

Российское открытое акционерное общество энергетики и электрификации
«ЕЭС России»

ОАО Научно-исследовательский институт по передаче электроэнергии
постоянным током высокого напряжения
(ОАО «НИИПТ»)

УТВЕРЖДАЮ

Научный руководитель,
Д.т.н., профессор

Л.А.Кощев



» февраля 2008 г.

АЛАР-Ц
модификации 02, 03, 04
Методика выбора уставок

НИО-1

Заведующий НИО-1,
к.т.н.

Н.Г. Лозинова

Руководитель работы,
зав. сектором НИО-1,
к.т.н.

М.А. Эдлин

Санкт – Петербург, 2008 г.

Содержание

Введение	3
1. Принцип действия цифрового устройства ликвидации асинхронных режимов АЛАР-Ц	5
1.2. Угловой выявительный орган	5
1.3. Цикловой выявительный орган	7
1.4. Выявительный орган, фиксирующий асинхронный режим синхронных генераторов при коротких замыканиях во внешней сети	7
1.5. Токовый выявительный орган	8
1.6. Блокировки	8
1.7. Выходные сигналы	9
2. Конфигурация и уставки АЛАР-Ц	9
2.1. Конфигурация	9
2.2. Уставки	10
3. Выбор уставок	13
3.1. Задание уставок U_n и I_n	14
3.2. Защита одиночной электропередачи с промежуточным отбором мощности. Первый вариант.	14
3.3. Ограничения применения по условиям промежуточных отборов мощности.	17
3.4. Защита одиночной электропередачи с промежуточным отбором мощности. Второй вариант.	18
3.5. Защита электропередачи цепочечной структуры с электростанциями или большими нагрузками в промежуточных узлах	20
3.6. Замечание по применению АЛАР-Ц при работе ОАПВ	24
3.7. Защита синхронных генераторов	24
Литература	27

Введение

В настоящем документе представлена методика выбора уставок для устройства цифровой автоматики ликвидации асинхронных режимов АЛАР-Ц модификаций 02, 03 и 04, разработанного ОАО НИИПТ совместно с филиалом ОАО «СО-ЦДУ ЕЭС» - ОДУ Северо-Запада и ООО «НПП «Модус». ООО «НПП «Модус» в настоящее время является производителем устройства АЛАР-Ц.

Устройство имеет четыре выявительных органа, фиксирующих возникновение асинхронного режима:

- угловой выявительный орган (УВО),
- цикловой выявительный орган (ЦВО),
- токовый выявительный орган (ТВО),
- выявительный орган, фиксирующий асинхронный режим синхронных генераторов при коротких замыканиях во внешней сети (ВОКЗ).

УВО прогнозирует возникновение АР и вызывает срабатывание устройства до 1-го асинхронного проворота. Этот выявительный орган используется в тех случаях, когда существует реальная опасность возникновения многочастотного АР и когда при первом асинхронном провороте недопустимы глубокие посадки напряжения на подстанциях, находящихся в непосредственной близости от электрического центра качаний. Использование УВО позволяет в большинстве случаев предотвратить АР. Вместе с тем, в редких случаях работа УВО может привести к избыточным срабатываниям устройства в предельных по условиям динамической устойчивости переходных процессах, когда запас динамической устойчивости не превышает 3% (оценка запаса динамической устойчивости производится по загрузке опасного сечения в предаварийном режиме).

ЦВО резервирует работу УВО, а также используется без УВО в тех случаях, когда по условиям работы энергосистемы в защищаемом сечении допустимы $1 \div 2$ асинхронных проворота, но недопустимы избыточные срабатывания в предельных по условиям динамической устойчивости аварийных режимах.

ТВО резервирует работу УВО и ЦВО в тех случаях, когда на устройство не подаются в полном объеме входные сигналы по напряжению. ТВО возможно использовать только в простейших схемах, так как в относительно сложных схемах уставки для этого выявительного органа оказываются зависимыми от исходного режима.

При защите синхронных генераторов также используются УВО и ЦВО. Однако при близких к шинам электростанции коротких замыканиях (КЗ) УВО блокируется. ЦВО блокируется, если КЗ трехфазное. При затянувшихся близких КЗ синхронные генераторы могут совершить первый асинхронный

поворот еще до отключения короткого замыкания. ВОКЗ формирует команду на его отключение во время короткого замыкания.

Методика выбора уставок представлена для УВО, ЦВО и ВОКЗ. Не представлена методика выбора уставок для токового выявительного органа. Этот выявительный орган в устройстве работает так же, как простейшее устройство ликвидации асинхронного режима на реле тока, и методика выбора его уставок подробно изложена в русской технической литературе.

Остальные выявительные органы выполнены по оригинальным алгоритмам. Выбор уставок для них не требует проведения предварительных расчетов асинхронных режимов энергосистем и поэтому важно уметь правильно выбрать уставки, используя только параметры защищаемой схемы.

Помимо выявительных органов в составе устройства АЛАР-Ц реализована функция автоматики предотвращения нарушения устойчивости (АПНУ), с использованием которой возможно управлять выходными реле устройства в зависимости от величины относительного угла по защищаемому участку сети, знака производной этого угла, измеренной величины активной мощности и знака производной активной мощности. Эта функция имеет свой набор уставок. Условия применения функции АПНУ определяются конкретными схемно-режимными условиями той части энергосистемы, в которой устанавливается устройство, и поэтому выбор уставок для этой функции в данном документе не рассматривается.

1. Принцип действия цифрового устройства ликвидации асинхронных режимов АЛАР-Ц

1.2. Угловой выявительный орган

Из уравнений движения двухмашинной энергосистемы следует, что начальной фазой АР можно считать момент прохождения относительным углом между ЭДС синхронных машин (δ) своего критического значения ($\delta_{кр}$), т.к. в этом случае практически ни одно противоаварийное мероприятие не способно предотвратить дальнейшее возрастание относительного угла δ и переход режима работы энергосистемы в асинхронный. Из этих же уравнений следует, что выявление условий перехода системы за критическую точку может быть осуществлено на основе анализа изменения относительного угла по условиям (рис. 1):

$$\text{Sign}(\delta) = \text{Sign}\left(\frac{d\delta}{dt}\right) = \text{Sign}\left(\frac{d^2\delta}{dt^2}\right), \quad (1)$$

$$\frac{\pi}{2} < |\delta| < \pi \quad (2)$$

Действительно, выполнение условия (1) имеет место, когда система находится в начальной стадии АР. Однако одинаковость знаков первой и второй производных угла δ может иметь место и в случае синхронных качаний. Эта ситуация исключается добавлением условия (2).

В угловом выявительном органе АЛАР-Ц проверка условий (1) и (2) осуществляется приближенно по условиям:

$$\text{Sign}(\delta_n) = \text{Sign}\left(\frac{d\delta_n}{dt}\right) = \text{Sign}\left(\frac{d^2\delta_n}{dt^2}\right), \quad (3)$$

$$-X_2 \leq X_{TMN} \leq X_1, \quad (4)$$

$$U_{TMN} < 0.5 \cdot U_{nom}, \quad (5)$$

$$\text{Sign}(\delta_n) \neq \text{Sign}\left(\frac{dP}{dt}\right), \quad (6)$$

которые могут быть проверены с использованием местной информации о режиме контролируемого (защищаемого) участка сети. Здесь: δ_n – разность фаз (относительный угол) между напряжениями по концам защищаемого участка сети (фаза напряжения в начале участка, за сопротивлением X_1 , минус фаза напряжения в конце участка, за сопротивлением X_2), X_{TMN} – реактивное сопротивление участка сети от точки измерений (места установки устройства АЛАР) до точки сети, где напряжение минимально (в асинхронном режиме при соответствующем угле δ между ЭДС эта точка

превращается в электрический центр качаний – ЭЦК), U_{TMN} – напряжение в точке минимального напряжения, X_1, X_2 – уставки, задающие величины реактивных сопротивлений от точки измерений до начала и конца защищаемого участка сети, соответственно, P – переток активной мощности по защищаемому участку сети, $U_{ном}$ – номинальное напряжение сети.

