОН) должен производиться по согласованию со службой режимов соответствующего РДУ. При отсутствии данных может быть принята уставка (0,3-0,4)  $U_{\text{ном}}$  (30-40 В).

### 1.5 Выбор времени включения от АПВ

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

$$t_{\text{вклАПВ}} = t_{\text{ВВ}} ,$$

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

Для надежного включения выключателя от АПВ рекомендуется устанавливать минимальную выдержку времени включения от АПВ, равной 0,1 с.

### 1.6 Выбор времени опережения включения выключателя

Уставка времени опережения включения выключателя  $t_{\text{опереж}}$  используется в схеме улавливания синхронизма. Время опережения выбирается исходя из паспортных данных на выключатель ( $t_{\text{ВВ}}$ ), при отсутствии данных, время включения выключателя определяется опытным путём, при этом необходимо учитывать время работы выходного реле терминала ( $t_{\text{вых реле}}$ ), приблизительно равную 10 мс

$$t_{\text{опереж}} = t_{\text{ВВ}} + t_{\text{вых реле}} .$$

### 1.7 Выбор времени сброса готовности АПВ при отключенном выключателе и ожидания синхронизма

Сброс готовности АПВ при длительно отключенном выключателе применяется для запрета АПВ и вводится в работу при помощи программной накладки.

Уставка времени сброса  $t_{\text{сбр}}$  должна быть отстроена от выдержек времени циклов АПВ и времени ожидания включения с контролем (улавливанием) синхронизма.

В общем случае, при использовании двукратного АПВ с контролем (улавливанием) синхронизма, выдержка времени сброса готовности рассчитывается по формуле

$$t_{\text{сбр}} \geq t_{1\text{АПВ}} + t_{2\text{АПВ}} + t_{\text{КС(УС)}} + t_{\text{вкл}} + t_{\text{зап}} ,$$

где  $t_{1\text{АПВ}}$  – время первого цикла АПВ;

$t_{2\text{АПВ}}$  – время второго цикла АПВ;

$t_{\text{КС(УС)}}$  – время ожидания синхронизма – время, в течение которого ожидаются условия синхронизма, рекомендуемое значение 210 с;

$t_{\text{вкл}}$  – время включения выключателя;

$t_{\text{зап}}$  – время запаса.

### 1.8 Выбор времени ввода ускорения при включении выключателя

Время ввода ускорения защиты определяется по следующему выражению

$$t_{\text{ВВ.УСК.ЗАЩ}} = t_{\text{ВВ}} + t_{\text{У.З}} + t_{\text{ОТКЛ}} + t_{\text{ЗАП}} ,$$

где  $t_{\text{ВВ}}$  - время включения выключателя;

$t_{\text{У.З}}$  - время действия защиты с ускорением;

$t_{откл}$  – время отключения выключателя;

$t_{зап}$  – время запаса.

Указанное время должно быть достаточно для отключения КЗ ускоренными защитами, но меньше времени включения линии с другой стороны при успешном АПВ. При использовании электромеханических защит обычно применялись уставки (0,7 – 1,0) с. С учетом большего быстродействия микропроцессорных защит рекомендуется значение уставки 0,5 с.

### 1.9 Выбор времени задержки на срабатывание защиты ЭМУ

Электромагниты (соленоиды) привода выключателя рассчитаны на кратковременную работу. Операция включения / отключения производится за короткое время. Например, для элегазового выключателя с пружинным приводом собственное время включения составляет около 0,06 с, а отключения — около 0,03 с. Для воздушных выключателей время включения составляет около 0,25 с, а отключения — около 0,07 с.

При нормальных условиях цепи управления обесточиваются соответствующим блок-контактом.

Однако, если по какой-то причине блок-контакт не разорвал цепь управления, ток через электромагнит продолжит протекать и приведет к его повреждению. Причины могут быть разные, например, заклинивание механической части привода или проворот блок-контакта на валу привода.

Контакты реле терминала не способны разорвать постоянный ток величиной более 1 А и поэтому производят подхват (удержание) команд управления от датчиков тока, вследствие чего ток управления при отказе переключения блок-контактов будет протекать через электромагнит управления длительное время, что приведет к повреждению электромагнита.

Для исключения повреждения электромагнитов управления выполняют воздействие на независимый расцепитель автоматического выключателя питания цепей управления.

