Типовые материалы для проектирования
407-03-615.91

Схемы и низковольтные комплектные устройства релейного устройства фиксации тяжести короткого замыкания по снижению напряжения

Альбом I

Пояснительная записка

25082-01

Отпускная цена
на момент реализации
указана в счет-накладной

gost.e-ecolog.ru

25 082-01

Типовые материалы для проектирования
407-03-615.91

Схемы и низковольтные комплектные устройства релейного устройства фиксации тяжести короткого замыкания по снижению напряжения

Альбом I

Перечень альбомов

Альбом I ПЗ1 - Пояснительная записка
Альбом 2 Э31 - Принципиальные схемы
Альбом 3 Э32 - Полные схемы и низковольтные комплектные устройства

Разработаны институтом
"Энергоотетьпроект"

Утверждены и введены
в действие Минэнерго СССР
Протокол от 02.09.91
№ 29-003/25

Заместитель главного
инженера инотитута — С.Я.Петров

Главный инженер
проекта — В.А.Гладышев

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

Введение 3

I. Принципы выполнения устройства фиксации тяжести короткого замыкания 4

2. Структурная схема устройства фикоации тяжести короткого замыкания 6

3. Принципиальные схемы устройства фиксации тяжести короткого замыкания II

ВВЕДЕНИЕ

Данная работа выполнена по плану типового проектирования Госстроя СССР на 1991г., поз. ТБ3.I.24. Целью проекта является типизация проектных решений по выполнению релейного устройства фиксации тяжести короткого замыкания, реагирующего на снижение напряжения прямой последовательности. Устройство предназначено для фиксации тяжести короткого замыкания в электрической сети 220-500 кВ и используется в качестве пускового органа в комплексе противоаварийной автоматики (ПА) энергосистемы.

В проекте разработаны принципиальные схемы устройства, а также полные схемы и низковольтное комплектное устройство в качестве задания заводу-изготовителю.

Аналогом при разработке данных типовых материалов явилась работа института "Энергосетьпроект" "Принципиальные схемы пусковых устройств автоматического аварийного управления мощностью", № 5457тм, а также проекты конкретных объектов Минэнерго СССР.

Данные типовые материалы предназначены для использования при конкретном проектировании устройств противоаварийной автоматики энергосистем.

I. ПРИНЦИПЫ ВЫПОЛНЕНИЯ УСТРОЙСТВА ФИКСАЦИИ ТЯЖЕСТИ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ

Опасность коротких замыканий для устойчивости параллельной работы в энергосистеме определяется избыточной кинетической энергией, развиваемой агрегатами электростанций в передающей части энергосистемы за время короткого замыкания (к.з.)

Устройства, фиксирующие тяжесть к.з. (ФТКЗ), устанавливаются, как правило, на электростанциях в составе комплекса устройств противоаварийной автоматики, обеспечивающих повышение устойчивости параллельной работы электростанции с энергосиотемой. Наиболее часто устройства ФТКЗ устанавливаются на электростанциях, имеющих небольшую местную нагрузку и связанных достаточно длинными линиями электропередачи с коппентрированной энергосиотемой, мощность котсрой значительно превышает мощность электростанции (схема связи электростанции с энергосистемой бесконечно большой мощности). Иногда устройства ФТКЗ устанавливаются на электропередачах, связывающих избыточную энергосистему с энергообъединением, если передаваемая в энергообъединение мощность соизмерима с суммарной мощностью электростанций передающей энергоосистемы.

Точная оценка тяжести к.з. затруднительна в связи с трудностью непосредственного измерения величины избыточной энергии. О тяжести к.з. косвенно можно судить по другим параметрам, определяющим величину избыточной энергии. Такими параметрами являются: вид и длительность к.з., сброс активной мощности, вырабатываемой электростанцией в момент к.з., эквивалентная постоянная механичеокой инерции электроотанции и др. При заданной длительности к.з. и неизменном составе агрегатов на электроотанции тяжесть к.з. определяется оброоом активной мощности электростанции.

В общем случае сброс активной мощности генераторов электростанции $\Delta P_{ген}$ можно представить в виде суммы двух составляющих

$$\Delta P_{ген} = \Delta P_{пер} + \Delta P_{н} ,$$

где $\Delta P_{пер}$ – сброс активной мощности, передаваемой по линиям связи станции с системой,

$\Delta P_{н}$ – сброс активной мощности, потребляемой местной нагрузкой в районе электростанции.