Диаграмма изменения мощности и относительного угла в начальной фазе асинхронного режима

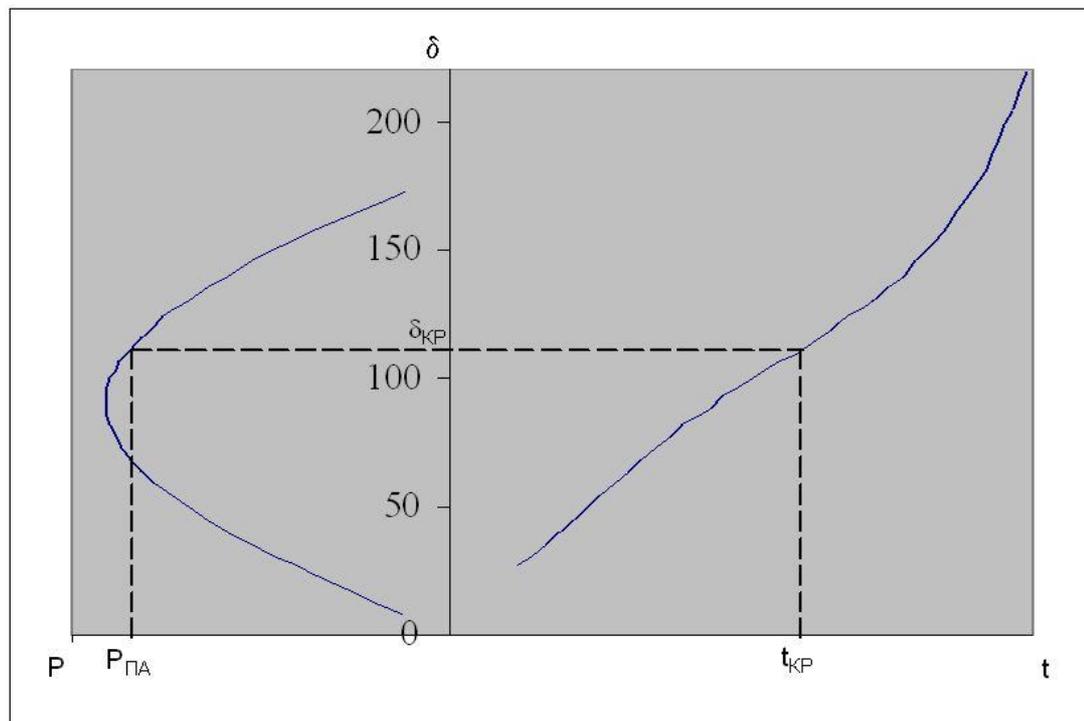


Рис.1

Условие (1) приближенно реализуется условием (3) и (4). Из (4) следует, что предлагаемый способ работает только в том случае, когда ЭЦК находится в пределах контролируемого участка сети. Условие (2) проверяется условием (6).

Очевидно, что условие (6) вполне корректно фиксирует диапазон существования δ_{KP} , задаваемый условием (2). Условие (5) дублирует условие (6), исключая возможность ложной фиксации выполнения этого условия при малых флуктуациях нормального режима и, кроме того, сдвигает нижнюю границу рассматриваемого диапазона изменения угла δ до значений, превышающих $110 \div 120^\circ$. Ограничение этого диапазона по сравнению с задаваемым условием (2) обусловлено тем, что для наиболее вероятных причин нарушения устойчивости по межсистемным связям, связанных с аварийными отключениями участков линий электропередачи и небалансами мощности, δ_{KP} , как правило, близок к 90° , но при этом вывод о неуспешной работе автоматики предотвращения нарушения устойчивости может оказаться преждевременным и избыточным. Поэтому диапазон углов, при которых допускается срабатывание автоматики ликвидации асинхронного режима, уменьшен до $\sim 120^\circ \div 180^\circ$.

В устройстве выявление асинхронного режима по условиям (3) ÷ (6) допускается только в начальной фазе асинхронного режима, до первого асинхронного проворота.

Комплект уставок для углового выявительного органа обеспечивает выбор задержки на его срабатывание в зависимости от направления изменения относительного угла δ_L и местоположения точки минимального напряжения на защищаемом участке сети.

Все переменные, используемые для проверки условий (3) ÷ (6), вычисляются в устройстве АЛАР-Ц по измеряемым токам и напряжениям в месте установки устройства в темпе переходного процесса с периодичностью 20 мс.

1.3. Цикловой выявительный орган

Цикловой выявительный орган реализует известный способ фиксации асинхронного режима путем подсчета заданного числа асинхронных проворотов по изменению относительного фазового угла между напряжениями по концам защищаемого участка сети. Он введен в состав устройства для резервирования работы углового выявительного органа и для обеспечения возможности согласования работы устройства АЛАР-Ц с известными моделями АЛАР, использующими подсчет циклов асинхронных проворотов.

В устройстве значения относительного угла вычисляются в диапазоне от -180° эл. до $+180^\circ$ эл. Асинхронные провороты фиксируются с учетом направления изменения угла по факту перехода его значений через границы вышеуказанного диапазона. Знак проворота считается положительным при возрастании относительного угла. Знак проворота считается отрицательным при убывании относительного угла.

Комплект уставок для этого выявительного органа обеспечивает его срабатывание при заданном количестве проворотов с учетом их направления и местоположения электрического центра качаний.

Если асинхронный режим ликвидируется другим устройством, то сброс накопленного значения счетчика асинхронных проворотов производится по истечении 30 с от момента фиксации последнего проворота.

1.4. Выявительный орган, фиксирующий асинхронный режим синхронных генераторов при коротких замыканиях во внешней сети

При близких, затянувшихся, двухфазных и трехфазных коротких замыканиях (КЗ) синхронный генератор может совершить асинхронный проворот еще до отключения КЗ. В этом случае после отключения КЗ генератор оказывается в асинхронном режиме с относительно высоким скольжением. Подобный режим опасен не только для энергосистемы, но и для генератора, поскольку электромагнитные усилия, возникающие в генераторе при работе в асинхронном режиме с возбуждением, способны привести к его повреждению. В подобных аварийных процессах целесообразно формировать команду на отключение генератора по факту его

первого асинхронного проворота, до отключения КЗ. Эту задачу решает рассматриваемый выявительный орган.

Выявительный орган вступает в работу при фиксации близкого к шинам генератора трехфазного короткого замыкания.

В процессе работы этот выявительный орган вычисляет приращение угла ротора генератора $\Delta\delta_G$ во время короткого замыкания, дважды интегрируя величину снижения активной мощности генератора, ΔP , и формирует команду на срабатывание устройства при выполнении условия:

$$\Delta\delta_G \geq \pi - \delta_{G0},$$

где δ_{G0} – внутренний угол защищаемого генератора в доаварийном режиме.

Необходимо отметить, что использованный способ выявления асинхронного режима синхронного генератора дает правильный результат только в тех случаях, когда во время короткого замыкания механический вращающий момент на валу синхронного генератора остается неизменным и равным доаварийному значению. Это условие выполняется для энергоблоков с паровыми и гидравлическими турбинами. Вместе с тем, в малой энергетике широко используются энергоблоки с газотурбинным и поршневым приводом, оснащенные быстродействующими регуляторами скорости вращения. Вращающий момент на валу этих энергоблоков во время короткого замыкания не остается постоянным. Поэтому применение данного выявительного органа для защиты этих энергоблоков *недопустимо*.

1.5. Токовый выявительный орган

Токовый выявительный орган используется как резервный для углового и циклового выявительных органов. При штатной работе устройства АЛАР-Ц он выведен из работы. Он автоматически вводится в работу только в нештатных ситуациях, характеризующихся пропаданием или длительной несимметрией напряжений на входах АЛАР-Ц, то-есть, когда угловой и цикловой выявительные органы неработоспособны.