Сигнал отключения автомата питания цепей управления "Защита ЭМУ" формируется при длительном протекании тока управления. В общем случае, задержку на срабатывание защиты ЭМУ можно выбрать исходя из времени включения выключателя

$$t_{защЭМУ} = t_{ВВ} + t_{зап},$$

где  $t_{ВВ}$  - время включения выключателя;

$t_{зап}$  - время запаса, можно принять равным от 0,3 до 0,5 с.

Рекомендуемое время задержки на срабатывание защиты ЭМУ - 1 с.

### 1.10 Назначение программных накладок АУВ

*Привод выключателя* | трехфазный / пофазный. При выборе пофазного привода вводится логика работы ЗНФ и ЗНФР.

*Второй электромагнит отключения* | не предусмотрен / предусмотрен. Позволяет выбрать наличие или отсутствие в приводе выключателя второго электромагнита отключения. При отсутствии в приводе

выключателя второго электромагнита отключения исключается действие сигнализации неисправности цепей управления.

*Обесточивание ЭМ при приеме "Блокировка вкл. и откл."* | не предусмотрено / предусмотрено. Позволяет выбрать режим обесточивания электромагнитов включения и отключения через выдержку времени 1 сек.

*Отключение выключателя от "Авар.давл.элегаза в ТТ"* | предусмотрен / не предусмотрен. В режиме предусмотрен получение сигнала "Авар.давл.элегаза в ТТ" шкаф выдаст команду на отключение выключателя.

*Запрет АПВ при переводе выкл. в положение "Местное"* | не предусмотрен / предусмотрен. При переводе управления выключателя в положение "Местное", отключении выключателя с привода выключателя и вводе в дальнейшем в положение "Дистанционное" возможен пуск и включение от АПВ, т.к. оперативная команда отключения не прошла в терминал и запрета АПВ не было.

*Второй цикл АПВ* | предусмотрен / не предусмотрен. При отсутствии второго цикла АПВ и необходимости использования дискретного входа под прием дополнительных функций можно вывести второй цикл АПВ накладкой и освободить дискретный вход.

*Сброс готовности АПВ при откл.В* | не предусмотрен / предусмотрен. Используется для запрета АПВ при длительно отключенном выключателе (отсутствии условий работы АПВ).

*Улавливание синхронизма* | не предусмотрено / предусмотрено. Выбирается режим АПВ с улавливанием синхронизма.

*Контроль сигнализации АПВ от датчика тока ЭМВ* | предусмотрен / не предусмотрен. В случаях, когда подхват команд управления происходит в самом приводе, удержание по сигналу от датчиков тока ЭМУ не требуется. Кроме того, возможны случаи, когда из-за особенностей привода выключателя датчики тока могут быть зашунтированы во время операций с выключателем. В этом случае накладка "*Контроль сигнализации АПВ от датчика тока ЭМВ*" устанавливается в положение "не предусмотрен".

*Включение с контролем отсутствия напряжения* | предусмотрено / не предусмотрено. Осуществляется возможность включения выключателя от ключа управления с контролем отсутствия напряжения на шинах или на линии ( $U_{ш} < U_{min}$ ,  $U_{л} < U_{min}$ ).

*Логика включения с КС* | типовая / не типовая. Осуществляется возможность включения выключателя от ключа управления по типовой логике КС терминала, либо от нетиповой логики включения с КС (по дополнительной (гибкой) логике).

*Контроль положения разъединителей* | предусмотрен / не предусмотрен. В логике ФОВ позволяет контролировать положение разъединителей (предварительно необходимо завести на дискретные входа терминала положение разъединителей).

*Контроль синхронизма* | предусмотрен / не предусмотрен. Выбирается режим АПВ с контролем (ожиданием) синхронизма.

*Выбор режима АПВ* | Слепое / Ш или Л. В положении переключателя SA «РЕЖИМЫ АПВ» - «Слепое АПВ» может выбираться режим «Слепое АПВ» или «Ш или Л» (для некоторых версий ПО).

## 2 Уставки УРОВ

Пусковой орган по току УРОВ представляет собой три фазных реле тока, действующих по схеме ИЛИ. Он предназначен для возврата схемы УРОВ при отсутствии отказа выключателя и для определения отказавшего выключателя.

