ТИПОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

407-03-492.88

ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ СХЕМЫ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ОТКЛЮЧЕНИЯ НАГРУЗКИ ОТ ПРОТИВОАВАРИЙНОЙ АВТОМАТИКИ

АЛЬБОМ I

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

gost.e-ecolog.ru

ТИПОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

407-03-492.88

ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ СХЕМЫ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ОТКЛЮЧЕНИЯ НАГРУЗКИ ОТ ПРОТИВОАВАРИЙНОЙ АВТОМАТИКИ

АЛЬБОМ I

Разработаны Уральским отделением института "Энергосетьпроект"

Утверждены и введены в действие Минэнерго СССР Протокол от I5.0I.88 № I4

Главный инженер отделения Л.И.Зайцев

Главный инженер проекта Ю.Г.Никольский

© СФ ЦИТП Госстроя СССР, 1988.

СР 944-01

СОДЕРЖАНИЕ АЛЬБОМА

	Лист
I. Введение	1
2. Назначение и область применения	2
3. Техническая характеристика	3
3.1. Исполнительное устройство отключения нагрузки (УОН)	3
3.2. Устройство автоматики отключения нагрузки, действующей при снижении напряжения (АСН)	7
3.3. Выходные цепи автоматики	13
3.4. Устройство автоматического ограничения перегрузки оборудования	16
3.5. Устройство АЧР резервное с двумя реле частоты на постоянном оперативном токе . . .	17
3.6. Описание работы устройства автоматики отключения и включения нагрузки по факту фиксированного перерыва питания (АФИП). .	20
4. Методика выбора уставок	32
5. Патентная чистота и патентоспособность	44

№ 407-03-492.88 Альбом I

СФ944-01

I. ВВЕДЕНИЕ

Настоящая работа выполнена в соответствии с поз.Т3.I2.I.6 плана типового проектирования Госстроя СССР на I987 год и поз. Т3.I2.I.5 плана типового проектирования Госстроя СССР на I988 год.

В настоящей работе приведены принципиальные схемы устройств, обеспечивающих отключение нагрузки приемных подстанций по команде от централизованных устройств противоаварийной автоматики как с использованием специальных каналов связи (кабельных, высокочастотных), так и без их использования, схемы устройств обеспечивающих отключение нагрузки при снижении напряжения в пункте установки, схемы устройств резервного АЧР, а также схемы автоматического ограничения перегрузки оборудования.

Во всех схемах автоматики предусматривается возможность производить обратное включение отключенной нагрузки при исчезновении аварийных ситуаций в энергосистеме.

Схемы разработаны взамен типовых проектных решений 407-03-275 "Принципиальные схемы исполнительных устройств отключения нагрузки от противоаварийной автоматики", инв.№ I0069тм-тI, т2 от I980г.

Альбом I

Главн. тех.ТО	Григорьев	[signature]	18.02	407-03-492.88			
Нач.отд	Житков	[signature]	18.02	Пояснительная записка	Стадия	Лист	Листов
Главн. тех.	Никольский	[signature]	18.02		рп	I	45
Провер.	Лангборт	[signature]	18.02		Энергосетьпроект Уральское отделение		

2. НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Устройства отключения нагрузки от противоаварийной автоматики предназначены для отключения части наименее ответственной нагрузки при возникновении аварийной ситуации в энергосистеме.

Целью отключения части нагрузки является сохранение устойчивости параллельной работы энергосистем или сохранение устойчивости нагрузки.

Устройства предназначены для подстанций 35–500 кВ, где есть нагрузка, которая может быть отключена на некоторый период времени, в основном для тупиковых подстанций как на постоянном, так и на переменном оперативном токе для отключения линий 6–10 и 35 кВ.

Устройства автоматического ограничения перегрузки оборудования предназначены для ограничения повышения тока в электрооборудовании сверх допустимого уровня с учетом длительности повышения.

Альбом I

3. ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

3.I. Исполнительное устройство отключения нагрузки (УОН)

3.I.I. УОН для подстанций на постоянном оперативном токе

Принципиальная схема УОН для подстанций на постоянном оперативном токе приведена в альбоме 2, листы 2, 3.

Устройство предназначено для выдачи команд на отключение или включение нагрузки от централизованных устройств противоаварийной автоматики, устанавливаемых либо на данной подстанции, либо на другой подстанции с передачей команд по высокочастотным каналам или другим способом (по кабелю, по факту фиксированного перерыва питания, при использовании циркулярного отключения нагрузки и т.д.).

Схема позволяет фиксировать три команды на отключение нагрузки и одну общую для всех ступеней команду на обратное включение нагрузки.

Принцип действия устройства заключается в том, что при подаче команды на отключение самой меньшей ступени нагрузки устройство отключает определенные фидера, при подаче команды на отключение нагрузки следующей ступенью, большей, чем предыдущая, устройство отключает те же фидера, которые подключены к меньшей ступени, и дополнительные фидера.

Аналогично действует устройство при наличии команды на отключение третьей ступени нагрузки.

При срабатывании пусковых цепей, подающих команду на отключение I ступени нагрузки, происходит срабатывание промежуточного реле К1.1, которое запускает промежуточное двухпозиционное реле К1.5, последнее в свою очередь своими

Альбом I

контактами подает плюс оперативного тока на шинку САОН I (ЕРС I, см.А.2, л,I0 и л.I2). При этом срабатывают те выходные промежуточные реле KL в ячейках КРУ (на панелях) линий 6-I0 и 35 кВ, которые подключены к этой шинке.

Реле KL в ячейках КРУ (на панелях) производят отключение первой ступени нагрузки.

При срабатывании пусковых цепей, подающих команду на отключение второй ступени нагрузки (большей первой ступени), происходит срабатывание промежуточного реле KL 2, которое запускает промежуточные двухпозиционные реле KL 5 и KL 6, а последние в свою очередь подают плюс оперативного тока на шинки САОН I (ЕРС I) и САОН 2 (ЕРС 2). При этом срабатывают те выходные промежуточные реле KL в ячейках КРУ(на панелях) линий, которые подключены к этим шинкам, и производят отключение второй ступени нагрузки.

Аналогично производится отключение третьей ступени нагрузки, т.е. при наличии третьей команды отключаются линии, подключенные к шинкам САОН I (ЕРС I), САОН 2 (ЕРС 2) и САОН 3 (ЕРС 3).

Линии 6-I0 кВ и 35 кВ, как указано выше, отключаются при помощи реле KL , которые имеются в каждой типовой ячейке КРУ (на панели) линий.

Для предотвращения включения линий 6-I0 и 35 кВ устройствами их АПВ в цепи пуска АПВ включены размыкающие контакты этих реле.

Возврат устройства отключения нагрузки в исходное положение производится либо вручную с помощью кнопки S BI, либо автоматически при наличии команды на АПВ отключенной нагрузки.

При команде на АПВ отключенной нагрузки реле KL 5 - KL 7

Альбом I

возвращаются в исходное положение, снимают оперативный ток с шинок САОН I (ЕРС I), САОН 2 (ЕРС 2) и САОН 3 (ЕРС 3) и подают плюс на шинку АПВ САН 35 кВ (ЕСС I).

При этом индивидуальные реле KL в ячейках КРУ (на панелях) замыкают контакты в цепях пуска АПВ линий 6-I0 или 35 кВ.

Данной работой предусматривается возможность как одновременного, так и разновременного включения отключенной нагрузки, последнее может быть необходимо, например, для исключения одновременного самозапуска нагрузки или для исключения излишнего срабатывания автоматики, действующей при снижении напряжения (АСН) при одновременном пуске двигателей на разных секциях подстанции.

Специальные схемы, обеспечивающие исключение одновременного самозапуска нагрузки и излишнее действие АСН, при необходимости должны разрабатываться в конкретных проектах.

С учетом указанного линии 6-I0 и 35 кВ должны подключаться под соответствующие ступени отключения нагрузки.

Для возможности пуска устройства отключения нагрузки несколькими устройствами САОН и раздельного обратного включения нагрузки по ступеням на блоке предусматриваются соответствующие клеммы.

Для удобства вывода автоматики из работы при проверках высокочастотного тракта и опробования отдельных команд в схеме предусмотрен ключ SACI и двухпозиционное реле KL I0, которое своими контактами переводит сигналы АНКА с реле на балластное сопротивление.

Схема УОН позволяет фиксировать одну команду для ускорения действия релейной защиты(для передачи сигнала отключения на противоположный конец в качестве второй

Альбом I

быстродействующей защиты, для исключения каскадного действия защит).

Для исключения ложного отключения подключенных к автоматике линий при включении её под напряжение после осмотра или ремонта, когда двухпозиционные реле KL 5, 6 и 7 могут находиться в положении, подающем команду на отключение нагрузки, предусмотрен автоматический возврат двухпозиционных реле в исходное положение и подготовка выходных цепей к действию на отключение спустя некоторую выдержку времени после подачи на автоматику оперативного тока. Для этого используется реле KSI, предназначенное для контроля оперативного тока на автоматике.