Сброс мощности электропередачи может быть замерен непосредственно, а замер сброса мощности местной нагрузки $\Delta P_н$ во многих случаях встречает практические трудности. Поэтому этот параметр можно приближенно оценить по снижению напряжения всех трех фаз или по снижению напряжения прямой последовательности ΔU_1, т.е.

$$\Delta P_н = K \cdot \Delta U_1 \ .$$

Указанный способ оценки тяжести к.з. реализован выпускаемой в настоящее время электропромышленностью аппаратурой шкафа автоматики ШП2703. Эта аппаратура, сложная по исполнению и по настройке, рекомендуется для использования в тех олучаях, когда требуется иметь более точную фиксацию тяжести к.з. и более точную дозировку управляющих воздействий. Типовые решения по применению аппаратуры шкафа ШП2703 будут разработаны пооле накопления определенного опыта ее использования в энергоойстемах.

В настоящих типовых материалах рассматривается устройство ФТКЗ, в котором реализован наиболее простой споооб фиксации тяжести к.з. – фиксация снижения напряжения прямой последовательности U_1 на шинах электростанции или головной подстанции электропередачи и длительность этого снижения. Опыт проектирования и эксплуатации уотройств ФТКЗ на этом принципе показал достаточную представительность величины снижения напряжения прямой последовательности для оценки тяжести к.з. По снижению напряжения прямой последовательности можно косвенно судить о сбросе активной мощности электропередачи, а также о сбросе активной мощности местной нагрузки. Следует однако иметь в виду, что снижение напряжения прямой последовательности не всегда однозначно может характеризовать сброс мощности электропередачи. Это обстоятельство необходимо учитывать при конкретном проектировании, выполняя соответствующие расчеты динамической устойчивости при к.з. различного вида и различной удаленноети от электростанции.

2. СТРУКТУРНАЯ СХЕМА УСТРОЙСТВА ФИКСАЦИИ ТЯЖЕСТИ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ

Устройство ФТКЗ по снижению напряжения прямой последовательности является пуковым устройством комплекса ПА, поэтому оно работает совместно с устройством автоматической дозировки управляющих воздействий (АДВ), контролирующим, например, передаваемую мощность по линиям межсистемной связи в исходном режиме.

На листе I, альбом 2, показана структурная схема включения устройства ФТКЗ в комплексе устройств ПА. Устройотво ФТКЗ, так же как и устройство контроля передаваемой мощности в исходном режиме, имеет ступенчатое исполнение. Ступени устройства ФТКЗ настраиваются на определенные напряжения и время орабатывания. Количество отупеней ФТКЗ, их уставки определяются при конкретном проектировании комплексов ПА на основе расчетов устойчивости, определяющих области устойчивых режимов.

В устройстве АДВ должна быть предусмотрена возможность корректировки управляющих воздействий по условию динамической устойчивости, если короткие замыкания сопровождаются отключением линий и блоков электростанции. При отключении линий дополнительно должны быть реализованы управляющие воздействия по условию обеспечения статической устойчивости в послеаварийном режиме.

Контроль снижения напряжения прямой последовательности производится, как правило, в одной точке электропередачи, чаще всего на шинах электростанции, схема а) на листе I. Однако, в некоторых случаях для более точного определения опасности коротких замыканий контроль напряжения осуществляется в неокольких точках электропередачи. В качеотве примера на лиоте I, схема б) показано использование двух комплектов устройства ФТКЗ, контролирующих напряжение на шинах 500 и 220 кВ электростанции, имеющей связь с приемной энергосистемой по линиям 500 и 220 кВ. Применение двух комплектов устройства ФТКЗ может потребоваться также на станции или подстанции, где предуомотрено аварийное деление сети. Установка устройства ФТКЗ полезна на каждой секции или системе шин, так как после деления при затяжке к.з. могут потребоватьоя дополнительные управляющие воздействия ПА в отделившейся части.

