

**М. Л. ГОЛУБЕВ**

**АВТОМАТИЧЕСКОЕ**

**ПОВТОРНОЕ**

**ВКЛЮЧЕНИЕ**

**В**

**РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ**

**СЕТЯХ**

**ЭНЕРГОИЗДАТ**

***Библиотека ЭЛЕКТРОМОНТЕРА***

Основана в 1959 г.

***Выпуск 546***

*М.* **Л. ГОЛУБЕВ**

**АВТОМАТИЧЕСКОЕ ПОВТОРНОЕ ВКЛЮЧЕНИЕ В РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ**

ЕЭ

**ББК 31.27-05**

**Г62**

УДК 621.316.1.064-52

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

В. Н. Андриевский, С. А. Бажанов, Ю. В. Зайцев, Д. Т. Ко­маров, В. П. Ларионов, Э. С.- Мусаэлян, С. П. Розанов, В. А. Семенов, А. Д. Смирнов, А. Н. Трифонов, П. И. Усти­нов, А. А. Филатов

**Голубев М. Л.**

Г62 Автоматическое повторное включение в распре\* делительных сетях. — М.: Энергоиздат, 1982.—96с., ил.

(Б-ка электромонтера; Вып. 546.).

25 к.

Рассматриваются основные схемы и конструкции аппаратуры АПВ линий, шин и трансформаторов. Даются расчет установок АПВ и со- гласоваиие их с уставками релейной защиты и источниками опера­тивного тока. Приведены основные рекомендации по наладке и экс­плуатации АПВ.

Для электромонтеров, занимающихся монтажом, наладкой и экс­плуатацией устройств релейной защиты и автоматики.

**2302040000-581 ББК 31.27-05**

**Г 115-82**

**051(01)-82 6П2.13**

**ПРЕДИСЛОВИЕ**

«Основные направления экономического и социального развития СССР на 1981—1985 го­ды и на период до 1990 года», принятые XXVI съездом КПСС, предусматривают даль­нейшее развитие основных и распределитель­ных сетей Единой энергосистемы (ЕЭС) СССР.

В комплексе работ по совершенствованию управления энергетикой важное значение при­надлежит автоматизации технологических про­цессов производства и передачи электроэнер­гии. Большое внимание при этом уделяется автоматизации распределительных сетей и подстанций. Разнообразные устройства авто­матики обеспечивают комплексную автомати­зацию сетей, автоматическое восстановление питания потребителей при аварийных наруше­ниях. Одним из основных видов автоматики является автоматическое повторное включение (АПВ) линий электропередачи, которому и по­священа настоящая книга. Материал книги изложен таким образом, чтобы дать читателю представление об особенностях эксплуатации и наладки АПВ с учетом конкретных условий размещения аппаратуры на подстанциях.

Книга содержит описание схем АПВ, широ­ко применяемых в распределительных сетях. Материал книги изложен в достаточно полном объеме.

Все замечания и пожелания по содержанию книги следует направлять по адресу: 113114, Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10, Энергоиз- дат

*Автор*

1. **ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ ОБ АПВ**

Автоматическое повторное включение (АПВ) выклю­чателей в современных энергосистемах является одним из основных средств повышения надежности работы энергосистем и бесперебойности питания потребителей.

Длительный опыт эксплуатации показал, что значи­тельное количество нарушений изоляции электроустано­вок вообще и воздушных линий в особенности является неустойчивым и самоустраняется после снятия напря­жения. Такие повреждения возникают в результате гро­зовых перекрытий изоляции, схлестывания проводов при ветре и сбрысывания гололеда, падения деревьев, заде­вания проводов линий движущимися механизмами (кра­ны, стогометатели).

Если время действия релейной защиты невелико, то электрическая дуга, возникшая в месте нарушения изо­ляции, не успеет нанести значительные повреждения (перегорание проводов, полное разрушение изолятора) и включенная повторно линия остается в работе, т. е. происходит успешное АПВ. Устойчивые повреждения, такие как обрыв проводов, замыкание проводов оборван­ным грозозащитным тросом, поломки и падения опор, происходят значительно реже. В этих случаях АПВ явля­ется неуспешным, линия снова отключается релейной защитой. По многолетним данным, успешность АПВ всех YnnoB и напряжений в Советском Союзе доходит до 70— 80%.

Опыт эксплуатации показывает, что успешность АПВ сильно зависит от номинального напряжения линий. На линиях НО—500 кВ успешность АПВ значительно выше, чем на линиях 6—35 кВ. Это объясняется малым време­нем работы релейной защиты (обычно не более 0,15 с), большим сечением проводов, применяемых на этих ли­ниях, обычно сталеалюминиевых и медных, большими расстояниями между проводами линий, высокой механи­ческой прочностью опор.

В сетях 6—35 кВ время работы релейной защиты зна­чительно больше (несколько секунд), сечения проводов значительно меньше, широко применяются алюминиевые провода, расстояние между проводами меньше, меньше и механическая прочность опор. Поэтому больше разру­шения, вызываемые электрической дугой в месте корот­кого замыкания, больше возможности для возникновения устойчивых междуфазных коротких замыканий и повреж­дений в результате механических нарушений (обрывы, поломки), и успешность действий АПВ значительно ниже.

В кабельных сетях успешные АПВ бывают значитель­но реже, чем в воздушных. Это объясняется как самой конструкцией кабелей — малым расстоянием между жи­лами, так и причинами повреждения кабелей. При свое­временных испытаниях изоляции кабелей электрический пробой ее случается редко, и основными повреждениями кабелей являются механические повреждения при раз­личных землекопных и строительных работах, обрывы кабелей при оседании грунта и т.п. При таких повреж­дениях успешного АПВ практически не бывает. Успеш­ное АПВ в кабельных сетях возможно лишь при пере­крытиях изоляции распределительных устройств (транс­форматорные помещения, распределительные пункты).

Автоматическое повторное включение шин 35--- 110 кВ обычно бывает успешным, что связано с малым временем работы релейной защиты (дифференциальная защита шин) и большими расстояниями между провода­ми. Кроме того, практически исключаются такие причи­ны коротких замыканий, как падение деревьев, наезд движущихся механизмов и т. п. Успешность АПВ шин 6—10 кВ значительно ниже из-за большого времени ра­боты релейной защиты, малых расстояний между шина­ми и затрудненности отвода продуктов горения дуги.

^Успешность АПВ при повреждениях трансформаторов ничтожно мала, зато достаточно велика при коротких замыканиях на питающихся от них шинах 6—35 кВ и от­казах устройств защиты или выключателей питающихся от этих шин линий.

Весьма эффективно АПВ при ошибочных действиях персонала, а также при проходящих нарушениях изоля­ции оперативных цепей, вызывающих отключение выклю­чателя. Наряду с другой электроавтоматикой АПВ яв­ляется одним из основных средств, позволившим на по­давляющем большинстве подстанций распределительных сетей отказаться от постоянного дежурного персонала и перевести их на обслуживание оперативно-выездной бригадой (ОВБ).

Применение АПВ обеспечило возможность широкого применения в распределительных сетях подстанций 35— ПО кВ, выполненных без выключателей на стороне выс­шего напряжения. Сочетание действия устройств АПВ и релейной защиты позволяет применять неселективную защиту с последующим исправлением неселективного действия, вводить ускорения действия релейной защиты до и после АПВ.

Применение более сложных видов АПВ, таких как быстродействующее АПВ, несинхронное АПВ, однофаз­ное АПВ, различных видов АПВ с проверкой, улавлива­нием и ожиданием синхронизма, АПВ после работы ав­томатической частотной разгрузки (АЧР) резко повыси­ло надежность и устойчивость работы энергосистемы в целом.