Контактами реле KSI возвращаются двухпозиционные реле и подгатавливаются цепи отключения нагрузки.

При снятии на время, большее 0,74с, и подаче оперативного тока на автоматику, сработавшую на отключение нагрузки, будет происходить включение отключенной нагрузки. Указанное действие автоматики принято допустимым.

3.I.2. УОН для подстанций на переменном оперативном токе

Принципиальная схема УОН для подстанций на переменном оперативном токе приведена в альбоме 2, листы 4, 5.

Схема устройства, его назначение и работа аналогичны схеме УОН для подстанций на постоянном оперативном токе.

Устройство имеет то отличие, что оно питается от блока стабилизированного напряжения БПНС-2, на вход которого подается нестабилизированное напряжение трех фаз через автоматы непосредственно от трансформаторов собственных нужд, а на выходе образуется стабилизированное постоянное напряжение 220 В. При наличии на подстанции приемника АНКА он также

питается от БПНС-2 через инвертор.

Необходимость питания устройств противоаварийной автоматики через отдельный стабилизированный блок питания БПНС-2 вызвана тем, что автоматика должна работать на отключение нагрузки непосредственно в момент кратковременных понижений напряжения в сети до 0,5 номинального, например, при коротких замыканиях.

Согласно техническим данным на блок БПНС-2 он обеспечивает такую работу.

Использование для этой цели питания стабилизированным напряжением от шинок собственных нужд данной работой не принято, так как стабилизаторы напряжения в цепях собственных нужд типа С-0,9; С-I,7; С-3С и др. не имеют технических данных о работе при понижении напряжения в сети до 0,5 номинального. Поэтому нет уверенности в том, что они обеспечат работу противоаварийной автоматики в таких режимах.

Питание от блока БПНС-2 имеет тот недостаток, что при использовании БПНС-2 не обеспечивается автоматическое переключение с основного трансформатора собственных нужд на резервный, т.к. напряжение трех фаз с обоих ТСН подводится к ручному переключателю Q2 в схеме БПНС.

3.2. Устройство автоматики отключения нагрузки, действующей при снижении напряжения(АСН)

3.2.I. АСН для подстанций на постоянном оперативном токе

Принципиальная схема автоматики приведена в альбоме 2, листы 6 и 7.

Пусковыми реле автоматики являются два реле KV I и KV 2,

Альбом I

включенные соответственно на трансформаторы напряжения I и 2 секций шин 6-10 или 35 кВ через переключатель, который предусматривается для перевода цепей напряжения с ТН одного класса напряжения на ТН другого класса напряжения при ремонте одного из ТН или при включении секционного выключателя.

Пуск автоматики двумя реле необходим для того, чтобы избежать ложной работы при неисправности пускового реле, или при длительном понижении напряжения на одной из секций шин, которое может быть вызвано пуском крупных двигателей.

Реле KV4, включенное на ТН одной из секций шин, предназначено для блокировки автоматики при полном исчезновении напряжения на подстанции.

Реле KV3 предназначено для фиксации восстановления напряжения до уровня, близкого к номинальному.

Автоматика работает следующим образом. При подаче на схему напряжения срабатывают реле напряжения KV1-4. Контактами реле KV1 и KV2 пускается реле KL5, которое своим контактом разрывает цепь реле времени KT1, KT4, и схема приводится в состояние готовности к работе.

Размыкающий контакт реле KV4, имеющего небольшую уставку на срабатывание (порядка 40%$U_{ном.}$), при номинальном напряжении размкнут.

При снижении напряжения до уставки возврата KV1 и KV2 (порядка 80%$U_{ном.}$) замыкающие контакты этих реле размыкаются, возвращается реле KL5, катушки реле времени KT1 оказываются под напряжением и начинается отсчет выдержки времени.

После замыкания контакта реле KT1 перебрасывается выходное промежуточное реле первой ступени разгрузки KL1, подающее напряжение на шинку первой ступени отключения нагрузки АСНП (EPV1, см.А.2, л.10 и л.12), при этом выпадает

блинкер КН1 и подгатавливаются цепи срабатывания реле времени КТ2 и КТ5.

В случае, если после отключения I ступени нагрузки напряжение на шинах подстанции не восстанавливается до напряжения срабатывания реле KV I и KV2, реле КТ4 продолжает отсчет выдержки времени и после замыкания его контакта перебрасывается выходное реле второй ступени отключения нагрузки KL 2, выпадает блинкер КН2 и подается напряжение на шинку второй ступени отключения нагрузки АСН2 (EPV 2).

При восстановлении напряжения в сети до уставки срабатывания реле KV 3 (порядка 95%Uном.) срабатывает реле времени КТ2, которое возвращает реле второй ступени KL 2 и вызывает срабатывание реле KL 3, подготавливающее цепь срабатывания реле блокировки от многократной работы автоматики KL 4 и запускающее реле возврата автоматики КТ3.

Реле КТ5 возвращает реле первой ступени KL I.

При этом снимается напряжение сначала с шинки второй ступени отключения нагрузки АСН2 (EPV 2) и подается напряжение на шинку АПВ АСН2 (ECV 2), что вызывает обратное включение подключенной к ним нагрузки, а затем снимается напряжение с шинки I ступени отключения нагрузки АСН I(EPV I) и подается напряжение на шинку АПВ АСНI (ECV I), также сопровождающееся обратным включением подключенной к ним нагрузки.

Если после первого действия на включение в течение заданной выдержки времени на реле КТ3(до I0 мин) не произойдет повторного отключения нагрузки вследствие понижения напряжения, то схема автоматически возвращается в исходное постоянное замыкающим контактом реле КТ3. Размыкающий контакт реле KL 4 в цепи обмотки реле КТ3 служит для запрета возврата схемы при повторном действии на отключение нагрузки в течение

заданного времени.

Для исключения ложного срабатывания автоматики при обрыве цепей обмотки промежуточного реле KL5 в цепь контактов реле времени KT1 и KT4 включен размыкающий контакт реле напряжения KV3.

В случае, если после включения нагрузки опять происходит снижение напряжения и повторное срабатывание автоматики, то после замыкания контакта реле KT1 перебрасывается блокирующее реле KL4 и разрывается цепь катушки реле времени KT2. Этим предотвращается многократная работа автоматики.

Возврат схемы в исходное положение после автоматического отключения нагрузки может производиться вручную кнопкой SB3.

Включение нагрузки и возврат схемы в исходное положение после повторного срабатывания автоматики на отключение нагрузки производится вручную кнопками SB1, 2 и 3.

При полном снятии напряжения (ниже 40% U ном.) возвращается реле напряжения KV4, которое замыкает размыкающий контакт в цепи обмотки реле KL5, цепь реле времени KT1 не замыкается. Тем самым исключается ложная работа автоматики при полном снятии напряжения с подстанции.

Резисторы R1 и R2 предназначены для обеспечения термической устойчивости обмоток реле времени KT1 и KT4.

Для исключения ложной работы автоматики при пуске крупных двигателей, когда автоматика включена на ТН 6-10 кВ или ТН 35 кВ и включен соответственно секционный выключатель 6-10 или 35 кВ, т.е. когда при пуске двигателя одновременно снижается напряжение на обеих секциях шин 6-10 или 35 кВ, автоматика выводится из работы. Для этой цели используется замыкающий контакт реле положения "включено" секционного выключателя 6-10 или 35 кВ, включенный параллельно контактам

пусковых реле.

Аналогично автоматика выводится из работы при ремонте одного из силовых трансформаторов.

Включение секционного выключателя и вывод автоматики из работы сигнализируются с помощью указательного реле КН 8, включенного в цепь блокировки.

При ремонте одного из секционных выключателей 6-10 или 35 кВ автоматика переводится ключем SAC1 на питание от ТН другого класса напряжения.

Для исключения ложного отключения подключенных к автоматике линий при подаче на неё оперативного тока после осмотра или ремонта, когда двухпозиционные реле KL1 и KL2 могут находиться в положении, подающем команду на отключение нагрузки, предусмотрен автоматический возврат двухпозиционных реле в исходное положение и подготовка выходных цепей к действию на отключение спустя некоторую выдержку времени после включения автоматики под напряжение. Для этого в схему включены реле KS1 и KS2. Контактами реле KS1 возвращаются двухпозиционные реле и подготавливаются цепи отключения нагрузки.

Это же реле используется для контроля исправности оперативных цепей автоматики.

Для того, чтобы при возврате двухпозиционных реле контактами реле KS1 не срабатывали указательные реле КН3 и КН4 и тем самым не проходил ложный сигнал о работе автоматики, в цепь катушки этих указательных реле включены замыкающие контакты реле KS2, подготавливающие цепь срабатывания реле КН3 и КН4 одновременно с цепями отключения нагрузки.