Структурная схема устройства ФТКЗ показана на листе 2 альбома 2. Как отмечалось выше, устройотво ФТКЗ имеет ступенчатое исполнение. В устройстве предусмотрены четыре ступени фиксации уровня

снижения напряжения прямой последовательности. Напряжение срабатывания этих ступеней находятся в следующем соотношении: $U_{с.у.1} > U_{с.у.2} > U_{с.у.3} > U_{с.у.4}$. То-есть первая ступень фиксации понижения напряжения является наиболее чувствительной, четвертая ступень - наиболее грубой. В качестве пусковых органов, фиксирующих понижение напряжения, используются фильтровые реле напряжения прямой последовательности типа РСНІЗ-2, заменившие ранее применявшиеся реле типа РНФ-2.

Устройство ФТКЗ является пусковым органом комплекса ПА. Однако, имея ступенчатое построение, частично выполняет и функции дозировки. Дозировка управляющих воздействий производится в расчете на фиксированное время отключения к.з. основными быстродействующими защитами. Это время включает в себя время действия защиты и время отключения выключателя. Противоаварийные мероприятия выполняются без выдержки времени, если отключение к.з. быстродействующими защитами не обеспечивает сохранение устойчивости в возможных режимах работы энергосистемы.

Устойчивость должна обеспечиваться также при затяжке отключения к.з. из-за отказа выключателя и действии устройства резервирования отказа выключателя (УРОВ). Для фиксации затяжки отключения к.з. можно использовать сам факт срабатывания устройства резервирования отказа выключателя. Однако такая фиксация часто требует аппаратуры для телепередачи сигнала с подстанции, где отказал выключатель, к месту установки устройства ФТКЗ. Этот способ характеризуется относительно большим временем и потому не рекомендуется.

Затяжку отключения к.з. принято фиксировать по длительности снижения напряжения $t_{с.у.1}$, превышающей время нормального отключения к.з. Срабатывание органа выдержки времени с уставкой $t_{с.у.1}$ свидетельствует о затяжке отключения к.з. с временем действия УРОВ. Пуск органа выдержки времени выполняется от первой, чувствительной ступени пусковых органов устройства. Тяжесть неустранившегося к.з. определяется по величине остаточного напряжения после действия основной защиты. В устройстве предусмотрены три ступени фиксации тяжести к.з., действующие с выдержкой времени $t_{с.у.1}$. Использование всех или части ступеней устройства ФТКЗ, действующих с выдержкой времени, так же как и быстродействующих ступеней, определяется при конкретном проектировании комплекса ПА.

Тяжесть неустранившегося к.з. определяется не только остаточным напряжением после действия основной защиты, она зависит также от остаточного напряжения до действия защиты, в первый момент к.з.. Эти напряжения могут быть разными, поскольку отказывает, как правило, одна фаза выключателя. Это обстоятельство важно в тех случаях, когда не требуются управляющие воздействия от быстродействующих ступеней устройства ФТКЗ. Учет этого фактора в схеме устройства привел бы к его усложнению, что признано нецелесообразным. Указанное обстоятельство должно учитываться выбором управляющих воздействий для принятого расчетного вида первичного к.з. - двухфазное к.з. на землю. Если в действительности первичным было однофазное к.з. на землю и произошел отказ выключателя этой поврежденной фазы, то будут реализованы избыточные управляющие воздействия, что в таких редких случаях отказа выключателя является допустимым, особенно, если в качестве управляющего воздействия используется импульсная разгрузка турбин.

Если устойчивость сохраняется при работе быстродействующих защит и при работе УРОВ и не сохраняется при отказе быстродействующих защит и работе резервных, имеющих выдержку времени, в этом случае руководствуются следующим. Согласно руководящим указаниям по устойчивости требование обеспечения устойчивости при отказе основной быстродействующей защиты и действии резервных защит не предъявляется, так как время срабатывания последних на разных присоединениях может существенно различаться, а выполнение противоаварийных мероприятий с выдержкой времени, превышающей время отключения к.з. основной защитой, обычно малоэффективно. При этом иногда устойчивость невозможно сохранить даже при выполнении максимального объема управляющих воздействий. Поэтому в этих случаях основным средством для сохранения устойчивости являются мероприятия, направленные на повышение надежности релейной защиты, например, - установка вторых комплектов быстродействующей защиты.