Все указанные выше достоинства АПВ привели к то­му, что в настоящее время Правилами устройства элек­троустановок [1] и другими директивными материалами применение АПВ признано обязательным на всех воз­душных и кабельно-воздушных линиях всех напряжений. Отказ от применения АЙВ должен быть в каждом слу- £,чае обоснован.

В кабельных сетях напряжением 35 кВ и ниже АПВ должно применяться, если линия питает несколько под­станций, не имеющих автоматически включаемого резерв­ного питания. Автоматическое повторное включение шин подстанций обязательно при наличии специальной за­щиты шин, обычно при наличии дифференциальной за­щиты шин в различных вариантах. Автоматическое пов­торное включение обязательно для всех одиночных пони­жающих трансформаторов мощностью более 1000 кВ-А, имеющих выключатели и релейную защиту со стороны питания.

Опытом эксплуатации и специальными исследования­ми установлены основные обязательные требования к схемам и конструкциям АПВ, регламентированные ПУЭ и различными директивными материалами. Ниже приво­дятся основные требования к АПВ.

/ 1. Устройства АПВ не должны действовать при.опера­

тивном отключении выключателя вручную, от ключа уп- ' равления и по телеуправлению, а также при оператив­ном включении выключателя на короткое замыкание любым способом.

1. Должна быть исключена возможность многократ­ного включения на устойчивое короткое замыкание, осо­бенно при различных неисправностях, при отказе любо­го контакта в схеме АПВ.
2. Схемы устройств АПВ должны обеспечивать уско­рение действия устройств релейной защиты до и после АПВ, иметь автоматический возврат для необслуживае­мых подстанций, обеспечивать блокировку АПВ при ра­боте некоторых устройств противоаварийной автоматики и релейной защиты (частотная разгрузка, защиты транс­форматоров от внутренних повреждений), обеспечивать ввод в работу и вывод из работы оперативным персона­лом.

В Советском Союзе устройства АПВ применяются уже около 40 лет. За это время было разработано, изго­товлено и проверено длительным опытом эксплуатации в разных энергосистемах множество схем и конструкций устройств АПВ. Некоторые из этих конструкций, как, на­пример, мгновенные механические АПВ грузовых приво­дов, оказались неудачными и были сняты с производст­ва. Многие представляют в настоящее время лишь исто­рический интерес. Подробно рассмотреть все эти схемы и конструкции невозможно.

В настоящее время строительство новых подстанций ведется по типовым схемам, выпускаемым промышлен­ностью в виде готовых к установке отдельных панелей или целых комплектных подстанций. Именно такие схе­мы рассматриваются в дальнейшем.

Для облегчения использования книги при наладке ре­альных устройств АПВ в ней сохранены условные обо­значения аппаратуры, примененные заводами-изготови­телями и проектными организациями в своей документа­ции— типовых проектах и заводских каталогах. Не рассматриваются сложные схемы устройств АПВ, почти не применяемые в распределительных сетях, такие как бы­стродействующее АПВ, несинхронное АПВ, АПВ с улав­ливанием синхронизма, АПВ воздушных выключателей; эти устройства АПВ рассмотрены в соответствующей технической’литературе [2, 3]. Не рассматриваются кон­струкции таких распространенных реле, как реле време­ни, промежуточные и подобные, неоднократно описанные

в технической литературе, откуда и взяты основные тех­нические данные рассматриваемых реле, схемы внутрен­них соединений и обозначение элементов [4, 5].

1. **АВТОМАТИЧЕСКОЕ ПОВТОРНОЕ ВКЛЮЧЕНИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ с пружинными приводами**

Одно время промышленность выпускала пружинные

и грузовые приводы с встроенным мгновенным механи­ческим устройством АПВ. Конструкция оказалась чрез­мерно сложной и ненадежной, сам принцип мгновенного АПВ противоречил совре­

менным требованиям, и при­воды были сняты с произ­водства.

Выпускаемые промыш­ленностью комплектные вы­ключатели, например ВС-10 [6] с первичными макси­мальными реле, пружинным приводом и встроенным ме-

• ханическим двукратным уст-

Рис. 1. Заводская схема уст- ройством АПВ, в крупных п°нв™апп &F’ вст₽оенного в распределительных сетях привод - мало применяются из-за ма­

лой разрывной мощности и номинального тока выключателя, сложности конструк­ции, требующей для надежной работы очень тщательно­

го изготовления и наладки, и трудности эксплуатации из-за установки выключателя на опоре. Все эти конструк­ции АПВ неоднократно описаны в литературе и здесь .не рассматриваются.

На рис. 1 приведена схема электрического устройства АПВ с выдержкой времени, встроенного в привод ПП-67, Конструкция привода описана в [7].

Работает схема следующим образом: при отключении выключателя от встроенных вторичных реле прямого действия или электромагнита релейного отключения кон­такт аварийного отключения выключателя БКА оста­ется замкнутым и создает цепь на включеТГйёгТП/У— *АПВ—БК.А—В—КГП—ЭВ—2ШУ.* При отключении от механической кнопки отключения или электромагнита дистанционного отключения контакт *БКА* размыкается и запрещает действие устройства. Такая работа *БКА* обе­

спечивается отключающим механизмом привода. Часо­вой механизм устройства АПВ пускается также меха­низмом привода; *КГП—*контакт готовности пружин, уп­равляемый .электродвигателем завода пружин АМР, замыкается после окончания завода пружин; при успеш­ном АПВ схема возвращается в исходное положение. *ЭО* и *ЭВ —* электромагниты дистанционного отключения и включения, *КО* и *КВ —* кнопки управления.

Пуск электродвигателя *АМР* завода пружины произ­водится независимо от положения выключателя конеч­ным контактом *ВК,* замыкающимся пружинами при включении выключателя. Однократность АПВ при неус­пешном первом включении согласно заводской информа­ции предполагалось обеспечить тем, что время срабаты­вания устройства АПВ меньше времени завода включа­ющих пружин —- будет разомкнут временно-заМыкаю- ЩИйся контакт устройства *АПВ.* Однако при включении на короткое замыкание одновременно начинает работать релейная защита и заводится Пружина. Если время ра­боты релейной защиты окажется больше времени заво­да пружины, то к моменту отключения выключателя пру­жины будут заведены, и произойдет еще одно повторное включение независимо от выдержки времени устройст­ва АПВ. Кроме того, если по любым причинам после пер­вого неуспешного АПВ не разомкнется контакт устрой­ства *АПВ,* то будет .многократное повторное включение независимо от времени работы и времени завода пружин: как только окончится завод пружин, контакт *КГП* замы­кает цепь включения, при этом вспомогательный кон­такт вала привода *В* может замыкаться раньше или поз- ж:е *КГП.* Такая работа схемы АПВ вызвана тем, что пуск электродвигателя завода пружин производится не­зависимо от положения выключателя только конечным контактом *ВК,* замыкающимся пружинами при отклю­чении выключателя. Это противоречит требованиям ПУЭ о невозможности многократного включения при неис­правности любого контакта.