При снятии на время, большее 0,7-1 с, и подаче оперативного тока на автоматику, сработавшую на отключение нагрузки

будет происходить включение отключенной нагрузки и последующее её отключение, если напряжение на шинах подстанции будет ниже напряжения возврата реле KV1 и KV2. Указанное действие автоматики принято допустимым.

Для контроля исправности реле напряжения предусматриваются цепи сигнализации, которые действуют с выдержкой времени, превышающей максимальное время отключения коротких замыканий в сети и максимальное время действия автоматики на отключение нагрузки.

Для контроля положения двухпозиционных реле предусматриваются цепи сигнализации "Автоматика не возвращена".

3.2.2. АСН для подстанций на переменном оперативном токе

Альбом I

Принципиальная схема устройства АСН для подстанций на переменном оперативном токе приведена в альбоме 2, листы 8 и 9.

Схема устройства и его работа аналогичны схеме и работе устройства АСН для подстанций на постоянном оперативном токе.

Так как реле KS1 и KS2 на переменном токе выполнены замедленными при отключении, для создания выдержки времени на включение в схему дополнительно введено реле времени КТ4.

Замедление при отключении реле KS1 и KS2 в выходных цепях автоматики необходимо для предотвращения ложного включения линий 6-10 кВ при кратковременном пропадании оперативного тока.

В отличие от устройств отключения нагрузки по команде от централизованных устройств ПА, которые на ПС с переменным оперативным током применяются в исполнении для постоянного оперативного тока и включаются через блок ПНС-2, устройства

АСН применяются в исполнении для переменного сперативного тока.

Такое различие вызвано, тем, что, во-первых, АСН по принципу своего действия отстроена от коротких замыканий и в этом случае работать не должна, во-вторых, при длительных глубоких понижениях напряжения ниже 0,7Uном. вероятно будет наблюдаться самопроизвольное отключение нагрузки (саморазгрузка либо лавина напряжения), в третьих, включение АСН через БПНС-2 понижает надежность схемы, так как в схему вводится дополнительный элемент.

3.3. Выходные цепи автоматики

3.3.1. Выходные цепи линий 6-10 кВ для подстанций на постоянном оперативном токе

Альбом I

Принципиальная схема организации выходных цепей автоматики линий 6-10 кВ для подстанций на постоянном оперативном токе приведена в альбоме 2, лист 10.

Питание выходных цепей осуществляется от общего автомата АЧР. Отключение отдельных линий 6-10 кВ предусматривается воздействием от всех устройств автоматики на общее реле, устанавливаемое в ячейке КРУ для целей АЧР.

Для того, чтобы не происходило объединение сигналов различных устройств автоматики, для каждой линии предусматриваются разделительные диоды V Д1 и V Д2.

Эти диоды должны быть установлены в каждой ячейке отходящей линии 6-10 кВ при выполнении заводских чертежей по типовой работе Горьковского отделения ЭСП № 407-03-332.83. В случае если при разработке заводских схем эти диоды не будут предусмотрены в шкафах КРУ линий, то для них необходимо

заказывать отдельный блок диодных развязок, разработанный в настоящей работе (один блок для семи линий). Выходные цепи автоматики должны при этом воздействовать на блок диодных развязок и от него через отдельные кабели к каждой ячейке КРУ на индивидуальные реле АЧР.

При наличии на подстанции трех и более линий рекомендуется выходные цепи каждого вида автоматики пускать на отключение линий через отдельные блоки диодных развязок.

3.3.2. Выходные цепи линий 6-10 кВ для подстанций на переменном оперативном токе

Принципиальная схема выходных цепей автоматики линий 6-10 кВ для подстанций на переменном оперативном токе приведена в альбоме 2, лист II.

Для возможности разделения выходных цепей автоматики, они выполняются на постоянном токе. Для этого в схеме АЧР на выходе устанавливается диодный двухполупериодный выпрямитель (см.типовую работу Горьковского отделения института "Энергосетьпроект" № 407-03-324 "Схемы электрические принципиальные шкафов КРУ и КРУН 6-10 кВ ПС энергосистем на переменном оперативном токе со щитом управления".

Выходные контакты всех устройств автоматики запитываются от выхода выпрямителя и воздействуют через диодные развязки на индивидуальное промежуточное реле АЧР в каждой ячейке КРУ. Разделительные диоды для устройств АЧР и устройств АСН предусматриваются типовой работой № 407-03-324 в ячейках КРУ линий 6-10 кВ. При необходимости установки на подстанции устройства противоаварийной автоматики типа УОН необходимо предусматривать дополнительный блок диодных развязок.

Альбом I

3.3.3. Выходные цепи линий 35 кВ для подстанций на постоянном оперативном токе

Принципиальная схема выходных цепей автоматики линий 35 кВ для подстанций на постоянном оперативном токе приведена в альбоме 2, лист I2.

Схема выполнена для отдельного блока на две монтажных единицы.

Блок предназначен взамен выходного блока АЧР БА I77-78 при наличии на подстанции кроме АЧР устройств УОН или АСН.

Действие схемы аналогично действию схемы выходных цепей для линий 6-I0 кВ на постоянном оперативном токе.

Для удобства оперирования подключением линий к той или иной ступени в цепях каждого вида автоматики установлен ключ (по аналогии с выходным блоком АЧР БА-I77-76).

Отключение каждой линии 35 кВ производится двухпозиционным реле типа РП-8, устанавливаемым на данном блоке, в соответствии с типовыми решениями по АЧР 3459 тм.

3.3.4. Выходные цепи линий 35 кВ для подстанций на переменном оперативном токе

Принципиальная схема выходных цепей автоматики фидеров 35 кВ для подстанций на переменном оперативном токе приведена в альбоме 2, лист I3.

В части принципиальных решений схема аналогична схеме выходных цепей для подстанций на постоянном оперативном токе. Отличие заключается в том, что питание схемы осуществляется от двухполупериодного выпрямителя, который необходимо дополнительно установить в выходных цепях на панели АЧР.

СР 944-01

3.4. Автоматика ограничения перегрузки оборудования (АОПО)

Принципиальная схема АОПО приведена в альбоме 2, листы I4, I5. Устройства АОПО предназначены для ограничения повышения тока в электрооборудовании сверх допустимого уровня с учетом длительности повышения.

Если ток не превосходит значения, допустимого в течение 20 мин. и более, применение АОПО не требуется.

Устройства АОПО должны реагировать непосредственно на повышение тока в электрооборудовании.

Устройство АОПО имеет ступенчатое исполнение по выдержке времени и действует на разгрузку электростанций (разгрузка турбин, отключение генераторов), а также на отключение нагрузки, деление системы и в последнюю очередь на отключение перегружающегося оборудования.

В качестве пусковых органов АОПО используются токовые реле КАI, КА3, КА2, КА4, включенные на фазные токи ВЛ. Это позволяет отличить симметричный перегруз от несимметричного.

Если схема АОПО используется для разгрузки линии (АОПЛ), то пуск автоматики может быть дополнен контролем направления мощности.

При возникновении перегруза срабатывают токовые реле, запускающие реле времени I÷3 ступеней КТI÷КТ3, уставки которых выполняются возрастающими от первой к третьей ступени.

При срабатывании реле КТI запускается промежуточное реле КL.I, которое производит управляющее воздействие первой ступени. Если перегруз ликвидируется, то токовые реле, отпадая, возвращают схему в исходное состояние. Если же перегруз при действии первой ступени не ликвидируется, то срабатывает

Альбом I

реле КТ2, запускающее реле КL 2, которое производит управляющее воздействие второй ступени и т.д.

Выдержка времени реле КТ3 выбирается равной максимально допустимому по ПУЭ времени перегрузки данного оборудования. Контакты КТ3.I и КТ3.2 имеют одинаковую выдержку времени. Таким образом, одновременно с пуском 3 ступени управляющих воздействий запускается реле КТ4.

Если перегруз после действия третьей ступени не ликвидируется, то замыкается контакт КТ4 и происходит отключение перегружаемого оборудования.

В схеме предусмотрен контроль исправности цепей оперативного тока (реле К S I) и сигнализация срабатывания отдельных ступеней устройства.

При замене линейных выключателей обходным схемой предусматривается воздействие на обходной выключатель.

Альбом 1

3.5. Схема резервного АЧР с двумя реле частоты

Принципиальная схема резервного АЧР приведена в альбоме 2, листы I6, I7.

В отдельных энергосистемах или районах в случае возникновения значительных дефицитов мощности даже при действии основных устройств АЧР, может произойти глубокое снижение частоты и напряжения. В этих условиях может быть нарушена нормальная работа как электростанций системы, так и значительной части потребителей.