Однако, практика эксплуатации устройств ПА показала целесообразность в некоторых случаях, например, на атомных электростанциях, применения устройства ФТКЗ при к.з., отключаемых резервными защитами. В этих случаях устройство ФТКЗ может быть дополнено элементами фиксации понижения напряжения при к.з., отключаемых вторыми ступенями резервных защит, лист 7 альбома 2.

Кроме перечисленных выше, устройство ФТКЗ имеет следующие особенности.

Для предотвращения излишнего срабатывания устройотва при исчезновении напряжения, вызванном, например, отключением автомата, обрывом цепей трансформатора напряжения, чувствительная отупень устройства выполнена с помощью двух органов фиксации понижения напряжения с уставкой *Uс.у.1* , подключенных к траноформаторам напряжения TVI и TV2 разных систем шин. Выходы этих органов включены по схеме "И". Кроме того, для повышения надежности несрабатывания при случайном срабатывании одного реле напряжения, II, III, IУ ступени устройства выполнены таким образом, что их действие разрешается только при одновременном срабатывании предыдущей ступени, работающей от другого трансформатора напряжения. Эти условия реализуют элементы "И" на выходе II, III и IУ ступеней устройства без выдержки времени.

Дополнительное повышение надежности обеспечивается тем, что пуск осуществляется при появлении несимметрии, фиксируемой устройством блокировки при качаниях. Блокировка исключает действие устройства при качаниях, оопровождающихся понижением напряжения. Блокировка при качаниях обеспечивает ввод в работу пусковых реле напряжения только при возникновении несимметрии в сети, то-есть при к.з. Этот ввод производится на небольшое время, достаточное для срабатывания выходных реле устройства. Если минимальные реле напряжения не оработали за это время, то дальнейшее их срабатывание, возможное из-за понижения напряжения при послеаварийных качаниях, не приводит к срабатыванию устройства в целом. Предуомотрено самоудержание выходных реле до момента возврата пусковых реле напряжения. На структуре устройства самоудерживание показано в виде обратных связей с выходов элементов "ЗАПРЕТ" на входы элементов "И" от блокировки.

Возможно использование блокировки, реагирующей либо на напряжение, либо на ток обратной последовательности. Предпочтительно применение блокировки по напряжению типа КРБ-I25. Она обеспечивает пуск устройства при к.з. на любом присоединении. Ее недостаток состоит в том, что она может быть недостаточно чувствительна к удаленным к.з., требующим противоаварийного управления. Чувотвительность блокировки при качаниях типа КРБ-I25 может быть увеличена введением в блокировку тока нулевой последовательности линий межсис-

темной связи. Достаточным является коэффициент чувствительности блокировки $K_ч \geqslant 1{,}5$ при тех коротких замыканиях, которые фиксируются пусковыми органами напряжения.

Блокировка при качаниях типа КРБ-126, реагирующая на ток обратной последовательности, может обеспечить большую чувствительность к коротким замыканиям, однако ее применение усложняет выполнение цепей трансформаторов тока отходящих линий. Выбор типа блокировки от качаний должен производиться при конкретном проектировании на основе расчетов токов к.з.

В устройстве ФТКЗ предусмотрена блокировка при длительном исчезновении напряжения от трансформаторов напряжения TV I или TV 2. Блокировка выполнена с помощью органов напряжения чувствительной ступени устройства и органа выдержки времени $t_{с.у}$. При исчезновении напряжения на время, превышающее $t_{с.у}$, блокируются пусковые цепи, а также подается сигнал неисправности цепей напряжения.

3. ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ СХЕМЫ УСТРОЙСТВА ФИКСАЦИИ ТЯЖЕСТИ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ

Принципиальные схемы устройства фиксации тяжести к.з. по величине снижения напряжения прямой последовательности приведены на листах 3÷7 альбома 2.

Устройство выполнено с четырьмя ступенями фиксации понижения напряжения. В качестве пусковых реле применены фильтровые реле напряжения прямой последовательности KVZI – KVZ5 типа РСНІЗ-2. Реле KVZI и KVZ4 формируют I ступень устройства, KVZ2 – II ступень, KVZ 5 – III ступень, KVZ3–IУ ступень. Реле подключены к трансформаторам напряжения разных систем шин, что повышает надежность несрабатывания устройства при неисправностях цепей трансформаторов напряжения. Фиксация срабатывания пусковых реле выполняется с помощью быстродействующих реле KLI – KL4 и реле KL6 – KL8, KLII, имеющих задержку на возврат, обеспечивающую достаточную для работы последующих устройств ПА длительность фиксации. Контакты реле KVZI и KVZ4 включены последовательно в цепи катушки реле KL I фиксации I ступени понижения напряжения.