Из-за этих недостатков заводская схема по рис. 1 в эксплуатации не используется. На рис. 2, а дана изме­ненная схема устройства АПВ для привода ПП-67, при­мененная одним из заводов для комплектных трансфор­маторных подстанций в КРУ 6—10 кВ. Основным и принципиальным отличием ее является пуск электродви­гателя завода пружин двумя контактами: *БКЭ,* замыка-

ющимся пружинами при включении выключателя, и *В.2—* вспомогательным контактом вала привода, замк­нутого при включенном выключателе. Таким образом, за­вод пружин может закончиться только при длительно включённом выключателе. Принципиальным отличием этой и подобных схем является согласование по време­ни: максимальное время работы релейной защиты (для защит с зависимыми характеристиками выдержек време­ни— время при токе срабатывания) должно быть на не­сколько секунд.меньше минимального времени завода цружин, обычно — при напряжении оперативного тока, равном Т,ТО номинального напряжения электродвигате­ля. Необходимость согласования времен вызвана тем, что для завода пружин применен коллекторный электро­двигатель постоянного и переменного тока типа МУН, число оборотов которого, а следовательно, и время заво­да пружин зависят от напряжения питания: чем выше напряжение питания, тем больше число оборотов двига­теля и меньше время завода пружин. Запас в несколько секунд дается потому, что натяжение пружин, а следова­тельно, и время их завода зависят от типа выключателя, конструкции механической передачи от вала привода к

валу выключателя, качества регулировки, состояния .под­шипников и смазки, окружающей температуры и прочих причин. Кроме того, времена измеряются прн наладке и каждом новом включении, а после большого количест­ва срабатываний все механические детали постепенно прирабатываются, и время завода пружин уменьшается. Схема на рис. *2, а* работает следующим образом: при от­ключении выключателя создается цепь включения АПВ: *1ШУ—11Н—15РУ—БКА—АПВг-В.З—БК.2—ЭВ—ЯШУ.* В этой цепи *11Н —* накладка для оперативного вывода устройства АПВ из работы, *БК—*контакт готовности пружин, *15РУ —* указательное реле, сигнализирующее о работе устройства АПВ. Остальные элементы этой цепи те же, что и в схеме на рис. 1.



*^2ШУ*

*-1ШЧ*

*РПВ*

*РП*

*РПГ*

*ЗЗП*

*ВЛ^'*

*РПГУ.*

*-11ЧРУ*

.Щ/Уд *'ШАУР18 1ПАЧРЦ ШАЗ*

*ШЛ ypial* Г Гр

*нс юс РП6 ^ 30*

*К РФ*

*Е ЭЗ*

*РПГУ*

*6 К.2 8.3*

*11РФ 15РУ ЗВ*

*11Но*

*11РВ\ п*

*РПТЧ.З*

*РП*

Рис. 2. Схемы устройства АПВ выключателей с пру­жинными приводами ком­плектных подстанций присо­единений 6—10 кВ:

*ЛИР*

*РП*

*вк 15РУ АПВ*

*БК.1*

*ТУ^ РПТУ рпту.1* 1\_П—

в)

*а —* для привода ПП-67; *б —* для привода ВМП-10П

Как только включится выключатель, замыкаются кон­такты *В.2* и *БК.1* и пускается электродвигатель *АМР.* Ес­ли АПВ успешно, то выключатель остается включенным, завод пружин заканчивается, размыкается *БК.1* в цепи *АМР,* замыкается *БК.2* в цепи включения, и схема гото­ва к новому циклу АПВ. Если же выключатель включа­ется на КЗ, то раньше, чем закончится завод пружин, доработает релейная защита и отключит выключатель. Вспомогательный контакт *В.2* в цепи *АМР* разомкнется, завод пружин прекратится, и контакт *БК-2* в цепи вклю­чения останется разомкнутым. Хотя контакт устройства АПВ и замкнется, повторного включения на КЗ не про­изойдет. Так обеспечивается однократность при неуспеш­ном АПВ. Однократность АПВ обеспечивается и в том случае, если после первого включения не разомкнется контакт устройства АПВ. Однократность АПВ не обес­печивается, если почему-либо не разомкнется вспомога­тельный контакт *В.2* в цепи *АМР* и замкнется такой же контакт *В.З* в цепи устройства АПВ. Но это мало веро­ятно, так как вспомогательные контакты типа КСА ук­реплены на одной оси и управляются одной тягой. Недо­статком этой схемы является несовершенство конструк­ции вспомогательных контактов БК: они управляются не включающими пружинами, а заводящим их электро­двигателем. Поэтому при заводе пружин вручную эти вспомогательные контакты приходится переключать вручную, что может вызвать ошибки оперативного пер­сонала. Для устранения этого недостатка в эксплуата­ции применяются различные варианты управления вспо­могательными контактами отключающих пружин. Ввод в цепь *АМР* вспомогательного контакта *В.2* исключил возможность включения выключателя по телеуправлению после неуспешного АПД, как это требуется современны­ми директивными материалами, ибо\_пружины его приво­да остаются незаведенными. Для обеспечения включе­ния выключателя по телеуправлению в заводскую схему добавляется реле *РПТУ.* При подаче команды на вклю­чение по телеуправлению замыкается выходной контакт устройства телеуправления *ТУ* и включает реле *РПТУ.* Реле *РПТУ* самоудерживается своим контактом *РПТУ.1,* включенным параллельно с контактом *ТУ,* вторым кон­тактом *РПТУ.2* шунтирует вспомогательный контакт *В.2* в цепи *АМР* и этим заканчивает завод пружин, третьим контактом *РПТУ.З* замыкает цепь включения. После окончания завода пружин замыкается контакт го­товности пружин *БК.2,* выключатель включается, а его вспомогательный контакт *В.4* возвращает реле *РПТУ* в первоначальное положение.

Особенностью данной серии КРУН является отсутст­вие ключей или кнопок дистанционного управления: ме­стное управление выключателем осуществляется только механическими кнопками, хотя это и запрещено заводом- изготовителем [7].

Накладка *ПН* поставляется заводом-изготовителем КРУ только на два положения: (на рис. 2, а— верхнее и нижнее). Установкой ее в нижнее положение вводится в работу устройство АПВ, при установке в верхнее — устройство АПВ выводится из работы. Недостаток этой конструкции проявляется при ремонтах и проверках: для многих работ необходимо заводить пружины не полно­стью, например, для проверки встроенных реле.

При спущенных пружинах добавочный груз закрыва­ет доступ к реле, при заведенных полностью пружинах обеспечен доступ к реле, но работа становится опасной: случайно спущенные пружины могут ударить грузом ра­ботающий персонал. Поэтому целесообразно заводскую накладку на два положения заменить накладкой на три положения, такой, как показано на рис. 2, а. В среднее положение накладка становится при работах с приво­дом, а пуск и остановка электродвигателя выполняются обычным выключателем *ВК* любого типа.

Указанная на схеме цепь: *1ШУ—ЗЗП—14РУ —* явля­ется выходной цепью защиты от замыканий на землю ти­па ЗЗП. Цепь *1ШУ—ПС—10С—РПВ* является обычной цепью реле *РПВ* (реле положения включено), используе­мого для сигнализации. Шины *АЧР, ШАЗ,* реле *РП* й *РФ* относятся к автоматической частотной разгрузке (АЧР) и АПВ после нее *(ЧАПВ).* Работа их рассмот­рена далее.

На рис. 2, *б* дан вариант этой же схемы для пружин­ных приводов, не имеющих встроенных устройств АПВ, например, для привода ВМП-10ГТ В этом приводе завод пружин произёбдйтся не электродвигателем, а заводящим электромагнитом *ЭЗ,* работающим через выпрямитель. Конденсатор *Е* облегчает работу контактов прерывателя 77, управляемого сердечником заводящего электромагни­та. Вместо механически пускаемого часового механизма устройства АПВ в приводе ПП-67 здесь применено реле времени *11РВ,* которое пускается при \ отключении вы­ключателя его вспомогательным контактом *В.З* через вспомогательный контакт готовности пружин *БК-2* и ава­рийный вспомогательный контакт *БКА.* Реле времени включает выключатель по цепи *1ШУ—ПН — БК-4— 11РВ—15РУ—ЭВ—БК.2—В.З—2ШУ.* Остальные эле­менты схемы такие же, как в схеме на рис. 2, а. Схема работает так же.