В соответствии с письмом Главтехуправления № 8-8/9-I327 от I6.04.84 на шинах II0 кВ опорных подстанций наряду с основными АЧР предусматривается установка устройств резервных АЧР, действующих первой ступенью (АЧР-I) на отключение отходящих тупиковых ВЛ II0 кВ и второй ступенью (АЧР-2) на отключение ВЛ

110 кВ с двухсторонним питанием.

Уставка реле частоты KF1 резервного АЧР должна быть выполнена наиболее низкой, по сравнению с уставками основных устройств АЧР-1 в прилегающем районе, а уставка реле времени КТ2 наиболее высокой по сравнению с уставками основных устройств АЧР-2. Уставка реле частоты KF2 может быть принята равной уставке реле частоты в основном устройстве АЧР-2.

Работает схема следующим образом.

При снижении частоты в энергосистеме срабатывает реле частоты KF2. Через замкнувшийся контакт KF2 срабатывает его повторитель реле KL6, которое своим замкнувшимся контактом запускает реле времени КТ2. Реле КТ2 контактом КТ2.1 с меньшей выдержкой времени замыкает цепь срабатывания реле KL3, являющегося выходным реле резервного АЧР-1 и действующего на отключение тупиковых ВЛ 110 кВ. Если реле частоты KF2 не возвратилось, то контактом КТ2.2 с большей выдержкой времени реле КТ2 замыкает цепь срабатывания реле KL4, являющегося выходным реле АЧР-2 и действующего на отключение ВЛ 110 кВ с двухсторонним питанием и реле KL2.

Для предотвращения включения линий 110 кВ устройствами их АПВ, а также для осуществления последующего ЧАПВ в цепь несоответствия АПВ включены размыкающие контакты реле KL3 и KL4.

Если частота в энергосистеме снижается быстро и достигает величины меньшей уставки реле KF1 быстрее уставки по времени КТ2.1, то работает реле частоты KF1. Через замыкающий контакт KF1 срабатывает его повторитель реле KL5, которое своим замыкающим контактом запускает реле времени КТ4.

По истечении выдержки времени КТ4 срабатывает выходное реле резервного АЧР1-KL3 и KL1.

Альбом I

Контакт KL I.2 используется для переключения уставки реле частоты KF I, автоматически увеличивая его частоту возврата. Аналогично используется контакт KL 2.2.

При подъеме частоты выше уставки возврата KF I(или KF2) происходит подготовка схемы для действия ЧАПВ. Возвращается контакт реле KL 5(или KL 6), срабатывает реле времени KT3. Контакт KT3.2 замыкается с меньшей выдержкой времени. Реле KL 4 и KL 2 возвращаются в исходное состояние и реле KL 4 разрешает повторное включение ВЛ IIO кВ с двухсторонним питанием.

С большей выдержкой времени замыкается контакт реле времени KT3.I. Реле KL I и KL 3 также возвращаются в исходное состояние и реле KL 3 разрешает повторное включение тупиковых ВЛ IIO кВ.

Таким образом, когда срабатывают обе очереди ЧАПВ, происходит возврат схемы в исходное состояние.

Если же в период действия ЧАПВ происходит повторное снижение частоты, схема ЧАПВ разбирается, после этого при соответствующем снижении частоты могут сработать ранее не подействовавшие ступени разгрузки, а при повторном восстановлении частоты цикл повторяется. При замене линейных выключателей обходным схемой предусматривается воздействие на обходной выключатель.

В схеме предусмотрена блокировка сигнала аварийного отключения линии.

Если линия отключилась в результате работы резервного АЧР, то размыкаются нормально замкнутые контакты KL I.I, KL 2.I, а реле времени KTI размыкает свой контакт в цепях сигнализации и сигнал аварийного отключения линии блокируется.

В схеме также предусмотрена сигнализация срабатывания

I и 2 очередей резервной АЧР.

3.6. Автоматика отключения и включения нагрузки по факту фиксированного перерыва питания (АФИП)

Автоматика состоит из двух устройств, одно из которых устанавливается на питающей, а другое на приемной подстанции.

Принцип действия автоматики основан на том, что передача каждой команды на отключение или команды на включение нагрузки осуществляется перерывом питания по питающей (или по одной из питающих) ВЛ на определенное (фиксированное) время.

В схеме предусмотрена блокировка для исключения излишнего срабатывания автоматики при несимметричных коротких замыканиях на линии, по которой передается команда.

Принцип действия блокировки основан на контроле появления напряжения обратной последовательности в течение времени более 0,I с, что позволяет отстроиться от неодновременного отключения и включения отдельных фаз выключателей и зафиксировать короткое замыкание на питающей линии. При этом учитывается, что короткое замыкание отключается за время большее, чем 0,I с. Указанная блокировка цепей разгрузки при несимметричных повреждениях не может быть использована в случаях, если разгрузка должна быть произведена немедленно вслед за отключением какого-либо элемента сети при коротком замыкании в нем. Блокировка автоматики при симметричных повреждениях или при повреждениях, перешедших в симметричные через время меньше 0,I с, не предусматривается из-за трудности в отличии этого вида повреждения от отключения питающих линий для цепей разгрузки и обратного включения потребителей и из-за малой вероятности такого вида повреждения. Исключение излишней работы автоматики на отключение или обратное включение нагрузки

Альбом I

в этом случае может быть достигнуто соответствующим выбором времени перерыва питания по линии.

С целью исключения блокировки АФПП при коротких замыканиях в сети, вызывающих работу автоматики на рассматриваемой подстанции, рекомендуется наименьший перерыв питания применять для передачи команды на обратное включение нагрузки. Средний по длительности перерыв рекомендуется применять для передачи команды на отключение нагрузки меньшей(первой) ступенью, и наибольший перерыв питания рекомендуется применять для передачи команды на отключение нагрузки большей (второй) ступенью. Последнее обусловлено также особенностями способа передачи команд, при которых несоблюдение этих рекомендаций может приводить к срыву обеих команд отключения нагрузки или большей из них при одновременном поступлении команд от устройств АПНУ, либо при поступлении одной из команд во время передачи другой. Команды на отключение нагрузки в указанных выше сетях должны выполняться без блокировки при коротких замыканиях и перерывы питания для этих команд должны быть отстроены по времени от цикла АПВ линии, по которой передается команда и АПВ шин питающей подстанции.

В схеме предусмотрена блокировка пуска АВР на приемной подстанции с целью исключения излишнего срабатывания АВР при отключении питающих линий для передачи команды на отключение или обратное включение нагрузки, когда время перерыва питания больше времени действия защиты от потери питания схемы АВР.

3.6.I. Устройство АФПП на питающей подстанции

Схема приведена на листах I8, I9. Устройство выполнено для передачи двух команд отключения нагрузки и одной команды включения нагрузки по трем питающим линиям.

Альбом I

При кратковременном появлении сигнала на отключение нагрузки I или 2 ступенью срабатывает промежуточное реле KL I или соответственно KL 2 и двухпозиционное реле KL 4 или соответственно KL 5. При этом отключаются выключатели соответствующих ВЛ и блокируются цепи их АПВ. На отключенных линиях наступает обусловленный автоматикой перерыв в электроснабжении. Одновременно запускаются реле времени KTI и KT7 или соответственно KT2, KT8.

После замыкания контактов реле времени KT7 или соответственно KT8 срабатывает двухпозиционное реле KL 7, выпадает блинкер KHI и включаются отключившиеся выключатели. По истечении выдержки времени замыкающего контакта KTI или соответственно KT2 двухпозиционное реле KL 4 или соответственно KL 5 возвращается в исходное положение и вслед за этим восстанавливаются цепи АПВ отключенных линий.

Аналогично работает устройство при команде от противоаварийной автоматики на включение нагрузки, отключенной ранее противоаварийной автоматикой. Восстановление питания потребителей будет происходить также и при замыкании персоналом кнопки SBI. Возврат двухпозиционных реле KL 4÷KL 7 в исходное состояние контролируется замыкающими контактами этих реле в схеме сигнализации.

Для исключения возможной потери обеих команд или одной из команд при подаче обеих команд одновременно или при подаче одной из команд во время передачи другой в схеме предусмотрены следующие мероприятия:

а) реле KL 4 первой(меньшей) ступени одновременно с пуском реле времени KTI и KT7 своей ступени запускает также реле времени второй(большей) ступени KT2 и KT8, работающие с большей выдержкой времени.