Принцип действия токового выявительного органа заключается в подсчете количества периодов колебаний измеряемого тока. При этом учитываются только такие колебания, при которых максимальные значения тока превышают заданную уставку « I_{max} », а минимальные значения принимают значения, меньшие уставки « I_{min} », и при этом длительность периода колебаний не превышает заданной уставки « T_I ».

Токовый выявительный орган приводит к срабатыванию АЛАР-Ц, когда количество зафиксированных колебаний станет равным целочисленной уставке « NI ». Счетчик колебаний сбрасывается после срабатывания устройства, а также в том случае, когда промежуток времени до фиксации очередного колебания превышает уставку T_I .

1.6. Блокировки

Работа УВО блокируется при возникновении в энергосистеме коротких замыканий и несимметричных режимов. Исключение составляют несимметричные режимы, характеризующиеся отключением одной фазы

контролируемой ВЛ (режим ОАПВ контролируемой ВЛ), при которых УВО не блокируется.

Работа ЦВО блокируется только при возникновении в энергосистеме трехфазных коротких замыканий. Во всех остальных случаях ЦВО остается в работе.

Работа ТВО не блокируется.

ВОКЗ выявляет асинхронный проворот синхронного генератора во время короткого замыкания. Его работа также не блокируется.

Работа функции АПНУ блокируется при возникновении в энергосистеме коротких замыканий и несимметричных режимов.

Время восстановления работоспособности выявительных органов после пропадания причины, вызвавшей блокировку, – не более 0.2 с.

Устройство полностью выводится из работы при существовании несимметрии токов ($I_2 > 0.1 \cdot I_1$) в течение промежутка времени, превышающего 10 с.

Работа всех выявительных органов блокируется на 4 с после срабатывания устройства, то-есть после срабатывания любого из выявительных органов и формирования выходного сигнала АЛАР-Ц «Срабатывание».

1.7. Выходные сигналы

При срабатывании УВО, ЦВО, ТВО и ВОКЗ на выходе устройства АЛАР-Ц формируется релейный сигнал «Срабатывание» и один из релейных сигналов «Срабатывание 1» или «Срабатывание 2».

При срабатывании УВО и ЦВО сигнал «Срабатывание 1» формируется в том случае, если подстанция, на которой установлено устройство, находится в тормозящейся части энергосистемы, то есть при увеличении угла δ . Сигнал «Срабатывание 2» формируется в том случае, когда при срабатывании устройства подстанция, на которой оно установлено, находится в ускоряющейся части энергосистемы, то есть при уменьшении угла δ .

При срабатывании ТВО и ВОКЗ всегда вместе с сигналом «Срабатывание» формируется сигнал «Срабатывание 1»

2. Конфигурация и уставки АЛАР-Ц

2.1. Конфигурация

Конфигурирование устройства подразумевает возможность ввода или вывода из работы любого из четырех выявительных органов и функции АПНУ.

Все выявительные органы и функция АПНУ могут вводиться в работу независимо при задании конфигурации устройства. Токвый выявительный орган, если он введен в конфигурации устройства, резервирует угловой и цикловой выявительные органы и вводится в работу только в том случае, когда устройство фиксирует неисправность в измерительных цепях напряжения (несимметрия напряжения или его отсутствие в течение промежутка времени, превышающего 10 с).

Вывод из работы токового выявительного органа при конфигурировании устройства исключает возможность автоматического ввода в работу этого выявительного органа при возникновении длительной несимметрии или пропадании измеряемого напряжения.

Одновременная работа функции АПНУ и любых выявительных органов АЛАР недопустима. Поэтому программа конфигурации устройства АЛАР-Ц предусматривает автоматическое выведение из работы всех выявительных органов АЛАР при введении в работу функции АПНУ и автоматическое выведение из работы функции АПНУ при введении в работу любого выявительного органа АЛАР-Ц.

2.2. Уставки

В устройстве АЛАР-Ц предусмотрена возможность хранения и использования двух комплектов уставок. Переключение на второй комплект уставок осуществляется путем подачи дискретного сигнала на вход «2-Уст» устройства. Уставки подразделяются на общие, используемые в нескольких выявительных органах, и индивидуальные – уставки каждого выявительного органа.

В каждом комплекте задаются следующие уставки.

Общие уставки:

- U_n – номинальное линейное напряжение (в кВ) обмотки ВН измерительного трансформатора напряжения;
- I_n – номинальный ток (в кА) обмотки ВН измерительного трансформатора тока;
- X₁ – реактивное сопротивление первой части защищаемого участка сети, расположенного в направлении элемента сети (линии, трансформатора), ток которого измеряется устройством;
- R₁ – активное сопротивление первой части защищаемого участка сети;
- X₂ – реактивное сопротивление второй части защищаемого участка сети, располагающейся от точки измерений в направлении противоположном первой части;
- R₂ – активное сопротивление второй части защищаемого участка сети;
- Z_{1>} – доля защищаемого участка, отводимая 1-й зоне защиты при возрастании угла по контролируемому участку сети;
- Z_{1<} – доля защищаемого участка, отводимая 1-й зоне защиты при убывании угла по контролируемому участку сети;

Уставки углового выявительного органа:

- Tz_{1>} – выдержка времени на срабатывание углового выявительного органа при нахождении точки минимального напряжения в 1-й зоне защиты при возрастании относительного угла по контролируемому участку сети;
- Tz_{1<} – выдержка времени на срабатывание углового выявительного органа при нахождении точки минимального напряжения в 1-й

зоне защиты при убывании относительного угла по контролируемому участку сети;

$Tz2>$ – выдержка времени на срабатывание углового выявительного органа при нахождении точки минимального напряжения во 2-й зоне защиты при возрастании относительного угла по контролируемому участку сети;

$Tz2<$ – выдержка времени на срабатывание углового выявительного органа при нахождении точки минимального напряжения во 2-й зоне защиты при убывании относительного угла по контролируемому участку сети;

Уставки циклового выявительного органа:

$Nc>$ – количество асинхронных проворотов, необходимых для срабатывания циклового выявительного органа при возрастании относительного угла;

$Nc<$ – количество асинхронных проворотов, необходимых для срабатывания циклового выявительного органа при убывании относительного угла;

$NcZ>$ – номер очередного цикла асинхронных проворотов, при достижении которого АЛАР-Ц срабатывает, если асинхронный режим характеризуется возрастанием угла по контролируемому участку сети и в указанном цикле асинхронных проворотов электрический центр качаний (ЭЦК) находится в зоне, задаваемой уставкой $ZNc>$;

$ZNc>$ – номер зоны, определяемой в соответствии с уставкой $Z1>$, в которой должен находиться ЭЦК при фиксации асинхронного проворота с номером, задаваемым уставкой $NcZ>$;

$NcZ<$ – номер очередного цикла асинхронных проворотов, при достижении которого АЛАР-Ц срабатывает, если асинхронный режим характеризуется убыванием угла по контролируемому участку сети и в указанном цикле асинхронных проворотов ЭЦК находится в зоне, задаваемой уставкой $ZNc<$;

$ZNc<$ – номер зоны, определяемой в соответствии с уставкой $Z1<$, в которой должен находиться ЭЦК при фиксации асинхронного проворота с номером, задаваемым уставкой $NcZ<$;

Уставки токового выявительного органа:

$Imin$ – уставка минимального тока для токового выявительного органа;

$Imax$ – уставка максимального тока для токового выявительного органа;

Tl – уставка максимальной длительности периода колебаний, фиксируемых токовым выявительным органом;

NI – количество колебаний, при фиксации которых происходит срабатывание токового выявительного органа.

Уставки выявительного органа, фиксирующего асинхронный режим синхронных генераторов при коротких замыканиях:

$P_{гн}$ – номинальная активная мощность защищаемого генератора в МВт;

T_j – постоянная инерции генераторного агрегата в с;

X_q – синхронное реактивное сопротивление генератора в Ом.