В обеих схемах при оперативном включении устрой­ство АПВ выводится из работы контактами готовности пружин до тех пор, пока не закончится завод пружин, после чего схема АПВ автоматически вводится в работу..

На рис. 3 дана схема устройства АПВ, применяемая в другой серии КРУ со щитом управления, ключами уп­равления (КУ) и телеуправлением (ТУ).

В этой и ряде других схем используется двухпозици­онное реле фиксации *РФ.* Реле выпускается заводом в двух модификациях: однообмоточные—типа РП-9, РП-12 переменного тока и РП-11 постоянного тока, двухоб- моточные — типа РП-351 переменного и РП-352 постоян­ного тока. Особенностью этих реле является то, что при подаче напряжения на обмотку (или на одну из обмо­ток) оно срабатывает и в этом положении удерживается своими пружинами независимо от наличия напряжения на обмотке после его срабатывания. Для возврата реле в исходное положение вновь следует подать напряжение на обмотку (или на другую обмотку). Так как положение этих реле не зависит от наличия оперативного тока, их широко используют на подстанциях с переменным опера­тивным током, где нормальным является его кратковре­менное исчезновение. Реле *РФ* также используется для фиксации оперативной команды (см. ниже). При отклю­чении выключателя его вспомогательный контакт *В.2* по цепи *1ШУ—ЗН—В.2—БКА—1РФ—1РВ—2ШУ* пускает реле времени АПВ. Назначение элементов схемы *ЗН, БКЛ, КГП, В.1* такое же, как в предыдущих схемах. Ре­ле *1РФ* обеспечивает однократность действия АПВ. Про­скальзывающий контакт *1РВ.1* по цепи *1ШУ—ЗН—*



Рис. 3. Схема устройства АПВ выключателя с пружинным приводом комплектных подстанций присоединения 6—10 кВ

*—1РУ—1РВ.1—В.1—КГП—ЭВ—2ШУ* включает выклю­чатель. Если АПВ успешно, то вспомогательный контакт *В.2* возвращает *1РВ* в исходное положение, его контакт *1РВ.З* замыкает цепь *АМР,* и после окончания завода пружин схема готова к новому АПВ. Время работы за­щиты должно быть меньше времени завода пружин. Тог­да при неуспешном АПВ снова запустится реле *1РВ* и разорвет цепь *АМР, не* давая завести пружины до кон­ца. Хотя контакт *1РВ.1* и замкнется, но цепь включения будет разорвана контактом *КГП,* так как пружины не заведены. Реле *1РВ* доработает и включит *1РФ, 1РФ* разорвет цепь обмотки *1РВ,* оно вернется в исходное по­ложение и замкнет цепь *АМР.* После окончания завода пружин выключатель может включаться от ключей *КУ* или *ТУ.* После включения выключателя его вспомога­тельный контакт *В.З* возвратит реле *1РФ* в исходное по­ложение, и цепь *АПВ* будет восстановлена. При включе­нии выключателя от *КУ* или *ТУ* АПВ выводится из ра­боты контактом *КГП* до тех пор, пока не заведутся пру­жины. Если же выключатель включается от *КУ* или *ТУ* на короткое замыкание, то цепь *АМР* будет разорвана контактом *1РВ.З,* так как время работы защиты меньше времени завода пружин. Цепь АПВ будет разорвана кон­тактом *КГП.* Когда *1РВ* доработает до конца, *1РФ* за­блокирует АПВ, а по цепи контакта *1РВ.З* закончится завод пружин. Указанные на схеме шины *ШАЧР, ШНЗ,* реле *1РП* и *2РФ* относятся к АПВ после АЧР; работа их рассматривается далее.

Ужесточение требований бесперебойности питания потребителей вызвало появление и широкое распростра­нение на линиях с односторонним питанием двукратных АПВ. В дальнейшем применение двукратных АПВ бы­ло рекомендовано ПУЭ и другими директивными мате­риалами.

Введение двукратных АПВ на воздушных линиях 6— 10 кВ существенно повысило надежность питания потре­бителей. Так, например, в системе Мосэнерго успешность однократных АПВ около 45—50 °/о, успешность же дву­кратных АПВ в обоих циклах доходит до 65—70 %. Раз­ными организациями предлагались различные варианты схем двукратного АПВ, основанные на комбинации мгно­венного первого цикла и второго с выдержкой времени. Однако опыт эксплуатации показал малую успешность такой комбинации и большое количество отказов. Вы­звано это тем, что за время первого мгновенного цикла такие причины КЗ, как падение деревьев, схлестывание проводов, наезды на линию различных движущихся ме­ханизмов не успевают самоустраниться. Кроме того, при мгновенном АПВ детали привода не всегда успевают прийти в требуемое положение из-за сотрясений и виб­раций самого привода и конструкции, на которой он ус­тановлен, особенно в металлических КРУ и КРУН. По­этому в настоящее время наибольшее распространение получили схемы двукратных АПВ с выдержкой времени



*МШУ*

*к*

*П 1РП.1*

*БКА.1*

*КГП.З*

*РАП1Р2* 1

*2*

*РВ.1*

*3R*

*~\*7r~*

 н *зд*

I

7Д *2Д*, 4»-!—

*1РП.Ч*

*РВ.2*

*\2РП*

——■

1=1 f/жз

***1РП\****

*АМР МШУ*

***КПП***

*В.1*

*БКР.2*

*Б* -о-

*Ч* •о

Рис. 4. Схема двукратного устройства АПВ Мосэнерго выключате­лей с пружинными приводами

в обоих циклах. Для пояснения основных принципов по­строения таких схем рассматривается один из вариан­тов, разработанных и применяемых в Мосэнерго.

Схема двукратного АПВ Мосэнерго дана на рис. 4 Устройство АПВ выпускается в виде комплектного уст­ройства под, названием РАПВ-2 и предназначено для ус­тановки в распределительных устройствах сети 6— 10 кВ, не имеющих щитов управления и телеуправления.

При отключении выключателя от релейной защиты его вспомогательный контакт *В.1* по цепи *1ШУ—Р— —БКА.1—3—1РП.2—РВ—2—В.1—2ШУ* пускает реле времени *РВ,* которое по цепи *1ШУ—Р—БК.А.1—5—СЧ— —РВ.1—8—ЭВ—КГП.2—В.1—2ШУ* включает выключа­тель. Контакт *КГП.2* замкнут при заведенных пружинах, *КГП.1* замыкается только на время завода пружин. В этих цепях *Р —* рубильник или накладка для вывода уст­ройства АПВ из работы, *СЧ —* счетчик числа включе­ний. Необходимость установки счетчика вместо обычных указательных реле вызвана тем, что на необслуживае­мых подстанциях некому возвращать флажки указатель­ных реле, поэтому ранее выпавшие, но не возвращенные флажки указательных реле искажают действительную ра­