Это обеспечивает правильный отсчет времени передачи команды второй ступени в случае, если эта команда поступит позднее команды первой ступени;

б) реле КL 5 второй ступени возвращает промежуточное реле КL 4 и реле времени КТ1 и КТ7 первой ступени, что исключает передачу команды первой ступени после появления команды второй ступени. Размыкающий контакт КL 7 в цепи возврата промежуточного реле КL 4 предотвращает возврат реле КL 4 и КL 7, если от реле КL 7 уже подана команда на включение выключателя линии, т.е. закончен перерыв питания, необходимый для команды отключения нагрузки первой ступени;

в) размыкающие контакты КL 7 в цепях отключения запрещают отключение выключателей линий командой на отключение нагрузки в случае, если эта команда поступает в момент окончания предыдущей команды, т.е. в момент включения выключателей линий;

г) реле времени КТ5 и КТ6, и промежуточные реле КL 8 и КL 9 узла блокировки, предназначенные для запоминания факта появления команды второй ступени отключения нагрузки во время завершения команды первой ступени, т.е. во время включения выключателей линий, или несколько позднее этой команды, когда ещё не вернулись реле КL 4 и КL 7. Реле времени КТ5 и КТ6 узла блокировки запускается через размыкающие контакты реле КL 8.

Контакт реле КТ5 возвращает реле КL 5 после возврата реле КL 4 и КL 7 для надежной передачи команды первой ступени отключения нагрузки. Контакт реле КТ6 подает напряжение на реле КL 8, которое повторяет команду второй ступени ОН и возвращает реле времени КТ5.

При появлении команды первой ступени ОН в процессе передачи команды второй ступени первая команда не проходит, так как реле KL 4 после срабатывания тут же возвращается от находящегося в сработанном состоянии реле KL 5.

Таким образом, передача команды второй(большей) ступени ОН обеспечивается в любой момент её поступления: одновременно с командой первой ступени, в процессе передачи первой ступени, а также в момент включения выключателей после истечения выдержки времени команды первой ступени(в последнем случае с запоминанием факта поступления команды второй ступени и последующей выдачей этой команды).

В цепи возврата двухпозиционных реле KL 4÷KL 6 включены размыкающие контакты реле KL I÷KL 3, служащие для исключения многократного срабатывания схемы при длительной команде от ПА вследствие её неисправности.

Для получения необходимого разноса по времени включения питающих линий, одновременное включение которых недопустимо по условию работы аккумуляторных батарей, в схеме предусмотрены реле дополнительной выдержки времени КТ4 и КТ10. Включение одной из ВЛ производится с дополнительной выдержкой времени контактами реле КТ4. В общем случае, когда для разгрузки потребителей используется отключение на фиксированное время трех и более линий, имеющих выключатели с соленоидными приводами, разнос по времени на включение третьей и следующих линий достигается тем, что эти ВЛ включаются устройствами АПВ, обеспечивающими необходимый разнос. При этом включение присоединений осуществляется от АПВ после возврата реле KL 4÷KL 6.

При замене линейных выключателей обходным схемой предусматривается воздействие на обходной выключатель (ОВ).

Альбом I

3.6.2. Устройство АФПП на приемной подстанции с переменным оперативным током

Схема приведена на листах 20, 21.

Устройство предназначено для приема двух клманд на отключение и одной команды на обратное включение нагрузки, передаваемых с питающей подстанции посредством отключения одной из питающих ВЛ на три различных для каждой команды промежутка времени.

Фиксация перерыва питания по линии осуществляется с помощью реле времени КТ1÷ КТ3 с падающим якорем, которые при исчезновении питания по линии поочередно с различной выдержкой времени дают импульс на срабатывание двухпозиционных промежуточных реле КL 1÷3 на определенное время, после которого возвращают его обратно. Если в течение промежутка времени, в котором то или иное реле находится в состоянии срабатывания, линия включается под напряжение, происходит пуск цепей реализации соответствующей команды.

При наличии на подстанции синхронных двигателей напряжение на линии будет снижаться постепенно, поэтому для ускорения отпадания реле времени предусматривается дополнительный пуск этих реле по факту снижения частоты до 45 Гц. Указанное снижение будет происходить за время до 0,4÷2,5 с в зависимости от параметров и степени загруженности двигателей.

Схема работает следующим образом.

При снятии с подстанции напряжения исчезает питание реле времени КТ1÷КТ8.

При наличии на подстанции синхронных двигателей, когда частота будет понижаться быстрее, чем напряжение, цепи катушек реле

Альбом 1

времени разрываются размыкающими контактами реле KL8 – повторителя реле частоты. Катушка реле KL8 принята на напряжение 127 В с целью обеспечения надежности срабатывания реле в условиях пониженного напряжения. Однако, учитывая, что напряжение на отключенной секции шин может длительное время поддерживаться близким к номинальному (220 В), для ограничения тока через катушку реле KL8 последовательно с ней устанавливается добавочное сопротивление IR , защунтированное размыкающим контактом реле KL8.

После замыкания проскальзывающего контакта реле KT1 (KT2, KT3) от предварительно заряженного конденсатора срабатывает двухпозиционное реле KL1(KL2, KL3). Реле KL1(KL2) подготавливает цепь срабатывания двухпозиционных реле KL5 и KL6(KL7). Реле KL3 подготавливает цепь срабатывания реле KL5 и цепи возврата двухпозиционных реле KL6 и KL7.

После замыкания упорных контактов реле KT1(KT2, KT3) двухпозиционное реле KL1(KL2, KL3) возвращаются и схема приходит в исходное положение. Если за время нахождения двухпозиционного реле KL1(KL2) в сработанном состоянии на подстанции появляется напряжение, то это свидетельствует о работе первой (второй) ступени отключения нагрузки потребителей. При появлении напряжения срабатывают реле времени KT4 и KT8, предназначенное для фиксации момента появления напряжения на линии и пуска общего пускового реле KL5. Рекомендации по расчету уставок реле времени KT4 и KT8 приведены в п.3.3. Если пусковое реле KL5 срабатывает в промежуток времени между срабатыванием проскальзывающего и упорного контактов реле времени KT1, KT2 или KT3, то происходит пуск цепей отключения или включения нагрузки. После срабатывания двухпозиционного реле KL5, которое дает импульс на срабатывание реле

Альбом I

KL 6(KL 7), происходит разгрузка по первой(второй) ступени потребителей с блокировкой их АПВ.

Первая ступень отключения нагрузки производится подачей оперативного тока контактами реле KL 6 на шинку САОНI. К шинке САОН I перемычками подключается определенное число фидеров 6(IO) кВ.

Вторая ступень отключения нагрузки осуществляется подачей оперативного тока через контакты реле KL 7 - на шинки САОН I и САОН 2, причем к шинке САОН 2 подключаются другие фидера 6 (IO) кВ более ответственной нагрузки.

Использование двух последовательно включенных контактов реле KL 6 и KL 7 в цепях подачи сперативного тока на шинки САОН выполнено для надежного размыкания этими контактами цепей катушек большого числа индивидуальных реле "KL" фидеров 6(IO) кВ.

Альбом 1

Если за время нахождения двухпозиционного реле KL 3 в сработанном состоянии на подстанции появляется напряжение, то это свидетельствует о наличии команды на обратное включение отключенных потребителей.

Работа автоматики в этом случае происходит так же, как при наличии команды на отключение, с тем различием, что при срабатывании реле KL 5 совместно с реле KL 3 происходит возврат реле KL 6(KL 7), что приводит к включению потребителей, отключенных противоаварийной автоматикой от собственных АПВ.

Возврат двухпозиционного реле KL 5 происходит от контакта реле времени KT8.

Блокировка действия при несимметричных коротких замыканиях на отключение и включение нагрузки может быть выполнена включением в цепь катушек реле KL 6 и KL 7 размыкающих контактов реле KL 4, которое срабатывает от реле времени KT6 в

случае появления напряжения обратной последовательности на время, большее 0,1с.

Возврат реле KL 4 и деблокировка схемы осуществляется от реле времени КТ5. Установкой соответствующих перемычек на клеммах 1÷8 возможно выполнение первой или второй ступеней разгрузки и цепей включения потребителей как с блокировкой, так и без блокировки (см.таблицу на листе 21). В последнем случае время передачи команд должно быть отстроено от времени АПВ линии и АПВ шин на питающей подстанции.

Размыкающие контакты 3-7 реле KL 1÷KL 3, включенные в цепи пусковых реле КТ1÷КТ3, служат для исключения возврата в исходное положение реле КТ1÷КТ3 при подаче напряжения на подстанцию в промежутке между замыканием проскальзывающих и упорных контактов реле КТ1÷КТ3. При отсутствии контактов 3-7 реле KL 1÷KL 3 реле времени вернулись бы, не замкнув упорные контакты и не возвратив реле KL 1÷KL 3.

Для подстанций с переменным оперативным током, не имеющих ТН со стороны питания и на вводе трансформаторов, пусковые реле КТ1÷КТ3 и реле времени КТ4÷КТ7 включаются на трансформатор собственных нужд (ТСН), установленный до выключателя ввода.

Для обеспечения блокировки пуска АВР при работе АСУП в цепь контактов реле времени АВР на сторонах среднего и высшего напряжения подстанции включаются замыкающий контакт реле KL 4, размыкающий контакт реле времени КТ7 и накладка SX 4(SX 5).