Подробно допустимые диапазоны уставок и дискретность их задания для различных модификаций устройства приведены в руководстве по эксплуатации АЛАР-Ц [1].

Уставки R_1 , X_2 и R_2 могут быть заданы равными 0. Недопустимо задавать равной 0 уставку X_1 .

Упрощенная схема подключения устройства АЛАР-Ц и расположение частей защищаемого участка сети представлены на рис 2.

Первая зона защиты, определяемая уставками $Z1>$ и $Z1<$, располагается по обе стороны от места установки устройства (точки измерений). Ее протяженность в направлении первой части защищаемого участка сети составляет $\frac{Z1 \cdot X1}{100}$ по реактивной составляющей и $\frac{Z1 \cdot R1}{100}$ по активной составляющей сопротивления участка сети. Аналогично, в обратном направлении протяженность первой зоны составляет $\frac{Z1 \cdot X2}{100}$ и $\frac{Z1 \cdot R2}{100}$ соответственно по реактивной и активной составляющим сопротивления второй части защищаемого участка сети (рис. 2). Протяженность первой зоны защиты зависит от направления изменения относительного угла. Ко второй зоне защиты относятся части защищаемого участка, не попадающие в первую зону.

Схема подключения устройства АЛАР-Ц и расположение частей защищаемого участка

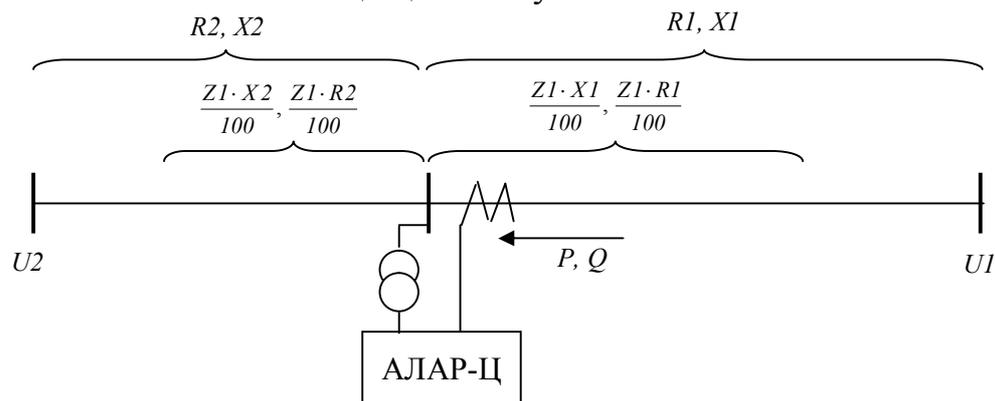


Рис. 2

Угловой вывигательный орган срабатывает в 1-й зоне защиты, когда реактивное сопротивление от места установки устройства до точки минимального напряжения, X_{TMN} , находится в пределах этой зоны. В противном случае, когда точка минимального напряжения находится в пределах защищаемого участка сети, но вне первой зоны защиты, угловой вывигательный орган срабатывает во второй зоне защиты.

Выдержка времени при срабатывании устройства от углового выявительного органа в первой зоне защиты задается уставками $Tz1>$ и $Tz1<$.

Уставка $Tz1>$ используется в том случае, если величина относительного угла между напряжениями по концам защищаемого участка сети ($\angle U1 - \angle U2$) возрастает, при этом протяженность первой зоны защиты определяется уставкой $Z1>$. В этом асинхронном режиме часть энергосистемы, расположенная со стороны точки 1 (рис.2), ускоряется относительно части энергосистемы, расположенной со стороны точки 2.

Если при возникновении асинхронного режима относительный угол уменьшается, то протяженность первой зоны защиты определяется уставкой $Z1<$, а выдержка времени на срабатывание – уставкой $Tz1<$. В этом режиме часть энергосистемы, расположенная со стороны точки 1 (рис.2), тормозится относительно части энергосистемы, расположенной со стороны точки 2. Аналогичным образом в устройстве используются уставки $Tz2>$ и $Tz2<$ при срабатывании от углового выявительного органа во второй зоне защиты.

Уставки $Nc>$, $Nc<$ циклового выявительного органа работают без учета зон защиты. То-есть, счетчик проворотов циклового выявительного органа считает все провороты, при которых ЭЦК находится в пределах защищаемого участка сети, и если количество сосчитанных проворотов становится равным $Nc>$ при возрастании относительного угла, или – $-Nc<$ при убывании относительного угла, то цикловой выявительный орган формирует команду на срабатывание устройства АЛАР-Ц.

Уставки $NcZ>$, $ZNc>$ и $NcZ<$, $ZNc<$ задают срабатывание циклового выявительного органа при числе проворотов, задаваемом уставками $NcZ>$ и $NcZ<$, и только в том случае, если при последнем асинхронном провороте ЭЦК находился в зоне, задаваемой уставками $ZNc>$ и $ZNc<$.

Так, например, можно задать, чтобы устройство сработало после 1-го проворота только в том случае, если ЭЦК находится в первой зоне ($NcZ> = 1$, $ZNc> = 1$). При этом, если при первом асинхронном провороте ЭЦК не будет находиться в первой зоне защиты, то устройство не работает. На следующих асинхронных проворотах срабатывание устройства не зависит от этих уставок. Величина сопротивления от места установки устройства до ЭЦК определяется по величине сопротивления до точки минимального напряжения (X_{TMN}) в момент асинхронного проворота. При задании $NcZ> = 0$ и/или $NcZ< = 0$, срабатывание АЛАР-Ц по этим условиям запрещается.

3. Выбор уставок

В данном разделе рассматриваются методы совместного выбора уставок углового и циклового выявительных органов АЛАР-Ц для тех случаев использования устройства, когда цикловой выявительный орган резервирует работу углового выявительного органа. Также рассматриваются методы совместного выбора уставок углового и циклового выявительных органов и выявительного органа, фиксирующего асинхронный режим генератора во время короткого замыкания, при защите от асинхронных режимов синхронных генераторов.

Не рассматривается методика выбора уставок для токового выявительного органа и функции АПНУ.

3.1. Задание уставок U_n и I_n

В большинстве случаев уставки U_n и I_n задаются по паспортным данным измерительных трансформаторов напряжения и тока. (При этом предполагается, что номинальные значения напряжения и тока во вторичных цепях измерительных трансформаторов соответствуют номинальному входному напряжению и току АЛАР-Ц.)

Некоторые сложности могут возникнуть в том случае, когда АЛАР-Ц подключается к двум или большему количеству параллельно включенных элементов сети. При этом для подключения токовых цепей используется промежуточный суммирующий трансформатор тока, обеспечивающий одинаковые коэффициенты трансформации по каждому из суммируемых токов. В этом случае в качестве I_n задается суммарное значение первичных токов, при которых токи выходных обмоток суммирующего трансформатора равны номинальному входному току АЛАР-Ц.

3.2. Защита одиночной электропередачи с промежуточным отбором мощности. Первый вариант.

Предполагается, что защищаемая электропередача связывает между собой два энергорайона (или энергорайон и электростанцию) и в точках ее примыкания напряжение поддерживается вблизи номинального значения за счет расположенных поблизости электростанций или иных регулируемых источников реактивной мощности. Полагаем, что электропередача представляет собой цепочечную схему, в одной или нескольких точках которой могут быть подключены потребители, но не электростанции (рис. 3). В наиболее общем случае переток активной мощности может иметь любое направление.

В данном разделе рассматривается вариант расположения основного и резервного устройств АЛАР-Ц на концах электропередачи (в точках 1 и 4, рис. 3). При этом при наличии на электропередаче промежуточных отборов мощности для минимизации небаланса активной мощности после деления, настройку уставок в устройствах следует производить таким образом, чтобы промежуточная нагрузка всегда оставалась вместе с ускоряющейся частью энергосистемы. Если промежуточные отборы мощности отсутствуют, то при возникновении асинхронного режима допустимо его отключение с любой стороны или одновременно с двух сторон любым из устройств.