боту релейной защиты и автоматики и серьезно затруд­няют ее анализ. Кроме того, по счетчикам определяется необходимость внепланового ремонта выключателей в зависимости от количества отключенных *КЗ.* Отсутствие счетчиков в типовых схемах АПВ, выпускаемых промыш­ленностью, является их серьезным недостатком. При ус­пешном АПВ размыкается контакт *В.1,* возвращается *РВ* в исходное положение и по цепи *ПНУ—Р—БКА.1— В.2—АМР—КГП.1—2ШУ* электродвигатель заводит пру­жины. После окончания завода пружин замыкается *КГП.2,* и схема готова к новому циклу АПВ. При неус­пешном первом цикле выключатель отключается, снова пускается реле времени и замыкается его контакт *РВ.1.* Но так как время работы релейной защиты меньше вре­мени завода пружин, а электродвигатель останавливается вспомогательным контактом *В.2,* то контакт *КГП.2* ос­тается разомкнутым, и выключатель не включится. Реле времени дорабатывает и замыкает свой упорный контакт г) *РВ.2.* В нормальном режиме работы по цепи *1ШУ—Р— § БКА.1—КГП.З—7—1Д—2Д—ЗД—1Р—С—4—2ШУ* кон- денсатор *С* был заряжен и при замыкании *РВ.2* разря- ч жается на *$еле1РП.* Реле *1РП* и *2РП —* кодовые реле, х механически сблокированные друг с другом, так что представляют собой двухпозиционное реле. Реле *1РП* механически самоудерживается, своим контактом *1РП.2* размыкает обмотку *РВ,* контактом *1РП.1* по цепи *1ШУ—* 3 *Р—БКА.1—3—1РП.1—1—АМР—КГП.1—2ШУ* пускает

*АМР* и заканчивает завод пружин, а контактом *1РП.4* готовит цепь для срабатывания *2РП.* После окончания завода пружин *КГП.1* останавливает *АМР,* а по цепи

*1ШУ — Р — БКА.1—КГП.З—7—1Д—2Д—1РП.4—2РП— 4—2ШУ* обеспечивает срабатывание реле *2РП.*

Реле *2РП* за счет механической блокировки возвра­щает реле *1РП* в исходное положение. По цепи *1ШУ— Р—БКА.1—3—1РП.2—РВ—2—В.1—2ШУ* снова пуска­ется реле времени, и по цепи *1ШУ—Р—БКА.1—5—СЧ— РВ.1—ЭВ—КГП.2—В.1—2ШУ* выключатель включает­ся второй раз. Если второй цикл АПВ успешен, то по це­пи *1ШУ—Р—БКА.1—В.2—АМР—КГП.1—2ШУ* заводят­ся пружины, вспомогательный контакт *В.1* возвращает реле времени в исходное положение, и после окончания заряда конденсатора схема готова к новому циклу АПВ. При неуспешном втором цикле АПВ контакт *В.1* снова запустит *РВ,* но так как пружины еще не заведены, то 2—202 17 цепь включения выключателя разомкнута на *КГП.2,* Ре­ле *РВ* доработает до конца и замкнет С на реле *1РП.* Но к этому времени конденсатор *С* еще не успеет заря­диться, и *1РП* не сработает, цепь завода пружин разомк­нется контактами *В.2* и *1РП.1,* и схема останется в та­ком положении.

Для последующего включения выключателя следует кратковременно отключить и снова включить *Р,* чем воз­вращается в исходное положение реле *РВ.* Далее кнопт кой *К* заводятся пружины, и после окончания завода вы­ключатель включается кнопкой *КВ.* Кнопки *К* и *КВ* мо­гут быть объединены, но для удобства ремонтных работ лучше применять Отдельные кнопки. Если требуется вве­сти телеуправление, то добавляется реле *РПТУ,* как и в предыдущих схемах. Реле *РПТУ* работает от выходного контакта устройства телеуправления и возвращается в исходное положение вспомогательным контактом выклю­чателя после его включения. Размыкающий контакт *РПТУ* включается последовательно с *Р* в цепь *1ШУ— Р—РПТУ—БКА.1 ...,* а замыкающие — параллельно кнопкам *К* и *КВ.*

Если второй цикл АПВ не нужен, то вывод реле *6* со­единяется с *2ШУ* через контакт *БКА.2.* Этим конденсатор *С* замыкается на резистор *2R,* реле *1РП* срабатывать не будет, и второй цикл АПВ не происходит.

Если после неуспешного АПВ во втором цикле до восстановления схемы в нормальный режим произойдет понижение напряжения оперативного тока, то *РВ* воз­вратится в исходное положение и после восстановления напряжения схема будет работать, как при неуспешном АПВ.

Если при первом цикле неуспешного АПВ не разомк­нется контакт *РВ.1,* то реле времени не доработает до конца, реле *1РП* и *2РП* работать не будут, и схема оста­нется в таком состоянии. При отключении выключателя разомкнется *В.1,* остановится *АМР,* и так как контакт *КГП* не переключится, то цепь включения от устройства АПВ будет разомкнута. Недостатком описанной- конст­рукции является сложность изготовления и регулировки реле *1РП* и *2РП.* Поэтому описанная конструкция заме­няется сейчас новой.

1. **АВТОМАТИЧЕСКОЕ ПОВТОРНОЕ ВКЛЮЧЕНИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ с электромагнитными ПРИВОДАМИ**

Для таких выключателей промышленностью выпуска­ется комплектное реле РПВ-58. Схема АПВ с таким ре­ле дана на рис. 5. В этой схеме реле *РПО* и *РПВ —* реле, указывающие положения выключателя —«отключе­но» и «включено». Добавочные резисторы, включенные последовательно с ними, предохраняют от ложного от­ключения илн включения выключателя при КЗ в обмот­ках реле./Для пуска устройства АПВ использован прин­цип нссоотватствия положения выключателя и его ключа управления/

Рассма-Гриваемая схема применяется при использо­вании ключей управления с фиксацией. При квитиро­вании ключа управления в положение «Включено» его контакт *1* остается замкнутым до следующей оператив­ной команды. Если при этом выключатель включен, то имеется соответствие между положением ключа управ­ления и выключателем,\* При включенном выключателе реле *РПО* обесточено, Так как разомкнут вспомогатель­на\* контакт выключателя *В.1,* а реле *РПВ* втянуто, по­скольку замкнут вспомогательный контакт *В.2.*

При отключении выключателя от релейной защиты ключ остается в положении «Включено» (замкнут его контакт /), обесточивается *РПВ* и срабатывает *РПО.* Появилось несоответствие между положением ключа *КУ* И выключателем. Происходит пуск устройства АПВ по цепи *(+ШУ)—КУ.1—РПО—5—1РВ—1РВ.1—6— — (—ШУ).* Добавочный резистор *1R1* при срабатывании реле времени *1РВ* вводится в цепь его мгновенным кон­тактом *1РВ.1 для* обеспечения термической стойкости реле *JPB.* Принципиально возможно вместо реле *РПО* использовать вспомогательные контакты выключателя. Использование *РПО* дает экономию контрольного кабе­ля и повышает надежность работы АПВ, так как конст­рукция вспомогательных контактов КСУ в цепях элек­тромагнита отключения *ЭО* и контактора привода *КП* лучше и надежнее конструкции обычных вспомогатель­ных контактов типа КСА. Кроме того, пуск схемы АПВ происходит только при исправной цепи включения.

При включении выключателя конденсатор *С* заря­жается по цепи *(+ШУ)—КУ—7—1Р2—С—6—(—ШУ).* 2\* 19

Пока конденсатор *С* не зарядится, не может сработать выходное реле устройства АПВ *1РП.* Время заряда кон­денсатора достаточно велико (несколько десятков се­кунд). По окончании заряда конденсатора устройство АПВ готово к действию. При оперативном включении выключателя АПВ не Происходит, так как конденсатор С не заряжен. Вывод из работы схемы АПВ в этом случае вызван весьма малой вероятностью оперативного вклю­чения на неустойчивое КЗ.