(Схемы АВР приведены в типовых работах. См., например, лист ЭВ-5 из типовой работы "Вторичные соединения шкафов КРУ и КРУН 6-10 кВ подстанций энергосистем на переменном оперативном токе со щитом управления", инв.№ 3741тм-т1).

Альбом I

Реле KL4 срабатывает при КЗ на питающей линии, разрешает работу схемы АВР, размыкает цепь катушки реле КТ5 и удерживается в сработанном состоянии на время до замыкания замыкающего контакта реле КТ5, которое должно быть больше выдержки времени АВР на величину порядка 0,5 с.

Реле времени КТ7 обесточивается при снятии напряжения с линии и разрешает работу АВР с выдержкой времени большей, чем максимальное время действия АФПП. Указанная блокировка при ошибочном отключении линии (без КЗ) будет приводить к некоторой задержке АВР.

Накладки SX4 и SX5 служат для вывода блокировки АВР, например, при отключении устройств противоаварийной автоматики. Методика расчета выдержек реле времени КТ1÷КТ7 приведена в пунктах 4.2, 4.3, 4.4, 4.5.

3.6.3. Устройство АФПП на приемной подстанции с постоянным оперативным током

Схема автоматики приведена на листах 22, 23.

Принцип действия устройства и его схема в целом аналогичны устройству АВПП для приемных подстанций с переменным оперативным током. Отличие заключается в том, что питание оперативных цепей происходит от источника постоянного тока, поэтому отсутствует блок питания для реле KL1÷KL4, вспомогательное устройство реле частоты, реле времени КТ1÷КТ7, отсутствует добавочное сопротивление в цепи повторителя реле частоты KL8, так как реле KL8 принимается на номинальное напряжение 220 В и все реле, кроме пусковых, приняты в исполнении для постоянного тока.

4. МЕТОДИКА ВЫБОРА УСТАВОК

4.I. Определение времени снижения частоты

Реле частоты используется в схемах передачи команды на отключение нагрузки или обратное её включение типа АЧПП или АОЛ на приемных подстанциях, где есть синхронные двигатели. При отключении питающей ВЛ синхронные двигатели обуславливают медленное снижение напряжения на питающих шинах.

В этом случае работа автоматики АОЛ и особенно АЧПП затягивается и для обеспечения её более быстрой работы применен дополнительный пуск по снижению частоты. Уставку реле частоты следует принимать порядка 45 Гц для отстройки от АЧР-I. При потере питания снижение частоты на шинах, питающих синхронные двигатели, до 45 Гц происходит за время до 0,4÷2,5 с. Это время можно определить по формуле:

$$t_{сниж.ч.} = \frac{\tilde{T}_{j\,пр.}}{m_{мех.пр.}} \cdot \frac{\Delta f}{f_{ном}} = \frac{\tilde{T}_{j\,пр.}}{m_{мех.пр.}} \cdot \frac{5}{50} =$$

$$= \frac{\tilde{T}_{j\,пр.}}{m_{мех.пр.}} \cdot 0{,}1 \ [с] \text{, где} \qquad (I)$$

$\tilde{T}_{j\,пр.}$ =4÷15с – приведенная механическая постоянная времени агрегатов с синхронными двигателями;

$m_{мех.пр.}$=0,9÷0,6 – приведенный механический момент на валу двигателей в долях от номинального.

Методика определения $m_{мех.пр.}$ и $\tilde{T}_{j\,пр.}$ приведена в следующих работах:

а) М.И.Слодарж. Релейная защита и автоматика подстанции на ответвлениях при наличии мощных синхронных двигателей. "Электрические станции", 1969, №9, с.74-77;

б) М.И.Слодарж. Режимы работы, релейная защита и автоматика синхронных электродвигателей. М."Энергия", 1977, с.200-202.

4.2. Выбор уставок времени КТ1÷КТ3, КТ7÷КТ9 в схеме АВП на питающей подстанции и КТ1÷КТ3 на приемной подстанции

Методика расчета (без отстройки от АПВ) приведена для одной команды, выполненной на реле КТ1, КТ7 в схемах на питающей и на реле КТ1 на приемной подстанции. Расчет для реле времени КТ2, КТ3, КТ8, и КТ9 в схеме на питающей подстанции и реле КТ2, КТ3 в схеме на приемной подстанции выполняется аналогично.

Диаграмма расчета времени перерыва питания приведена на листе 24, альбом 2.

За исходное время при расчете принимается выдержка времени проскальзывающего контакта реле времени КТ1 в схеме на приемной подстанции. Для реле типа РВ-03 минимальная выдержка составляет 0,5 с.

Альбом I

Расчету подлежат выдержки времени реле КТ1, КТ7 на питающей и КТ1 приемной подстанциях. Выдержки времени на контактах реле КТ1 приемной подстанции должны быть таковы, чтобы в интервале между замыканием проскальзывающего и упорного контактов реле КТ1 на приемной подстанции последовательно происходило включение выключателя со стороны питания, замыкание контакта реле времени КТ4 на приемной подстанции, срабатывание промежуточных реле КL 5 и КL 6 на приемной подстанции и обеспечивался необходимый запас.

При расчете времен перерыва питания потребителей(время отключения ВЛ), необходимого для правильной работы исполнительной схемы отключения и включения потребителей, рассматриваются два крайних случая:

а) перерыв питания максимальный за счет положительной погрешности реле времени на питающем конце и максимального

времени включения выключателя, при этом на приемной ПС принимается отрицательная погрешность реле времени, фиксирующего время перерыва питания и проверяется, что надежно успевает сработать элементы схемы, фиксирующие появление напряжения.

С учетом сказанного, перерыв в питании на питающей подстанции должно быть:

$$t_{КТ7\ пит.к.} \leqslant -\Delta t_{КТ7\ пит.к.} - t_{вкл.выкл.макс.} + t_{КТ1\ уп.пр.к.} - \Delta t_{КТ1\ пр.к.} - t_{зап.} - t_{ср.кл5\ макс.пр.к.} - t_{ср.кл6\ макс.пр.к.} - t_{КТ4} - \Delta t_{КТ4} + t_{откл.выкл.мин.} \quad (2)$$

Отсюда:

$$t_{КТ1\ уп.пр.к.} \geqslant t_{КТ7\ пит.к.} + \Delta t_{КТ7\ пит.к.} + t_{вкл.выкл.макс.} - t_{откл.выкл.мин.} + t_{КТ4} + \Delta t_{КТ4} + t_{ср.кл5\ макс.пр.} + t_{ср.кл6\ макс.пр.к.} + t_{зап.} + \Delta t_{КТ1\ пр.к.} \quad (3)$$

Здесь:

t КТ7 пит.к – время замыкания контакта КТ7 в схеме на питающем конце линии;

Δt КТ7 пит.к=0,125с – погрешность времени замыкания контакта КТ7 в схеме на питающем конце линии;

t вкл.выкл.макс. – максимальное время включения выключателя на питающем конце линии;

t зап. – время запаса;

t откл.выкл.мин. – минимальное время включения выключателя на питающем конце линии;

t КТ1 уп.пр.к – время замыкания упорного контакта КТ1 в схеме на приемном конце линии;

Δt КТ1 пр.к=0,125 с – погрешность во времени замыкания контакта КТ1 в схеме на приемном конце линии

$t_{КТ4\ пр.к}$ – время замыкания контакта КТ4 в схеме на приемном конце линии;

$\Delta t_{КТ4\ пр.к}$=0,03 с – погрешность во времени замыкания контакта КТ4 в схеме на приемном конце линии;

$t_{с.р.KL5\ макс.пр.к}$=0,06 с – максимальное время замыкания контакта KL5 в схеме на приемном конце линии;

$t_{ср.KL6\ макс.пр.к}$=0,06 с – максимальное время замыкания контакта KL6 в схеме на приемном конце линии.