3.2.1. Задание уставок X_1 , R_1 , X_2 , R_2 .

Для каждого из устройств защищаемым участком сети является защищаемая электропередача, суммарные реактивное и активное сопротивления которой должны задаваться в качестве уставок X_1 и R_1 для обоих устройств АЛАР-Ц. В том случае, если некоторые из участков электропередачи выполнены в виде нескольких параллельных ВЛ, то при задании X_1 и R_1 следует исходить из наиболее пессимистического варианта

состава сети электропередачи, когда одна из параллельных ВЛ выведена в ремонт, а вторая отключается при аварийном возмущении (если, конечно, в составе электропередачи есть, как минимум, два двухцепных участка и в послеаварийной схеме, до деления, связь сохраняется).

Не следует опасаться того, что при полном составе сети электропередачи устройства АЛАР-Ц будут выявлять асинхронный режим внутри объединяемых энергорайонов, за пределами точек примыкания электропередачи. Вследствие того, что напряжения по концам электропередачи поддерживаются близкими к номинальным значениям, устройства АЛАР-Ц способны зафиксировать точку минимального напряжения, переходящую в ЭЦК, только между точками примыкания электропередачи.

Для схемы, представленной на рис. 3:

$$X1 = X12 + X23 + X34, R1 = R12 + R23 + R34.$$

Уставки $X2$ и $R2$ задаются равными 0, поскольку зона защиты для каждого из устройств располагается только в одном направлении от их места установки.

Схема связи двух энергорайонов электропередачей с промежуточными отборами мощности

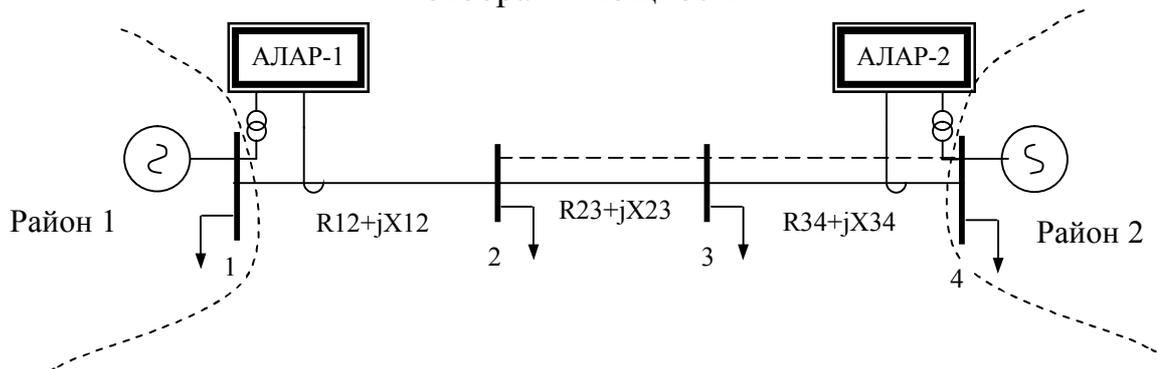


Рис. 3.

3.2.2. Задание уставок $Z1>$, $Z1<$, $Tz1>$, $Tz1<$, $Tz2>$, $Tz2<$.

Так как в рассматриваемом случае не нужно согласовывать работу основного и резервного устройств с устройствами, защищающими смежные участки сети, то срабатывание устройств АЛАР не должно зависеть от места расположения ЭЦК и поэтому для обоих устройств уставки $Z1>$ и $Z1<$ задаются равными 100% (вторые зоны отсутствуют). Соответственно, уставки $Tz2>$ и $Tz2<$ могут иметь любые допустимые значения (например, $Tz2> = 0$, $Tz2< = 0$), поскольку из-за отсутствия второй зоны они использоваться не будут.

Уставки $Tz1>$ и $Tz1<$ определяют выдержку времени на срабатывание каждого из устройств в зависимости от места расположения устройства и характеристик возникающего асинхронного режима.

Если при возникновении АР АЛАР-Ц фиксирует возрастание относительного угла по защищаемому участку сети, то это свидетельствует о

том, что данное устройство находится в тормозящейся части энергосистемы и оно будет срабатывать с выдержкой времени $Tz1>$. Исходя из требования минимизации небаланса активной мощности, деление энергосистемы следует производить вблизи точки примыкания электропередачи к тормозящейся части энергосистемы. Следовательно, величина $Tz1>$ должна быть минимальной, поэтому выбираем $Tz1> = 0$. В данном переходном процессе это устройство играет роль основного.

(Необходимо отметить, что здесь и далее все уставки, в обозначении которых использован знак «>», работают, когда устройство является основным, а все уставки, в обозначении которых использован знак «<», работают, когда устройство является резервным.)

Устройство, расположенное с другой стороны электропередачи, в этом процессе зафиксировывает убывание относительного угла по защищаемому участку сети. Это свидетельствует о том, что данное устройство находится в ускоряющейся части энергосистемы и оно должно работать как резервное устройство. Поскольку и основное, и резервное устройство для выявления АР используют местные входные сигналы (токи и напряжения), то в соответствии с принципом действия УВО, моменты времени, когда начинают выполняться условия его срабатывания ((3) ÷ (6)), на основном и резервном устройствах могут заметно отличаться. Для исключения возможности срабатывания обоих устройств одновременно или с небольшой разницей во времени, выдержка времени $Tz1<$ задается максимально возможной: $Tz1< = 0.98$ с. При этом в первом асинхронном провороте резервное устройство, скорее всего, не сработает, а если и сработает, то тогда, когда будет очевидно, что основное устройство не сработало.

В том случае если защищаемый участок сети не имеет промежуточных подстанций, то в этом случае не важно, какое из устройств АЛАР производит деление при возникновении АР. В этой ситуации допустимо одновременное срабатывание основного и резервного устройств, и тогда уставка $Tz1<$ может быть выбрана равной 0.

3.2.3. Задание уставок $Nc>$, $Nc<$, $NcZ>$, $ZNc>$, $NcZ<$, $ZNc<$

Вследствие того, что в рассматриваемой схеме нет деления на зоны, уставки $NcZ>$ и $NcZ<$, задаются равными 0 и, таким образом, исключаются из условий срабатывания циклового выявительного органа.

Цикловой выявительный орган устройства, расположенного в тормозящейся части энергосистемы, работает в соответствии с уставкой $Nc>$. Поскольку, в соответствии с требованием минимизации небаланса активной мощности при делении, это устройство должно работать в качестве основного, то величина уставки $Nc>$ задается равной 1 ($Nc> = 1$).

Цикловой выявительный орган устройства, расположенного в ускоряющейся части энергосистемы, работает в соответствии с уставкой $Nc<$. Это устройство должно работать в качестве резервного, поэтому величина уставки $Nc<$ задается равной 2 ($Nc< = 2$).

Если защищаемый участок сети не имеет промежуточных отборов мощности, то допустимо задавать $Nc< = Nc> = 1$. При этом и основное, и

резервное устройство сработают одновременно после фиксации первого асинхронного проворота.

3.2.4. Подключение выходных сигналов

При рассматриваемой расстановке устройств устройство АЛАР-1 всегда отключает связь 1 – 2, а устройство АЛАР-2 – связь 3 – 4. В этих условиях для управления выключателями на каждом из устройств могут быть использованы либо выходные контакты реле «Срабатывание», либо параллельное соединение контактов выходных реле «Срабатывание 1» и «Срабатывание 2».

3.2.5. Итоговый комплект уставок

Итоговые значения уставок для рассматриваемого варианта расстановки устройств приведены в таблице 2.