По истечении установленной выдержки времени *1РВ.2* включает кодовое реле *1РП* в цепь разряда кон­денсатора *С.* Реле *1РП —* двухобмоточное, при срабаты­вании оно самоудерживается своей второй обмоткой и замыкает цепь контактора привода *КП-. (-\-ШУ)—КУ— —3—1РПЛ—1РП—4—РУ—Н—РБМ.1 — ВЛ - КП - •\*-(—ШУ).* Самоудерживание *1РП* необходимо потому, что время включения выключателя велико, доходит до 1 с, разряд конденсатора кратковременный, а удержать-



Рис. 5. Схема устройства АПВ с реле РПВ-58 для электромагнитно­го привода

ся в сработанном положении по цепи *.(-^Ц1У) —КУ—7— ~~1R2—1РВ.2—1РП—6—(—ШУ)* реле не может из-за. большого значения сопротивления зарядного резистора *1R2* (1,14-3,4 МОм). Большое значение *1R2* необходимо для медленного заряда конденсатора С, чтобы обеспе­чить блокировку при неуспешном АПВ. При успешном АПВ размыкается *ВЛ,* отпадает *РПО* и возвращаются *1РВ* и *1РП,* начинает заряжаться конденсатор *С* и, ког­да заряд закончится, АПВ готово к новому циклу.

При неуспешном АПВ реле *РПО* снова пускает реле *1РВ,* и оно замыкает *1РП* на конденсатор *С.* Но конден­сатор еще не заряжен, *1РП* сработать не может, кон­такт *1 РВ.2,* замыкая *С* на *1РП,* препятствует дальней­шему заряду *С.* В таком положении схема остается до квитирования ключа управления (перевода его в поло­жение «отключено»). Так обеспечивается однократность АПВ. Если выключатель отключается от ключа *КУ,* то цепь пуска АПВ размыкается на ключе управления, а конденсатор *С* разряжается по цепи *С—1R2—7—РПО—■ 5—1РВ—1РВ.1—6.*

Реле *РВМ* является блокировкой от многократных включений выключателя на короткое замыкание прн не­исправностях цепи включения. Блокировка, применяе­мая заводами-изготовителями приводов для подстанций без постоянного дежурного персонала, неприменима. За­водская блокировка состоит в том, что при длительном замыкании цепи включения выключателя на КЗ сраба­тывает релейная защита, и электромагнит отключения своими вспомогательными контактами переключает цепь отключения на самоудерживание. Сердечник электро­магнита отключения остается втянутым, препятствуя посадке на защелку механизма свободного расцепления привода. Однако электромагнит отключения может на­ходиться под напряжением лишь кратковременно, обыч­но около 30 с, после чего сгорает его обмотка, сердеч­ник опускается и замыкает цепь включения. Включив­шийся выключатель отключить будет нельзя, так как сгорел электромагнит отключения. Кроме того, сама конструкция блокировки мало надежна и не раз была причиной различных отказов.

По этим причинам заводская блокировка должна быть заменена на блокировку с реле *РВМ.* Демонтиро­вать же заводскую блокировку необходимо потому, что она при работе будет шунтировать обмотку *РБМл.* и

*РБМ* обесточится. Блокировка с *РБМ* работает следую­щим образом. В цепи отключения находится рабочая последовательная обмотка реле типа РП-232. При про­текании тока по цепи отключения реле срабатывает, контактом *РБМ.1* разрывает цепь контактора *КП,* а кон­тактом *РБМ.2* включает свою удерживающую обмотку. Эта обмотка термически стойкая и может обеспечить разрыв цепи включения в течение всего времени, пока она замкнута контактами *КУ* или РПВ-58. Свободный контакт *РБМ.З* обычно используется для шунтирования выходного контакта релейной защиты *РЗ.* Это делается для того, чтобы исключить разрыв цепи отключения контактами *РЗ.* Цепь отключения разрывается вспомо­гательным контактом *В.2,* так как контакты *РЗ* не рас­считаны на разрыв этой цепи.

Описанная схема не предназначена для использова­ния на подстанциях с телеуправлением. Несоответствие между положениями ключа и выключателя в этом слу­чае не может использоваться для устройства АПВ, так как выключатель может включаться и отключаться не только с помощью ключа, но и по телеуправлению.

Поэтому схема рис. 5 изменяется: *(-\-ШУ)* подается на контакт *РПО* помимо ключа управления. Пуск АПВ производится при всех отключениях выключателя. Но при оперативных отключениях, по телеуправлению или от ключа, для запрета действия устройства АПВ на за­жим *8* реле РПВ-58 контактами ключа управления или выходного реле телеуправления подается минус напря­жения оперативного тока (—*ШУ),* и конденсатор *С* раз­ряжается. Схема усложняется, и при длительном от­ключении выключателя реле времени длительно нахо­дится под напряжением. Эта и ряд других причин обу­словили применение в схемах управления ключей управ­ления с автоматическим возвратом в нейтральное поло­жение после завершения каждой поданной ими команды. Для создания принципа несоответствия в схему вводят­ся реле фиксации положения выключателя *РФ,* работа которого описана выше. Одна из таких схем дана на рис. 6. Реле *РФ* управляется контактами ключа, телеуп­равления и контактами реле *РПВ.2.* При включении вы­ключателя срабатывает реле *РПВ* по цепи *(-\-ШУ)— R1—РПВ—РБМ—В.2—ЭО—(—ШУ)* и своим контактом *РПВ.2* ставит реле *РФ* в положение «включено». Кон­такт реле *РФЗ* замыкается и подает *(-\-ШУ)* на вывод



Рис. 6. Схема устройства АПВ с реле РПВ-58 для телеуправляемых подстанций

*5* реле РПВ-58, замыкается *РФ.2,* подготавливая цепь возврата *РФ.*

Если выключатель отключится по любой причине, то размыкается его вспомогательный контакт *В.2,* отпадает реле *РПВ* и своим контактом *РПВ.1* пускает схему АПВ. Если же выключатель отключается от ключа управле­ния или телеуправления, то плюс напряжения оператив­ного тока *(-$-ШУ)* подается на реле *РФ, РФ* становится в положение «отключено», его контакт *РФ.З* в цепи *(-рШУ)—*РПВ-58 размыкается, и, хотя *РПВ.1* замкнут, пуска схемы АПВ не будет. В остальном схема на рис. 6 работает так же, как и схема на рис. 5. Другие контак­ты реле *РФ* используются в схемах сигнализации поло­жения выключателя.

В последние годы, особенно для питания подстанций 35—ПО кВ без выключателей на стороне высшего на­пряжения, очень широко применяются двукратные АПВ, для которых промышленность выпускает комплектное реле РПВ-258.

Схема двукратного АПВ с реле РПВ-258 на рис. 7. В этой схеме устройство АПВ пускается контактом реЛе *РПО.1.* При отключении выключателя замыкается его вспомогательный контакт *В.1,* срабатывает реле *РПО* и подает минус напряжения оперативного тока (—*ШУ)* на вывод 5 реле РПВ-258. Реле времени *1РВ* с выдерж­кой времени первого цикла АПВ своим контактом *1РВ.2* замыкает цепь разряда конденсатора *1С1* на выходное реле *1РП.* Реле *1РУ* и *2РУ —* обычные указательные ре­ле. Реле *1РП* срабатывает и по цепи *(-{-ШУ)—КУ—3— 1РП.1 — 1РП—4—РУ—Н—РБМ.2—В.1-КП— (—ШУ)*



*-\*— Запрет I цикла*

*■>- HP ПУ*

Рис. 7. Схема двукратного устройства АПВ с реле РПВ-258

*РП0.1 "ШУ*

*Запрет Л. цикла*

включает выключатель. При успешном АПВ размыкает­ся В / возвращается в исходное положение *РПО* и сни­мает' *С—ШУ)* с РПВ-258. Вся схема приходит в исходное положение, конденсатор *1С1* заряжается по цепи (+ШУ) - *КУ - 3-1РВ.1-1РВ-1Д~1Д2-1С1-6- \_/ ШУ).* Когда конденсатор *1С1* зарядится, устройст­

во АПВ готово к работе.