Если принять в качестве примера:

$t_{вкл.выкл.макс.}$=0,45с; $t_{зап.}$=0,25с; $t_{откл.выкл.мин.}$= =0,06с; $t_{КТ4\ пр.к}$ = 0,2с, то время замыкания упорного контакта реле времени КТI в схеме на приемном конце линии должно быть равно:

$$t_{КТI\ уп.пр.к} \geqslant t_{КТ7\ пит.к}+0,125+0,45-0,06+0,2+0,03+0,06+ +0,06+0,25+0,125с;$$

$$t_{КТI\ уп.пр.к} \geqslant t_{КТ7\ пит.к} + 1,25\ с;$$

б) перерыв питания минимальный за счет отрицательной погрешности реле времени на питающем конце и минимального времени включения выключателя, при этом на приемной подстанции учитывается задержка в запуске реле времени КТI÷3 из-за синхронных двигателей нагрузки и положительная погрешность этих реле времени. Расчет приведен для реле КТ7, для реле КТ8÷9 расчет аналогичен.

$$t_{КТ7\ пит.к.} \geqslant \Delta t_{КТ7\ пит.к.} - t_{вкл.выкл.мин.} + t_{отк.выкл.макс.} + t_{сниж.част.} + t_{KF} + t_{KL8} + t_{КТ1\ пр.пр.к.} - \Delta t_{КТ1\ пр.к.} + t_{ср.KL1\ макс.} - t_{зап.} \quad (4)$$

СФ944-01

Отсюда:

$$t_{КТ7\ пр.пр.к.} \leq t_{КТ7\ пит.к.} - \Delta t_{КТ7\ пит.к.} + t_{вкл.выкл.мин.} - t_{откл.выкл.макс.} - t_{сниж.част.} - t_{КГ} - t_{КL8} + \Delta t_{КТ1\ пр.к.} - t_{срабмакс.} - t_{зап.} \quad (5)$$

Здесь:

$t_{вкл.выкл.мин.}$ - минимальное время включения выключателя на питающем конце линии;

$t_{откл.выкл.макс.}$ - максимальное время отключения выключателя на питающем конце линии;

$t_{сниж.ч.}$ - время, за которое частота снизится до величины срабатывания реле частоты (см.п.3.1);

t_{KL8}=0,06с - время срабатывания реле KL 8 в схеме на приемном конце линии;

t_{KF} =0,15 с - время срабатывания реле частоты в схеме на приемном конце линии;

$t_{KT1\ пр.пр.к}$ - время срабатывания проскальзывающего контакта реле KT1 в схеме на приемном конце линии;

$t_{KT1\ пр.к}$=0,125с - погрешность времени срабатывания контакта реле KT1 в схеме на приемном конце линии.

Остальные обозначения соответствуют обозначениям в п.а).

Если принять, что

$t_{вкл.выкл.мич.}$=0,3с;

$t_{откл.выкл.макс.}$=0,08с; $t_{сниж.ч.}$=0,44с; $\Delta t_{KT1\ пр.к.}$ =0,125с;

$t_{KL1\ макс.}$=0,06с; $t_{зап.}$=0,25с, то время замыкания проскальзывающего контакта реле KT1 в схеме на приемном конце линии будет $t_{KT1\ пр.пр.к} \leq t_{КТ7\ пит.к}$ - 0,125+0,3-0,08-0,44-0,15-0,06+0,125-0,06-0,25= $t_{КТ7\ пит.к}$ - 0,74 с.

Несколько увеличив t зап.можно принять:

t КТ1 пр.пр.к=t КТ7 пит.к - 0,75с

В последней формуле времена t сниж.ч., $t_{кл}$, $t_{кл.в}$ следует учитывать только в случае, если от приемной подстанции питаются синхронные двигатели, которые могут некоторое время поддерживать частоту и напряжение при отключении питающей линии.

Таким образом, для определения уставок срабатывания реле времени на передающей и приемной подстанции при передаче первой команды (с минимальным перерывом питания) принимается минимальное время срабатывания проскальзывающего контакта реле времени на приемном конце линии, равное 0,5с.

Далее определяется уставка контакта реле времени на питающем конце линии по формуле 5. В нашем примере она равна

t КТ7 пит.к =t КТ1 пр.пр.к+0,75=0,5+0,75=1,25(с)

Далее определяется уставка контакта реле времени на приемном конце линии по формуле 3.

В нашем примере:

t КТ1 уп.пр.к= t КТ7 пит.к+1,25=1,25+1,25=2,5(с)

Для определения уставок реле времени следующей команды необходимо определить выдержку времени проскальзывающего контакта реле времени КТ2 на приемном конце линии по отстройке от времени замыкания упорного контакта реле времени предыдущей команды со ступенью селективности 0,5с. В нашем примере

t КТ2 пр.пр.к= t КТ1 пр.уп.к + 0,5с=2,5+0,5=3,0(с)

Остальные выдержки времени второй ступени, а также все выдержки времени третьей ступени определяются аналогично описанной выше методике.

В рассматриваемых примерах с учетом ступени между

соседними реле КТI+3, равной 0,5с, следует принять выдержки времени.

Таблица I.

	$t_{КТ}$ проск. конт.питающего конца	$t_{КТ}$ проск. конт.приемного конца	$t_{КТ}$ упорного конт.приемного конца
I команда	I,25с	0,5с	2,5с
2 команда	3,75с	3,0с	5,0с
3 команда	6,25с	5,5с	7,5с

Для отстройки от АПВ питающей линии времена автоматики должны удовлетворять следующим условиям

$$t_{защ} + t_{АПВ} + \Delta t_{АПВ} + t_{вкл.выкл.макс.} + t_{зап.} \geq t_{КТ\,пр.пр.к.} + \Delta t_{КТ\,пр.к.} + t_{ср.кл\,макс.} \qquad (6)$$

где $t_{защ.}$ - время действия защиты

$t_{АПВ}$ - выдержка времени АПВ линии

$\Delta t_{АПВ}$ =0,I25с - погрешность реле времени АПВ.

Остальные обозначения приведены выше.

Отсюда:

$$t_{КТ\,пр.пр.к.} \leq t_{защ.} + t_{АПВ} + \Delta t_{АПВ} + t_{вкл.выкл.макс.} + t_{зап.} - \Delta t_{КТ\,пр.к.} - t_{ср.кл\,макс.} \qquad (7)$$

Если принять $t_{защ.}$=0,I5с, $t_{вкл.выкл.макс.}$=0,45с, $t_{зап.}$=0,25с, то

$t_{КТ\,пр.пр.к} \leq 0,I5 + t_{АПВ} + 0,I25 + 0,45 + 0,25 - 0,I25 + 0,06 =$

$= t_{АПВ} + 0,79$с

При $t_{АПВ}$=2с, $t_{КТI пр.пр.к}$=2+0,79=2,79 ≈ 3с

Альбом I

СФ 944-07

Из сопоставления расчета по формуле 6 и таблицы I видно, что 2 и 3 команды уже отстроены от цикла АПВ, поэтому их целесообразно использовать для передачи команды на отключение нагрузки соответственно для I и II очереди и выполнить без блокировки при несимметричных повреждениях. Учитывая то обстоятельство, что обратное включение нагрузки не приводит к ущербу, можно выполнять обратное включение нагрузки первой командой, не отстроенной от цикла АПВ. При этом её целесообразно выполнить с блокировкой при несимметричных повреждениях. При выполнении её без блокировки возможно преждевременное автоматическое включение нагрузки, отключенной от противоаварийной автоматики, в случае, если между командами на отключение и обратное включение нагрузки будет иметь место повреждение питающей ВЛ с успешным АПВ.

В каждом конкретном случае расчет следует проводить отдельно с учетом действительных характеристик срабатывания оборудования.

Контакты реле времени КТ1÷КТ3 на питающем конце предназначены для возврата схемы в исходное состояние после передачи сигнала. Выдержка времени выбирается по формуле:

$$t_{КТ1\ пит.к} = t_{КТ7\ пит.к} + t_{макс.вкл.выкл.} + t_{зап.} \qquad (8)$$

где:

$t_{КТ1\ пит.к}$ – выдержка времени контакта реле времени на питающем конце линии.

$t_{макс.вкл.выкл.}$ – максимальное время включения выключателей линий, которое учитывает суммарное время работы дополнительного реле времени КТ4 или АПВ(если включение осуществляется через КТ4 или через АПВ,

см.соответственно цепи включения ВЛ-5 и ВЛ 6 на поясняющей схеме черт.I8) и собственное время включения выключателя.

t зап.=0,25с - время запаса.

Остальные обозначения соответствуют обозначениям, приведенным в формулах 2 и 4.

4.3. Выбор уставок реле времени КТ4 и КТ8 в схеме АФПП на приемной подстанции

Выдержка времени контакта реле КТ4 принимается минимальной - 0,I+0,2с. Выдержка времени контакта реле КТ8 выбирается таким образом, чтобы в промежуток времени между замыканием контактов этих реле времени, на приемной подстанции успевали надежно сработать промежуточные реле KL 5 и KL 6 (KL 7).

$$t_{КТ8\,пр.к.} = t_{КТ4\,пр.к.} + t_{KL5} + t_{KL6} + t_{зап.} \qquad (9)$$

где обозначения соответствуют приведенным в формулах 2 и 4.

Если принять

t зап.=0,25с, то

t КТ8 пр.к = 0,2+0,06+0,06+0,25=0,57с $\approx$ 0,6с

4.4. Выбор уставок реле времени КТ5 и КТ6 в схеме АФПП на приемной подстанции

Реле времени КТ6 предназначено для отстройки блокировки от кратковременного появления несимметрии при неодновременном включении фаз выключателя.