Как отмечалось в разд.2, пуск устройства ФТКЗ производится устройством блокировки при качаниях АКВІ. В первый момент к.з. реле KLI в составе блокировки АКВІ возвращается в исходное положение, чем обеспечивается замыкание цепей реле фиксации понижения напряжения I–IУ ступеней. Ввод в работу осуществляется на небольшое время, достаточное для срабатывания реле KLI, KL6 – KL8. При срабатывании этих реле обеспечивается их самоудерживание до момента возврата пусковых реле напряжения. Блокировка исключает фиксацию понижения напряжения, если оно возникает в режиме качаний. Блокировка возвращается в состояние готовности к повторному действию автоматически после исчезновения несимметрии по истечении заданного времени или после восстановления напряжения. Для реализации последнего следует подать +220В на клему 22 АКВІ. Как отмечалось выше, с целью обеспечения большей чувствительности к удаленным к.з., требующим их фиксации устройством ФТКЗ, может быть применена блокировка типа КРБ-І26, реагирующая на ток обратной последовательности. Схема включения блокировки КРБ-І26 показана на листе 3. Выбор типа блокировки производится при конкретном проектировании.

Выходные цепи устройства ФТКЗ выполнены таким образом, что исключена возможность неправильного срабатывания всех ступеней

устройства при неисправностях в цепях трансформаторов напряжения. Это достигается последовательным включением контактов реле, фиксирующих понижение напряжения данной и предыдущей ступени. Причем пусковые реле напряжения этих ступеней подключены к трансформаторам напряжения разных систем шин. В соответствии с данным правилом выходное реле KL I5, фиксирующее II ступень тяжести к.з., управляется последовательно включенными контактами реле KL I и KL 2; выходное реле KL I6 (III ступень тяжести к.з.) управляется последовательно включенными контактами реле KL 2 и KL 3; выходное реле KL I7 (IУ ступени тяжести к.з.) управляется последовательно включенными контактами реле KL 3 и KL 4. Выходное реле KL I4 (I ступень тяжести к.з.) управляется контактом KL I.4, при этом само реле KL I срабатывает при одновременном действии KVZ I и KVZ 4. Контакты реле KL II, KL 6 – KL 8, имеющих задержку при возврате, включены параллельно упомянутым контактам реле KL I – KL 4 и обеспечивают необходимую длительность выходных сигналов.

Фиксация длительности снижения напряжения, превышающей время нормального отключения короткого замыкания быстродействующими защитами, выполняется с помощью реле времени KTI, пускаемого контактом реле фиксации понижения напряжения первой ступени KL I.2, и быстродействующего промежуточного реле KL I2. Реле KL I2, срабатывая, самоудерживается до момента возврата реле KL I и KL II после восстановления напряжения. Реле KL II, имея задержку на возврат, обеспечивает создание необходимой длительности сигналов в выходных цепях устройства, действующих с выдержкой времени $t_{с.у.}$.

Выходные цепи устройства, использующие контакты выходных реле KL I4 – KL 20, показаны на листе 5 . На клеммник панели выведены все контакты этих реле. Их использование определяется при конкретном проектировании. Кроме того, предусмотрены два резервных реле KL 2I и KL 22. В зависимоости от условий применения устройства они могут быть подключены параллельно любому из указанных выше реле.

Выходные промежуточные реле создают дополнительную задержку в реализации управляющих воздействий. Поэтому в тех случаях, когда отсутствует необходимость их использования, они исключаются из схемы снятием перемычек на клеммнике панели, а выходом устройства являются рассмотренные выше цепи, содержащие контакты реле KL I – KL 4, KL 6 – KL 8, KL II. В связи с неоднозначностью построения выходных цепей тип указательных реле KH I – KH7 уточняется при конкретном

В устройстве ФТКЗ предусмотрена блокировка его действия при длительном исчезновении напряжения от трансформаторов напряжения TV I или TV 2. Блокировка выполнена с помощью реле KL 9, KL IO, KT2 и KL I3. При исчезновении напряжения на время, превышающее время срабатывания реле времени KT2, контактами KL I3.I - KL I3.4 размыкаются цепи реле фиксации понижения напряжения. Одновременно контактом KL I3.5 подается сигнал о неисправности цепей напряжения. Имеется возможность ввода в работу устройства при использовании одного трансформатора напряжения путем переключения цепей напряжения к исправному трансформатору напряжения. Однако в этом случае появляется возможность ложной работы устройства при обрыве цепей напряжения.