Если первый цикл АПВ неуспешен, то снова пуска­ется *1РВ* и замыкается его временно замыкающий кон­такт *1РВ.2.* Но конденсатор *1С1* еще не успевает заря­схема возвращается в исходное положение, начинается заряд конденсаторов *1С2* и *1С1* (конденсатор *1С1* был разряжен при замыкании контакта). Если и второе АПВ неуспешно, то снова запускается *1РВ* и поочередно вклю­чает *1РП* на конденсаторы *1С1* и *1С2.* Но так как они к этому времени еще не заряжены, то АПВ не происходит. Реле времени останется под напряжением, пока не будет квитирован ключ управления, чем будет снят плюс ис­точника оперативного тока *1-рШУ)* с вывода *3* реле РПВ-258.

диться, и реле *1РП* не срабатывает. Реле *1РВ* продол­жает работу и своим контактом *1РВ.З* замыкает цепь разряда конденсатора *1С2* через *2РУ* на *1РП.* Выключа­тель включается. Если второй цикл АПВ успешен, то

Пока ключ не квитирован, конденсатор *1С2* замкнут ' на *1РП* и не может заряжаться; конденсатор *1С1* также - замкнут на *1R2* контактом *РПО.1* по цепи *(—ШУ) — РПО.1—5—1Д—1R2—1C1—6—(—ШУ)* и не может за­ряжаться. По этой же цепи конденсатор *1С1* замкнут и во время первого цикла АПВ, но он разряжается незна­чительно, так как время первого цикла мало, а обратное сопротивление диода *1Д* велико.

В остальном схема работает так же, как и рассмот­ренные ранее.

На рис. 8 дана схема с реле РПВ-358 для электро- ’ магнитного привода на переменном оперативном токе. . Реле РПВ-358 отличается от реле РПВ-58 лишь наличи- ‘ ем диода *Д,* предотвращающего разряд конденсатора *С* ; при снижении напряжения питания. В принципе схема рис. 8 работает так же, как ранее рассмотренные. Ос­новные отличия следующие.

Для разделения оперативных цепей применено реле *РП,* работающее от ключа управления. Электромагнит отключения *ЭО* питается от блока конденсаторов БК-400,



Рис. 8. Схемы устройств АПВ с реле РПВ-358 для электромагнитно­го привода:

а—схеме устройства АПВ; б —схема цепей отключения; в —схема цепей включения

заряжаемых блоком питания и заряда БПЗ-401. Так как БПЗ-401 достаточно мощный, то в цепь ЭО введен вспо­могательный контакт выключателя *В.1* для разрыва его цепи. Это нужно для того, чтобы контакты релейной защиты *РЗ* и контакты реле *РП* не размыкали тока под­питки *ЭО* от БПЗ-401, который примерно вдвое больше номинального тока *ЭО.* Следует отметить, что раздели­тельные диоды типа Д226Б в блоке конденсаторов БК-400 должны быть заменены на более мощные диоды КД202М, такие же, как и в БПЗ-401 [8].

Цепь включения выключателя питается от мощного выпрямительного устройства, например БПРУ-66 [8].

Разряд конденсатора *С* через диод *Д* происходит очень медленно. Поэтому при оперативном отключении выключателя конденсатор разряжается по цепи *(—ШУ)—КУ—8—1R3—С—6—(—ШУ)* для того, чтобы при последующем включении выключателя запретить АПВ. После включения конденсатор зарядится по цепи *(+ШУ)— КУ—7—Д—1R2— С—6(—ШУ),* и устройство АПВ будет введено в работу. Для блокировки от много­кратных включений в качестве *РБМ* применено реле РП-254 с замедлением при возврате. Это замедление достигается за счет демпферной обмотки реле, замыкае­мой накоротко контактами реле при его срабатывании. Замедление необходимо из-за кратковременности разря­да блока конденсаторов БК-401 на электромагнит от­ключения *ЭО.* Поэтому при включении на КЗ из-за по­нижения оперативного напряжения самоудерживания реле *РБМ* не обеспечивается.

Если схема питается от комбинированных блоков пи­тания тока и напряжения, то может применяться н обыч­ная блокировка с реле РП-232.

Недостатком рассматриваемой схемы является воз­можность нечеткой работы удерживающей обмотки *1РП* из-за питания его выпрямленным напряжением от одно­фазного блока питания *БП.* Ток в удерживающей обмот­ке *1РП* в принципе может снижаться до нуля, и реле *1РП* будет срабатывать и возвращаться в исходное по­ложение, замыкая и размыкая цепь контактора *КП.*

Для устранения этого желательно блок питания *БП* выполнить по схеме трехфазного двухполупериодного выпрямления, например, включив по схеме открытого треугольника два однофазных блока. Питание реле РПВ-358 предусмотрено от блока БПН-101/2 с выход­ным напряжением ПО В, ибо реле РПВ-358 выпускают­ся только на ПО В. Выпрямители же для включения выключателей выпускаются только с выходным напря­жением 220 В. Поэтому возникают затруднения с кон­тактором *КП,* который должен быть на ПО В, а сам электромагнитный привод выключателя на 220 В.

Для устранения этих недостатков возможны следую­щие пути: для питания -всех оперативных цепей и устч ройства АПВ в том числе применить стабилизированные блоки питания БПНС-1 с выходным напряжением 220 В и трехфазной двухполупериодной схемой выпрямления. При этом возможно отказаться и от АВР шин оператив­ного тока, подключив два блока БПНС-1 к двум разным трансформаторам собственных нужд, а на стороне вы­прямленного тока включить их параллельно [8]. Следует учитывать, что реле РП-254 выпускается с удерживаю­щей обмоткой только на НО В, поэтому при переходе на 220 В последовательно с удерживающей обмоткой реле РП-254 на НОВ следует включить резистор с сопротив­лением 440 Ом и мощностью не менее 3 Вт.

- Для питания реле РПВ-58 с добавленным диодом можно использовать те же блоки БПЗ-401, что и для заряда конденсаторов, включив их по схеме открытого треугольника. Следует отметить, что первоначально схе­ма разрабатывалась для заряда конденсаторов от уст­ройства УЗ-401 и питания РПВ-358 от блока БПН-101. В настоящее время устройство УЗ-401 снято с производ­ства и заменено на БПЗ-401. Применение БПЗ-401 для заряда конденсаторов снимает ограничения в выдержке времени устройства АПВ, требовавшиеся при заряде конденсаторов от УЗ-401: теперь устройство АПВ не дол­жно ждать заряда конденсаторов, так как конденсатор емкостью 200 мкФ .заряжается от БПЗ-401 до 0,8 номи­нального напряжения за 0,07 с, что меньше времени включения любого выключателя.

Возможен и такой вариант, когда все цепи управле­ния и устройства АПВ питаются от выпрямителя БПРУ-66. Но так как на холостом ходу выходное на­пряжение БПРУ-66 около 300 В, то последовательно с обмотками напряжения всех реле следует включить до­бавочные резисторы.

На рис. 9 дана схема устройства АПВ выключателя трансформатора с электромагнитным приводом на сто­роне 6—10 кВ, применяемая в одной из серий КРУ для подстанций с телеуправлением.