Таблица 2

№	Обозначение	Ед. измерения	Значения
1	X1	Ом	X12 + X23 + X34
2	R1	Ом	R12 + R23 + R34
3	X2	Ом	0
4	R2	Ом	0
5	Z1>	%	100
6	Z1<	%	100
7	Tz1>	с	0
8	Tz1<	с	0.98 (0)
9	Tz2>	с	любое
10	Tz2<	с	любое
11	Nc>	-	1
12	Nc<	-	2 (1)
13	NcZ>	-	0
14	NcZ<	-	0
15	ZNc>	-	1
16	ZNc<	-	1

В строках 8 и 12 в скобках даны значения уставок, которые могут быть приняты в том случае, если защищаемый участок сети не содержит промежуточных подстанций и при возникновении АР может быть отключен любым из устройств АЛАР или обоими устройствами одновременно.

3.3. Ограничения применения по условиям промежуточных отборов мощности.

Надежная работа устройств АЛАР-Ц, включенных по схеме, представленной на рис. 3, возможна только при определенных ограничениях на величину нагрузок в промежуточных узлах электропередачи.

Как показали многочисленные исследования и расчеты, надежная работа АЛАР-Ц будет гарантирована в том случае, если суммарная величина нагрузки, подключенной на каждом из направлений защищаемого

устройством участка сети, не превышает 20% от величины перетока на отправном конце защищаемого участка сети в предельном по условиям статической устойчивости режиме работы сечения, в состав которого входит этот участок сети.

Если величина промежуточной нагрузки выходит за указанные ограничения, то для защиты от асинхронных режимов необходимо устанавливать устройства АЛАР-Ц в промежуточных точках электропередачи. Так, если суммарная нагрузка, подключенная в узлах 2 и 3 электропередачи (рис. 3), выходит за указанное ограничение, а величина каждой из нагрузок не превышает 20% от пропускной способности защищаемого участка сети, то устройства АЛАР-Ц могут быть установлены, например, так, как показано на рис. 4.

Расстановка устройств АЛАР-Ц при суммарной нагрузке в узлах 2 и 3, превышающей допустимое значение

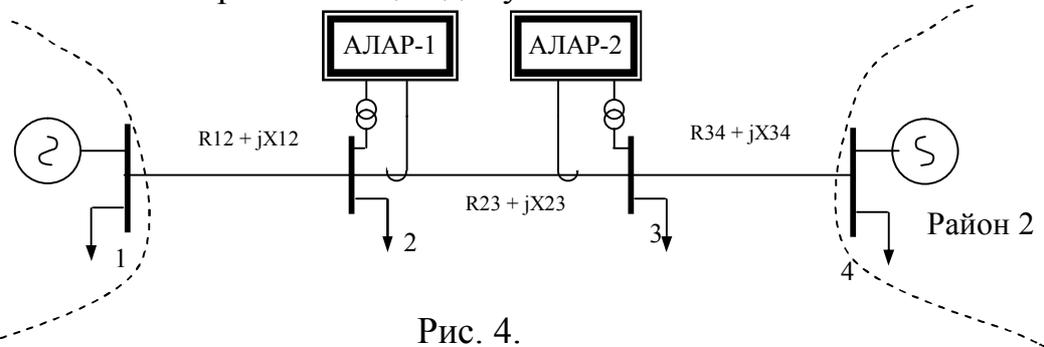


Рис. 4.

Выбор уставок для каждого из устройств в этом случае рассмотрен в разделе 3.4.

При большем количестве промежуточных подстанций с большими нагрузками необходимо устанавливать устройства АЛАР-Ц в промежуточных точках электропередачи, защищая отдельные участки сети. Выбор уставок для подобной расстановки устройств рассмотрен в разделе 3.5.

3.4. Защита одиночной электропередачи с промежуточным отбором мощности. Второй вариант.

Расстановка устройств АЛАР, показанная на рис. 4, может оказаться предпочтительной не только из-за большой величины промежуточных отборов мощности, но и в тех случаях, когда режимы электропередачи таковы, что деление по связи 2 – 3 обеспечивает минимальные небалансы мощности в разделяющихся частях энергосистемы.

3.4.1. Задание уставок X1, R1, X2, R2.

Так же, как и ранее (см. раздел 3.2.1), исходим из пессимистического варианта состава сети. В рассматриваемом варианте расстановки устройств значения уставок – свои для каждого из устройств. При этом в каждом из устройств появляются ненулевые значения уставок X2 и R2. Величины уставок для каждого из устройств указаны в таблице 4.

Таблица 4

Обозначение	Ед. измерения	АЛАР-1	АЛАР-2
X1	Ом	X23+X34	X12 + X23
R1	Ом	R23+R34	R12 + R23
X2	Ом	X12	X34
R2	Ом	R12	R34

3.4.2. Задание уставок $Z1>$, $Z1<$, $Tz1>$, $Tz1<$, $Tz2>$, $Tz2<$.

Здесь так же, как и в разделе 3.2.2, срабатывание устройств не должно зависеть от места расположения ЭЦК и поэтому для обоих устройств уставки $Z1>$ и $Z1<$ задаются равными 100%, и уставки $Tz2>$ и $Tz2<$ могут иметь любые допустимые значения.

При выборе значений уставок $Tz1>$ и $Tz1<$, исходя из приоритета отключения связи со стороны тормозящейся подстанции, на обоих устройствах выбираем: $Tz1> = 0$, $Tz1< = 0.98$ с.

В том случае, если деление энергосистемы при возникновении АР всегда осуществляется путем отключения участка 2 – 3 (рис. 4) и этот участок не имеет промежуточных подстанций, не важно, какое из устройств АЛАР производит деление при возникновении АР. В этой ситуации допустимо одновременное срабатывание основного и резервного устройств и уставка $Tz1<$ может быть выбрана равной 0.

3.4.3. Задание уставок $Nc>$, $Nc<$, NcZ , $ZNc>$, $NcZ<$, $ZNc<$

Эти уставки задаются точно такими же, как и в первом варианте расстановки устройств АЛАР-Ц. Для обоих устройств:

$$NcZ> = 0, ZNc> = 1, NcZ< = 0, ZNc< = 1, Nc> = 1, Nc< = 2.$$

Если допустимо одновременное срабатывание основного и резервного устройств, то можно задать $Nc< = 1$.

3.4.4. Подключение выходных сигналов

Если принятая расстановка устройств АЛАР вызвана необходимостью при делении всегда отключать связь 2 – 3, то, как и в разделе 3.2.4, для управления выключателями, отключающими связь 2 – 3, на каждом из устройств могут быть использованы либо выходные контакты реле «Срабатывание», либо параллельное соединение контактов выходных реле «Срабатывание 1» и «Срабатывание 2».

Если же рассматриваемая расстановка устройств обусловлена большими промежуточными отборами мощности, то, возможно, деление энергосистемы целесообразно проводить путем отключения связи 1 – 2, когда Район 1 тормозится относительно Района 2, либо – отключения связи 3 – 4, когда Район 1 ускоряется относительно Района 2. При этом выходы устройства АЛАР-1 должны подключаться на отключение связи 1 – 2, а выходы устройства АЛАР-2 – на отключение связи 3 – 4.

3.4.5. Итоговый комплект уставок

Итоговые значения уставок для рассматриваемого варианта расстановки устройств приведены в таблице 5.

Таблица 5

№	Обозначение	Ед. измерения	АЛАР-1	АЛАР-2
1	X1	Ом	X23+X34	X12 + X23
2	R1	Ом	R23+R34	R12 + R23
3	X2	Ом	X12	X34
4	R2	Ом	R12	R34
5	Z1>	%	100	100
6	Z1<	%	100	100
7	Tz1>	с	0	0
8	Tz1<	с	0.98 (0)	0.98 (0)
9	Tz2>	с	любое	любое
10	Tz2<	с	любое	любое
11	Nc>	-	1	1
12	Nc<	-	2 (1)	2 (1)
13	NcZ>	-	0	0
14	NcZ<	-	0	0
15	ZNc>	-	1	1
16	ZNc<	-	1	1

Так же, как и в разделе 3.2.5, в скобках приведены значения уставок для случая, когда допустимо одновременное срабатывание основного и резервного устройств.