За время отключения КЗ на питающей линии должны успеть сработать реле ZVI, КТ6 и KL 4. С учетом этого выдержка времени реле КТ6 должна составлять порядка 0,05с. Такую

уставку допустимо поставить, учитывая, что последовательно с проскальзывающим контактом реле КТ6 включен мгновенный замыкающий контакт этого же реле.

Реле времени КТ5 предназначено для возврата реле блокировки при коротком замыкании. Выдержка времени реле КТ5 должна приниматься по отстройке от времени передачи команды, воспринимающей наибольший перерыв в электроснабжении и выполняемой с блокировкой по напряжению обратной последовательности

$$t_{КТ5} = t_{КТ1(2,3)\,уп.пр.к.} + \Delta t_{КТ5} + \Delta t_{КТ1(2,3)} + t_{зап.}$$

где $t_{КТ1(2,3)\,уп.пр.к.}$ – выдержка времени упорного контакта реле времени КТ1, 2 или 3 на приемной подстанции и фиксирующего наибольшее время передачи команд, выполняемых с блокировкой по напряжению обратной последовательности.

4.5. Выбор уставок реле времени КТ7 в схеме АФПП на приемной подстанции

Реле времени КТ7 предназначено для блокировки АВР при работе АФПП. Реле выводит АВР из работы на время действия АФПП, т.е. выдержка времени КТ7 принимается больше, чем выдержка времени упорного контакта реле времени, фиксирующего самый большой перерыв питания по линии.

$$t_{КТ7} = t_{КТ1(2,3)\,макс.\,уп.пр.к.} + \Delta t_{КТ7} + \Delta t_{КТ1(2,3)\,макс.} + t_{зап.} \qquad (11)$$

где $t_{зап.}$=0,25с – время запаса.

Альбом I

$t_{КТ1(2,3)\ макс.уп.пр.к}$ – уставка одного из реле времени I, 2 или 3, фиксирующего максимальный перерыв питания.

$t_{КТ7}$=0,25с – погрешность времени срабатывания контакта реле КТ7.

$\Delta t_{КТ1(2,3)\ макс.}$=0,25с – максимальный разброс реле КТ1(2, 3).

4.6. Выбор уставок реле времени КТ5 и КТ6 в схеме АЧПП на питающей подстанции

Выдержка времени контакта КТ5 выбирается из условия обеспечения надежного включения выключателя линии после того, как был подан импульс на включение при передаче команды первой ступени ОН.

$$t_{КТ5} \geqslant t_{макс.вкл.выкл.} + \Delta t_{КТ5} + t_{зап.} \qquad (12)$$

где

$t_{КТ5}$ – выдержка времени контакта КТ5.

$\Delta t_{КТ5}$ – погрешность реле времени КТ5.

$t_{зап.}$=0,25с – время запаса

$t_{макс.вкл.выкл.}$ – то же, что в формуле 8.

Выдержка времени контакта реле КТ6 выбирается по отстройке от времени срабатывания контакта КТ5.

$$t_{КТ6} = t_{КТ5} + t_{зап.} \qquad (13)$$

где $t_{зап.}$ принимается равным 0.25с.

4.7. Выбор уставок фильтр-реле напряжения обратной последовательности в схемах АЧПП

Для получения наилучшего коэффициента чувствительности

Альбом I

фильтр-реле напряжения обратной последовательности рекомендуется принимать уставку его срабатывания минимальной, т.е. 6В.

4.8. Выбор уставок реле, контролирующих напряжение в схемах АСН

Уставка минимального реле напряжения KV4 в схеме АСН принимается равной 40% $U_{ном}$.

4.9. Выбор уставок реле напряжения KVI, KV2 и KV3 в схеме АСН

Уставка реле KVI и KV2, фиксирующих понижение напряжения, определяется условиями сохранения устойчивой работы синхронных и асинхронных двигателей.

Рекомендуется принимать эту уставку равной 80% $U_{ном}$.

Уставку реле KV3, фиксирующего восстановление напряжения, рекомендуется принимать равной 95% $U_{ном}$., так как при таком напряжении режим системы близок к нормальному.

4.I0. Выбор уставок реле времени устройств АСН

Устройства АСН устанавливаются, как правило, на ряде подстанций, где ожидается одновременное снижение напряжения. Поэтому, учитывая некоторую неопределенность в необходимом количестве отключения нагрузки, уставки реле времени, действующие на отключение, рекомендуется разносить по времени со ступенью селективности 0,5÷I с, то есть отключение нагрузки необходимо производить постеменно до тех пор, пока напряжение не поднимается выше 85% $U_{ном}$.

Аналогично следует производить постепенное включение нагрузки при восстановлении напряжения также со ступенью

селективности 0,5÷1с.

Выдержка времени первой ступени автоматики на той подстанции, где нагрузка отключается в первую очередь, должна быть на 0,5÷1с больше максимального времени действия защит линий, при которых остаточное напряжение на шинах подстанции снижается до 60% U ном. На второй подстанции (или группе подстанций) выдержка времени первой ступени должна быть на ступень селективности больше выдержки времени первой ступени на первой подстанции (или группы подстанций), а также удовлетворять упомянутым выше для первой ступени условиям остаточных напряжений на данной подстанции и так далее. Очередность выбора подстанции должна определяться по условию категорийности и удаленности нагрузки, т.е. в первую очередь необходимо отключать наименее ответственных и наиболее удаленных потребителей.

При недостаточности отключения нагрузки первой ступенью действует вторая ступень. Выдержка времени второй ступени на первой подстанции(или группе подстанций) выбирается на ступень селективности больше, чем максимальная выдержка времени первой ступени на последней подстанции (или группе подстанций). Далее выдержки времени второй ступени выбираются аналогично выдержкам времени первой ступени.

Ступени выдержки времени на включение выбираются аналогично, но здесь автоматика должна действовать в обратном порядке очередности, т.е. нагрузка, отключенная в последнюю очередь, должна включаться первой.

Выдержка времени первой ступени на включение нагрузки должна приниматься равной 1÷2 с для надежности восстановления напряжения.

Альбом I

Выдержка реле времени КТ3 возврата схемы автоматики принимается порядка 10 мин.

4.11. Выбор уставок устройств АОПО

Уставки по току срабатывания реле КА1÷КА4 для всех устройств АОПО выбирается по формуле:

$$J_{уст.} = \frac{Кн}{Кв} I_{длит.доп.},$$

где Кн=1,2 - коэффициент надежности

Кв=0,99 - коэффициент возврата

Для устройства АОПЛ (автоматики ограничения перегрузки линий) $J_{длит.доп.}$ - длительно допустимый ток на провод.

Для устройств АОПА(автоматики ограничения перегрузки автотрансформаторов):

$J_{длит.доп.}=1,4\ J_{ном.}$

Уставки по времени реле КТ1÷КТ3 выбираются в каждом конкретном случае в зависимости от типа перегружаемого оборудования и возможных аварийных ситуаций в рассматриваемой сети и принимаются в пределах:

- для АОПЛ 0,1÷10 мин.
- для АОПА 1÷100 мин.

Альбом I

5. ПАТЕНТНАЯ ЧИСТОТА И ПАТЕНТОСПОСОБНОСТЬ

При разработке типовых материалов для проектирования "Принципиальные схемы исполнительных устройств отключения нагрузки от противоаварийной автоматики", предназначенного для сооружения на территории СССР, проверка его на патентную чистоту и патентоспособность проводилась в отношении СССР.

Составленные в результате проверки справки о поиске, отчет о патентных исследованиях и патентный формуляр хранятся в архиве Уральского отделения института "Энергосетьпроект".

Общие выводы на основании отчета о патентных исследованиях.

Проект "Принципиальные схемы исполнительных устройств отключения нагрузки от противоаварийной автоматики" обладают патентной чистотой в отношении СССР. Действующие патенты не обнаружены. Использованы авторские свидетельства:

1. а.с. № 607307 "Устройство для автоматического управления мощностью нагрузки".

2. а.с. № 656152 "Устройство разгрузки для района электрической сети".

3. а.с. № 681505 "Способ разгрузки энергосистемы с параллельными линиями".

4. а.с. № 826497 "Устройство для управления мощностью нагрузки при снижении напряжения".

5. а.с. № 951552 "Устройство для разгрузки района электрической сети".

Изобретения других организаций не применены.

СФ944-01

Выписка из патентного формуляра инв.№ I2009тм типовых материалов для проектирования "Принципиальные схемы исполнительных устройств отключения нагрузки от противоаварийной автоматики"

Данное решение обладает патентной чистотой в отношении СССР.

В разработанном решении все составные элементы проекта обладают патентной чистотой.

Комплектующих изделий, не обладающих патентной чистотой, не имеется.

Патентный формуляр составлен I2 октября I987г.

Проверка патентной частоты проводится в связи с новой разработкой решений.

Альбом. I

gost.e-ecolog.ru