Поскольку реле KVZI и KVZ4 могут срабатывать не только при неисправностях цепей напряжения, но и при качаниях, т.е. довольно часто, катушки реле KL 9 и KL IO шунтированы цепями VD2- R1 и VD3 - R2 , что облегчает работу контактов реле KVZ4 и KVZ I при их многократном срабатывании и возврате. Кроме того, в цепь реле KL I включен диод VDI. Он препятствует образованию контура самоудерживания последовательно включенных промежуточных реле KL 9, KL I, KL IO после нормального действия устройства при к.з. и восстановления напряжения после отключения к.з.

Помимо сигнализации действия устройства ФТКЗ с помощью серисных указательных реле KHI-KH7 предусмотрено осциллографирование срабатывания реле фиксации понижения напряжения KL 5, KL 2-KL4

Расчет параметров срабатывания устройства сводится к расчету напряжения срабатывания отупеней фиксации понижения напряжения и времени срабатывания.

Как отмечалось в разд.2, напряжение срабатывания ступеней определяется при конкретном проектировании на основе расчетов динамической устойчивости. Однако, напряжение срабатывания наиболее чувствительной, первой ступени $U_{с.у.1}$ должно быть не выше напряжения, отстроенного от минимального рабочего напряжения,

$$U_{с.у.1} \leqslant \frac{U_{раб.мин}}{K_{зап.1} \cdot K_{в}} ,$$

где $U_{раб.мин} = 0{,}95 \cdot U_{ном}$ - минимальное рабочее напряжение,

$K_{зап.1} = I{,}I$ - коэффициент запаса,

$K_{в} = I{,}05$ - коэффициент возврата реле напряжения РСНI3-2.

При указанных исходных параметрах $U_{с.у.1}$ должно быть не выше $0,82 \cdot U_{ном}$. Коэффициент запаса $K_{зап.1} = I,I$ принят на основе расчета средней квадратичной погрешности реле напряжения при доверительной вероятности непревышения действительной погрешности над расчетной более 0,95. В коэффициенте запаса учтены: основная погрешность реле, а также дополнительные погрешности от искажения формы кривой синусоидального напряжения, от изменения температуры, от изменения напряжения питания, от изменения частоты измеряемого напряжения; в него также введен запас, учитывающий погрешность трансформаторов напряжения.

Напряжение срабатывания последующей ступени по крайней мере должно быть отстроено от напряжения срабатывания предыдущей ступени в соответствии с уравнением

$$U_{с.у.2} \leqslant \frac{U_{с.у.1}}{K_{зап.2}} ,$$

где $K_{зап.2} = I,08$ – коэффициент запаса.

Коэффициент запаса $K_{зап.2}$ учитывает значения основной погрешности двух соседних реле напряжения, а также дополнительные погрешности от изменения внешних факторов. При этом основная погрешность зависит от уставки реле напряжения (она меньше у реле с большей уставкой), а дополнительные погрешности учтены, исходя из небольшей вероятности того, дополнительные погрешности двух реле, находящихся в одинаковых условиях, имеют разные знаки. Принятый коэффициент запаса I,08 соответствует максимальной основной погрешности реле 5% и доверительной вероятности наличия разных знаков дополнительных погрешностей двух реле, равной 0,5.

Время срабатывания быстродействующих ступеней устройства определяется временем срабатывания реле РСНI3-2 (0,075с) и промежуточного реле РПI7 (0,0IIс) и составляет

$$t_{с.1} = t_{РСНI3-2} + t_{РПI7} = 0,075 + 0,0II(0,022) = 0,086 \ (0,097)\text{с}.$$

В скобках дано время для двух промежуточных реле.