3.5. Защита электропередачи цепочечной структуры с электростанциями или большими нагрузками в промежуточных узлах

Фрагмент схемы этого типа и расстановка устройства АЛАР-Ц в ней представлены на рис 5. Эта схема отличается от схемы, представленной на рис. 3 и 4, тем, что здесь в каждом из промежуточных узлов подключена либо электростанция, либо синхронная двигательная нагрузка, либо обычная нагрузка, величина которой выходит за ограничения, рассмотренные в разделе 3.3. При этом предполагается, что электростанции и нагрузки располагаются в сети низкого напряжения и участки сети, связывающие шины подстанций 1, 2, 3, ... с электростанциями, защищены устройствами АЛАР. Кроме того, каждый из участков сети 1 – 2, 2 – 3 и т.д., может иметь промежуточную нагрузку, величина которой не превышает ограничений, рассмотренных в разделе 3.3. В рассматриваемой схеме каждый участок сети должен защищаться своим комплектом устройств АЛАР-Ц.

Расстановка устройств АЛАР-Ц на электропередаче цепочечной структуры

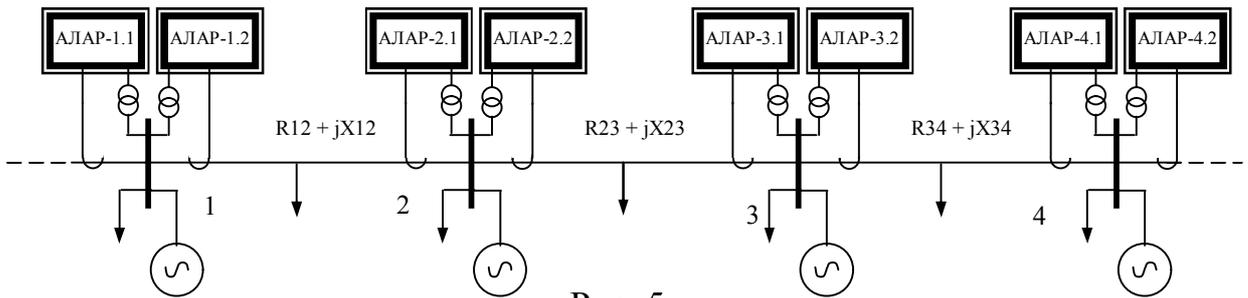


Рис. 5

3.5.1. Задание уставок $X1$, $R1$, $X2$, $R2$.

Положим, что в возникающем асинхронном режиме вектора напряжений подстанции 1 и 2 тормозятся относительно векторов напряжений подстанций 3 и 4. Будем выбирать уставки для устройств АЛАР-2.2 и АЛАР-3.1. Уставки для остальных устройств будут выбираться аналогично.

При выборе уставок полагаем, что погрешность задания параметров защищаемого участка относительно каталожных данных не превышает 10%. Эта погрешность обусловлена как фактическим отличием R и X защищаемого участка от каталожных данных, так и погрешностями в измерениях токов и напряжений, вносимыми как самим устройством, так и измерительными трансформаторами тока (в наибольшей степени) и напряжения.

Таким образом, в качестве уставок $X1$, $R1$, $X2$, $R2$ для обоих устройств примем:

$$X1 = 1.1 \cdot X23, R1 = 1.1 \cdot R23.$$

При таком выборе уставок зона защиты каждого из устройств наверняка будет охватывать шины удаленной подстанции и, в случае отказа устройства на одной из ПС и расположении ТМН (ЭЦК) на защищаемой ВЛ вблизи шин этой ПС, второе устройство наверняка «увидит» возникающий асинхронный режим.

Шины подстанции, на которой установлено устройство, входят в его зону защиты при задании $X2 = 0$, $R2 = 0$. Однако из-за погрешности измерений токов и напряжений шины ПС могут оказаться вне зоны защиты. Поэтому для надежного попадания шин ПС в зону защиты устройства следует задавать:

$$X2 = 2 \cdot \delta_U \cdot U_n / I_n, R2 = R1 \cdot X2 / X1,$$

где δ_U – погрешность измерения напряжения, $\delta_U = 0.01$ (0.5% – измерительный трансформатор напряжения + 0.5% – погрешность измерения напряжения устройством).

(Погрешность определения точки минимального напряжения (при провороте – точки ЭЦК) вблизи места установки устройства определяется соотношением: $\Delta X_{TMN} = \delta_U / I$. Чем больше ток, тем меньше погрешность. В момент асинхронного проворота ток, как правило, больше номинального. Поэтому с некоторым запасом принимаем, что $I = I_n$. Для задания уставки $X2$

берем удвоенную величину погрешности, чтобы шины ПС всегда находились в 1-й зоне защиты.)

3.5.2. Задание уставок $Z1>$, $Z1<$, $Tz1>$, $Tz1<$, $Tz2>$, $Tz2<$.

С учетом погрешности знания параметров защищаемого участка сети для каждого из устройств АЛАР-2.2 и АЛАР-3.1 выбираем величины 1-й зоны защиты равные 90% от каталожных данных или 81% от уставок $X1$ и $R1$:

$$Z1> = 81\%, Z1< = 81\%.$$

При принятом направлении развития АР (ПС 1 и 2 тормозятся, а ПС 3 и 4 ускоряются) и наличии на защищаемом участке промежуточных отборов мощности отключение участка 2 – 3 должно производиться со стороны ПС2 устройством АЛАР-2.2, которое в данном случае выполняет роль основного. Уставка $Tz1>$ этого устройства должна быть минимальна: $Tz1> = 0$.

Во второй зоне защиты работа УВО основного устройства с выдержкой времени равной 0 недопустима, так как вторая зона может охватывать часть смежного участка сети 3 – 4. Работа УВО основного устройства с ненулевой выдержкой времени может привести к отключению подстанции 3 с двух сторон. Это может произойти в том случае, когда ТМН в процессе развития АР перемещается с участка 2- 3 на участок 3 – 4. При этом может получиться так, что АЛАР-2.2 и АЛАР-3.2 в его первой зоне защиты сработают практически одновременно. Таким образом, выбираем значение $Tz2>$ максимально возможным: $Tz2> = 0.98$ с.

Для исключения возможности одновременного срабатывания основного и резервного устройства (см. раздел 3.2.2), значения уставок по времени на резервном устройстве выбираются максимальными:

$$Tz1< = 0.98 \text{ с}, \quad Tz2< = 0.98 \text{ с}.$$

В случае, когда защищаемый участок сети не содержит промежуточных отборов мощности и допустимо его одновременное отключение с двух сторон, уставка $Tz1<$ может быть задана равной 0. Уставку $Tz2<$ в этом случае следует оставить равной 0.98 с, так как ее уменьшение может привести к избыточному срабатыванию резервного устройства в случае, когда ЭЦК находится на смежной ВЛ, примыкающей к шинам подстанции, на которой установлено основное устройство, но при этом находится в пределах второй зоны защиты резервного устройства.

3.5.3. Задание уставок $Nc>$, $Nc<$, $NcZ>$, $ZNc>$, $NcZ<$, $ZNc<$

ЦВО на основном устройстве должен сработать как можно раньше, то есть на первом цикле. Безопасно срабатывать на первом цикле допустимо только в первой зоне защиты, так как вторая зона защиты может охватывать смежный участок сети (в рассматриваемом случае 3 – 4), и если ЭЦК будет располагаться на нем, то одновременно могут сработать АЛАР-2.2 и АЛАР-3.2. Таким образом, для ЦВО основного устройства выбираем:

$NcZ> = 1$, $ZNc> = 1$ – эти уставки обеспечивают срабатывание ЦВО в первой зоне на первом цикле;

$N_{c>} = 2$ – на втором цикле асинхронных проворотов ЦВО основного устройства будет срабатывать при расположении ЭЦК в любой точке защищаемого участка сети.