### 2.1 Расчет уставки по току срабатывания УРОВ

Уставка по току срабатывания  $I_{cp}$ . ПО УРОВ выбирается меньше минимального тока КЗ, протекающего в месте установки защиты при междуфазных КЗ и КЗ на землю в конце зоны резервирования (практически меньше уставки реле тока четвертой ступени ТЗНП)

$$I_{cp} \leq \frac{I_{кз\ min}}{n_{тт} \cdot k_{ч}},$$

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

$n_{тт}$  – коэффициент трансформации трансформатора тока;

$k_{ч}$  – 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).

Обычно в сетях 110-220 кВ токи междуфазных КЗ больше, чем токи КЗ на землю, поэтому ток  $I_{cp}$  должен быть меньше уставки реле тока IV ступени ТЗНП

$$I_{cp} \leq I_{у\ IV\ ст\ тз\ нп},$$

где  $I_{у\ IV\ ст\ тз\ нп}$  - уставка реле тока IV ступени ТЗНП.

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.

### 2.2 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  $T_{cp\ уров}$  действия УРОВ должна быть с запасом отстроена от выдержки времени действия УРОВ "на себя", максимального времени отключения своего выключателя, времени возврата реле тока УРОВ и время запаса:

$$T_{cp\ уров} = t_{нс} + t_{ов} + t_{вз\ рт} + \Delta t_{зап} = (0,13 \div 0,18) \text{ с},$$

где  $T_{cp\ уров}$  – большая выдержка времени УРОВ, то есть выдержка времени действия УРОВ;

$t_{нс} = 0,02$  с - меньшая выдержка времени действия УРОВ "на себя", то есть выдержка времени действия УРОВ "на себя", на свой ЭМО;

$t_{ов} = (0,03 \div 0,08)$  с – максимальное время отключения выключателя, которое определяется типом выключателя;

$t_{вз\ рт} = 0,03$  с – время возврата реле контроля протекания тока (РТ УРОВ);

$\Delta t_{зап} = 0,05$  с – время запаса.

### 2.3 Назначение программных накладок УРОВ

*Подтверждение пуска УРОВ от сигнала РПВ* | не предусмотрено / предусмотрено. Режим «дублированный пуск», предполагающий одновременно с приёмом сигнала пуска УРОВ контроль возврата дискретного входа КЭС (РПВ), который шунтируется выходным реле защиты, действующим на отключение выключателя. Рекомендуется тщательный анализ возможности использования дублированного пуска при включении новых защит, замене выключателя на ОВ и других действиях, связанных с коммутациями в цепи контакта РПО.

*Действие УРОВ «на себя»* | не предусмотрено / предусмотрено. Режим «автоматическая проверка исправности выключателя» (УРОВ "на себя"), выполняющий действие без выдержки времени на отключение резервируемого выключателя по цепям отключения от УРОВ для случаев, когда прямое действие на отключение выключателя от защит не происходит из-за обрывов в этих цепях.

*Подхват пуска УРОВ от ПО тока УРОВ* | не предусмотрен / предусмотрен. Предусматривается при кратковременном срабатывании защит, когда пуск УРОВ снимается раньше набора выдержки времени УРОВ, например, при возможных кратковременных замыканиях контактов газового реле.

*Пуск УРОВ при действии ЗНФР* | не предусмотрен / предусмотрен. При действии ЗНФР происходит срабатывание выходных цепей УРОВ.

*Пуск УРОВ от внутренних защит* | не предусмотрен / предусмотрен. Пуск работы УРОВ при действии внутренних защит (ДЗ, ТНЗНП, МТЗ и др.).

### 3 Уставки ЗНФ и ЗНФР

Функции ЗНФ и ЗНФР используются для выключателей с пофазным приводом.

Ток срабатывания ПО ЗНФР является током нулевой последовательности  $3I_0$ . На практике выбирается равным току срабатывания последней ступени ТНЗНП.

Времена ЗНФ и ЗНФР зависят от типа выключателя. Время ЗНФ отстраивается от одновременности включения фаз выключателя с учетом времени запаса (узнать либо из паспорта на выключатель, либо практически из опыта). Выдержка времени защиты ЗНФ составляет обычно 0,2–0,3 с.

Выдержка времени ЗНФР выбирается на 0,3 сек большей, чем выдержка времени ЗНФ.

Из практического опыта время ЗНФР составляет:

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

для масляного – 0,4-0,5 с.