Устройство ФТКЗ гарантированно срабатывает, если время отключения к.з. больше указанного времени. При использовании релейной защиты на микроэлектронной базе и быстродействующих выключателей время отключения к.з., снижаясь, приближается к указанному време-

ни срабатывания устройства и даже может оказаться меньше этого времени. В последнем случае устройство ФТКЗ отказывает в действии. Однако при этом следует иметь в виду, что снижение времени отключения к.з. уменьшает опасность нарушения динамической устойчивости. Если же при малых временах отключения к.з. динамическая устойчивость не сохраняется, необходимо применять другие технические решения, например аппаратуру шкафа ШП2703.

Время срабатывания устройства для ступеней, фиксирующих к.з., отключаемые с помощью УРОВ, выбирается с учетом надежной отстройки от времени к.з. нормальной длительности $t_{к.з}$. Выдержка времени, создаваемая реле времени КТ1, определяется следующим образом

$$t_{КТ1} = t_{к.з} - t_{с.1} + t_{в.1} + t_{разб} + t_{зап} \ ,$$

где $t_{в.1}$ = 0,04с – время возврата устройства (реле РСНЗ-2 и реле РП17); принято по аналогии с временем срабатывания РСНЗ-I;

$t_{разб}$=0,0Iс – разброс времени срабатывания реле времени КТ1;

$t_{зап}$=0,05с – время запаса.

Например, при использовании устройства ФТКЗ на линиях 500 кВ, у которых $t_{к.з}$ = 0,09с,

$$t_{КТ1} = 0,09 - 0,086 + 0,04 + 0,0I + 0,05 = 0,I \text{ с.}$$

При такой уставке на реле времени КТ1 время срабатывания ступеней, фиксирующих затяжку отключения к.з., составит

$$t_{с.2} = t_{с.1} + t_{КТ1} + t_{РП17} = 0,097+0,I+0,0II=0,208с.$$

Если время отключения к.з. быстродействующими защитами всех присоединений меньше времени срабатывания устройства $t_{с.1}$, то как уже отмечалось, устройство ФТКЗ отказывает в действии. Но в случае отказа выключателя и действии УРОВ режим к.з. удлиняется и за время действия УРОВ реле напряжения могут сработать и выполнить необходимые противоаварийные мероприятия. В этом случае ступени устройства ФТКЗ с $t = 0$ могут выполнять функции фиксации тяжести коротких замыканий, отключаемых с временем УРОВ, а ступени ФТКЗ с $t \geqslant t_{с.у.1}$ использоваться не будут.

При реализации управляющих воздействий ПА следует учитывать послеаварийную схему электропередачи и электростанции. Например, при к.з. на шинах электростанции действием дифференциальной защиты шин могут быть отключены часть блоков электростанции, при этом действие устройства ФТКЗ на отключение генераторов может оказаться излишним. Аналогичная ситуация может возникнуть после действия УРОВ, после повреждения блока и его отключения защитой. В таких случаях действие устройства ФТКЗ должно быть заблокировано или скорректировано. Указанная блокировка или корректирующие переключения выполняются в цепях автоматической дозировки управляющих воздействий.

Как отмечалось в разд.2, в некоторых случаях возникает потребность в применении устройства ФТКЗ с двумя ступенями по длительности понижения напряжения. На листе 7 альбома 2 представлена принципиальная схема дополнительных ступеней устройства, срабатывающих со второй выдержкой времени t с.у. 2. Поскольку эта часть устройства используется достаточно редко, она выполняется в виде отдельного релейного блока, связанного с основным устройством внешними цепями. Более подробно все компоновочные решения изложены в альбоме 3.

Принципы построения дополнительных ступеней аналогичны принципам основного устройства. Предусмотрены три ступени фиксации понижения напряжения с уставками U с.у.I, U с.у.2, U с.у.3, действующие с выдержкой t с.у.2. Пуск элементов дополнительных ступеней осуществляется контактами реле КЛ.I.4, КЛ.II.3 основного устройства, лист 4. Из-за отсутствия свободных контактов у реле КЛ.6 и КЛ.7, контакты этих реле КЛ.6.4 и КЛ.7.4 являются общими для цепей фиксации первой и второй ступеней по длительности понижения напряжения.

gost.e-ecolog.ru