Для согласования с основным устройством, на резервном устройстве АЛАР-Ц ЦВО должен срабатывать на третьем и четвертом циклах асинхронных проворотов. При этом на третьем цикле срабатывание должно происходить только в первой зоне защиты, а на четвертом цикле – на всем защищаемом участке сети. Такая работа ЦВО резервного устройства обеспечивается заданием следующих уставок:

$N_{cZ<} = 3$, $Z_{Nc<} = 1$ – эти уставки обеспечивают срабатывание ЦВО в первой зоне на третьем цикле;

$N_{c<} = 4$ – на четвертом цикле асинхронных проворотов ЦВО резервного устройства будет срабатывать при расположении ЭЦК в любой точке защищаемого участка сети.

Для случая, когда защищаемый участок сети не содержит промежуточных отборов мощности и допустимо его одновременное отключение с двух сторон, ЦВО резервного устройства может срабатывать на первом цикле в первой зоне защиты. Это обеспечивается заданием уставок: $N_{cZ<} = 1$, $Z_{Nc<} = 1$.

Уставка $N_{c<}$ в этом случае может быть задана равной 3 если участок 1 – 2 также не содержит промежуточной нагрузки и уставка $N_{cZ<}$ устройства АЛАР-2.1 равна 1. В противном случае уставку $N_{c<}$ следует оставить равной 4 для согласования с работой ЦВО устройства АЛАР-2.1.

3.5.4. Итоговые комплекты уставок

Итоговые значения уставок для рассмотренных вариантов с наличием или отсутствием промежуточной нагрузки на защищаемом участке сети представлены в таблице 6.

Таблица 6

№	Обозначение	Ед. измерения	Значения при наличии нагрузки	Значения при отсутствии нагрузки
1	X1	Ом	1.1·X23	1.1·X23
2	R1	Ом	1.1·R23	1.1·R23
3	X2	Ом	$2 \cdot \delta_U \cdot U_H / I_H$	$2 \cdot \delta_U \cdot U_H / I_H$
4	R2	Ом	R1·X2/X1	R1·X2/X1
5	Z1>	%	81	81
6	Z1<	%	81	81
7	Tz1>	с	0	0
8	Tz1<	с	0.98	0
9	Tz2>	с	0.98	0.98
10	Tz2<	с	0.98	0.98
11	$N_{c>}$	-	2	2
12	$N_{c<}$	-	4	3(4)
13	$N_{cZ>}$	-	1	1

14	NcZ<	-	3	1
15	ZNc>	-	1	1
16	ZNc<	-	1	1

Если недопустима работа УВО, то УВО должен быть выведен из работы на обоих устройствах. При этом ЦВО остается в работе с уставками, представленными в строках 11 – 16 таблицы 6.

3.6. Замечание по применению АЛАР-Ц при работе ОАПВ

Как было указано в разделе 1.6, в устройствах АЛАР-Ц версий 02, 03 и 04 цикловой выявительный орган не блокируется в несимметричных режимах работы сети и, в частности, при работе ОАПВ, а угловой выявительный орган не блокируется при работе ОАПВ на контролируемой ВЛ. Работа ОАПВ на контролируемой ВЛ в устройстве выявляется автоматически по факту наличия несимметрии измеряемого тока при отсутствии тока в одной из фаз.

Отсутствие блокировки выявительных органов при ОАПВ позволяет использовать одно и то же устройство для ликвидации АР, возникающих как при нормальном состоянии защищаемой ВЛ, так и во время паузы ОАПВ. При этом необходимо иметь в виду, что во время паузы ОАПВ параметры схемы замещения защищаемой ВЛ для составляющих прямой последовательности (выявительные органы АЛАР-Ц работают по составляющим прямой последовательности измеряемых токов и напряжений) существенно отличаются от их значений при нормальном состоянии ВЛ.

Эти параметры могут быть заданы в устройство в качестве 2-го комплекта уставок, переход на работу с которым будет производиться по сигналу работы ОАПВ.

3.7. Защита синхронных генераторов

Проблема ликвидации АР синхронных генераторов возникает в энергосистемах с жесткими связями при коротких замыканиях вблизи шин электростанций (особенно при работе УРОВ). При возникновении АР в этих аварийных процессах ЭЦК может располагаться не во внешней сети, а внутри генераторов или трансформаторов генераторных блоков.

Для выявления АР синхронных генераторов помимо углового и циклового выявительных органов может использоваться выявительный орган, фиксирующий асинхронный режим синхронных генераторов при коротких замыканиях во внешней сети.

3.7.1. Выбор уставок углового и циклового выявительных органов.

В зависимости от используемой модели, устройство АЛАР-Ц может подключаться: либо непосредственно на напряжения и токи генератора по трехпроводной схеме (рис. 6а, АЛАР-Ц модификации 04), либо на напряжения и токи силового трансформатора на его высоковольтной стороне (рис. 6б, АЛАР-Ц модификаций 02 и 03).

Особенность задания уставок в данной схеме заключается в том, что в качестве уставки X1 должно быть задано: либо величина сверхпереходного сопротивления синхронного генератора, $(X_d'' + X_q'')/2$ при подключении устройства по схеме рис. 7а, либо сумма реактивного сопротивления трансформатора X_{tr} и сверхпереходного сопротивления синхронного генератора, $(X_d'' + X_q'')/2$, приведенного к напряжению обмотки ВН трансформатора. Выбор остальных уставок комментариев не требует. Их значения приведены в таблице 8.

Подключение АЛАР-Ц для защиты генератора



Рис. 7.

Таблица 8

Обозначение	Ед. измерения	Значения
X1	Ом	$X_{tr} + (X_d'' + X_q'')/2$
R1	Ом	0
X2	Ом	0 (XL)
R2	Ом	0 (RL)
Z1>	%	100
Z1<	%	100
Tz1>	С	0
Tz1<	С	0
Tz2>	С	0
Tz2<	С	0
Nc>	-	1
Nc<	-	1
NcZ>	-	0
NcZ<	-	0
ZNc>	-	1
ZNc<	-	1

Если генератор работает на выделенную линию электропередачи, то в качестве уставок X2, R2 могут быть заданы параметры этой линии и, таким образом, АЛАР будет защищать не только генератор, но и связь его с энергосистемой. В таблице 8 значения этих уставок даны в скобках.

3.7.2. Задание уставок выявительного органа, фиксирующего асинхронный режим синхронных генераторов при коротких замыканиях во внешней сети.

Задание уставок $R_{гн}$ и T_j – очевидно. Если АЛАР-Ц подключается непосредственно на шины генератора, то задание X_q столь же очевидно. Если АЛАР-Ц подключается на высоковольтной стороне силового трансформатора, в качестве X_q должна задаваться сумма реактивного сопротивления трансформатора X_{tr} и синхронного сопротивления синхронного генератора, приведенного к напряжению обмотки ВН трансформатора.

В том случае, если АЛАР-Ц защищает сразу несколько генераторов, работающих на общие шины, то в качестве уставок должны задаваться параметры эквивалентного генератора. Здесь необходимо предусмотреть использование второго комплекта уставок на случай, когда один из защищаемых генераторов выводится в ремонт.

Как уже упоминалось в разделе 1.4, применение этого выявительного органа для защиты генераторов малой мощности с газотурбинным или поршневым приводом и быстродействующей системой регулирования скорости вращения недопустимо.

Литература

1. Цифровая автоматика ликвидации асинхронных режимов АЛАР-Ц. Модификации АЛАР-Ц-02, АЛАР-Ц-03, АЛАР-Ц-04. Руководство по эксплуатации. ТИЯК.648229.001.РЭ., СПб.: НИИПТ, 2008 г.