В этой схеме блокировка от многократных включе­ний выполнена на реле *12РП,* а выходным реле цепи включения является реле *11РП.* Выходное реле *11РП* разделяет цепи переменного и выпрямленного токов и включает контактор привода по схеме рис. 9, б. Элек­тромагнит включения *ЭВ* питается от выпрямителя БПРУ-66. На рис. 9,6 показан один контакт ЦРП-

Рис. 9. Схема устройства АПВ трансформа- тора для выключателей с электромагнитным приводом на переменном оперативном токе: *а —* схема устройства АПВ; б — схема цепей включения

*~1ШУ*

*IP ПР* “J

*1РП0.*

'zt

*КУ*

—111-

I I f

Г *13 РФ*

*уЗРФ-Ч* П 1

*13РФ.1*

*12 РП*

*13С* j Н—h *J 11РП*

*^12РП.1*

*12РП.2 12РГРЗ^\\_1*

*12C*

*13РФ.2*

*11РВ.З*

*[/2РФЛ 12Рф\*

*1В.2*

|77Р<Д2, *11 РФ |* |— ~\ П I

I *11РФ.З¥-\*

**i 1** *12РФ1*

*11H [БРПП1 —*

*ирв* L.

*12РФ.З*

*13PV3*

*12РП.Ч*

«)

В действительности используются все четыре контакта. Для увеличения разрывной мощности они включаются по два последовательно и параллельно, так как работа­ют в цепи обмотки контактора с большой индуктивно­стью при напряжении 300 В.

При включении выключателя по *ТУ* или от *КУ* че­рез замкнутый контакт *13РФ.4* срабатывает реле *13РФ,* замыкая контакты *13РФ.1, 13РФ.З, 13РФ.5* и размыкая *13РФ.4* и *13РФ.2.* При отключенном выключателе реле

*'12РП* было в положении после срабатывания по цепи *1ШУ—12РП—ПС—12С—2ШУ.* Поэтому при замыкании *13РФ.1* и замкнутом *12РП.1* срабатывает *ПРП,* и вы­ключатель включается. На контакте *1В.1* разрывается цепь *12РП.* Через *1В.4* и *ПРФ.З* срабатывает *11РФ,* за­мыкаются контакты *ПРФ.1* и *11РФ.2.* Так как замкнут *13РФ.З,* начинает работать реле *11РВ.* При замыкании контактов *11РВ.1* и *ПРФ.2* (два контакта последова- | тельно исключают повторное замыкание цепи при воз­

врате в исходное положение реле *11РВ)* через контакт *12РФ.5* срабатывает *12РФ.* При этом замыкаются его контакты *12РФ.1, 12РФ.З, 12РФ.4* и размыкаются *12РФ.2* и *12РФ.5.* Когда замкнется *ЦРВ.З,* реле *12РФ* вернется в первоначальное положение, замкнув контакт *12РФ.2 и* разомкнув контакт *12РФ.1.* При замыкании *12РФ.2* вер­нется в исходное положение *13РФ,* замыкая *13РФ.2* и

I *13РФ.4.* После возврата в исходное положение *12РФ* и *| 13РФ* обесточится и вернется в исходное положение

*ПРВ.*

При отключении выключателя по *ТУ* или от *КУ* по цепи *11РФ.2* сработает *11РФ,* размыкает *11РФ.1,* а дру­гими своими контактами, не указанными на схеме, за­мыкает цепь электромагнита отключения *ЭО.* При лю­бом отключении выключателя срабатывает реле *12РП.* Однако если отключение выключателя произошло от релейной защиты или по другой причине (кроме опера­тивного отключения по ТУ или от КУ), то замкнут *11РФ.1.* Поэтому по цепи *1ШУ—ПН—6РПП—ПРФ.1— ПРВ—12РП.4—2ШУ* запускается реле *ПРВ.* При замы­кании контактов *ПРВ.1* и *ПРВ.2* срабатывает *12РФ* и по цепи *1ШУ—ПН—6РПП—ПРУ—12РФ.1—13РФ.2— 12РП.1—ПРП—1В.1—2ШУ* срабатывает *ПРП,* и вы­ключатель включается. Резистор *13С* увеличивает ток через *ПРУ* в цепи АПВ для более четкой работы ука­зательного реле.

Если выключатель включится на КЗ и отключится своей защитой (разомкнется *1В.1),* а цепь включения по какцм-либо причинам останется замкнутой, то реле *12РП* отпадает, контактом *12РП.2* шунтирует свою об­мотку, а контактом *12РП.1* разрывает цепь включения. Резисторы *ПС* и *12С* повышают термическую стойкость реле *12РП* и предотвращают КЗ в цепях управления при шунтировании обмотки реле *12РП.* Как только цепь вклю­чения разорвется на ТУ, КУ или *13РФ.1,* сработает реле *12РП* и восстановит цепь включения. Если АПВ успешг но, то дорабатывает *НРБ* и возвращает *12РФ* в исходное положение. При неуспешном АПВ выключатель отклю­чается, замыкается вспомогательный контакт *1В.2,* по цепи *1ШУ—11Н—6РПП—11РВ.З—1В.2—11РФ.2— 11РФ—2ШУ* срабатывает *11РФ* и разрывает цепь обмот­ки *11РВ,* блокируя устройство АПВ. Так обеспечивается однократность АПВ. Для возврата схемы в исходное по­ложение следует квинтировать *КУ,* после чего выклю­чатель можно снова включить. Чтобы *РВ* доработало при неуспешном АПВ, контакт *12РФ.З* шунтирует *12РП.4.*

При оперативном отключении от *ТУ* или *КУ* сраба­тывает *11 РФ* и разрывает цепь реле времени контактом *11РФ.1,* выводя из работы устройство АПВ. Другим кон­тактом *11РФ* замыкает конденсаторы на электромаг­нит отключения, так же как в схеме рис. 8,6 эту цепь замыкает реле РП. Реле *1РПО* и *1РПП* повторяют поло­жения выключателей; их контакты используются в дру­гих схемах автоматики и сигнализации. Цепь пуска устройства АПВ блокируется контактами реле *6РПП,* которое повторяет положения короткозамыкателя: при срабатывании защиты от внутренних повреждений транс­форматора включается короткозамыкатель, и управляе­мое его вспомогательными контактами реле *6РПП* за­мыкает свой контакт, запрещая действие устройства АПВ.

1. **АВТОМАТИЧЕСКОЕ ПОВТОРНОЕ ВКЛЮЧЕНИЕ С КОНТРОЛЕМ СИНХРОНИЗМА**

В ряде случаев для АПВ выключателей линий с двусторонним питанием требуется проверять отсутствие напряжения на включаемой линии, отсутствие или на­личие напряжения на шинах при АПВ шин, синхрон­ность напряжений на вводах включаемого от устройст­ва АПВ выключателя. Для контроля синхронности на­пряжений промышленность выпускает реле контроля синхронизма РН-55. Магнитная и контактная системы этого реле такие же, как у реле РТ-40. Реле имеет две обмотки, каждая из которых состоит из двух секций — внутренней, находящейся у магнитопровода, и внеш­ней, намотанной сверху внутренней секции другой обмотки. Обе секции каждой обмотки имеют одинако-

вое количество витков и включены последовательно. Каждая обмотка включается на одно из синхронизуе­мых напряжений через добавочные резисторы. Парамет­ры обмоток и их полярность подобраны так, что при по­даче на обе обмотки совпадающих по фазе номинальных напряжений магнитные потоки их взаимно уничтожа­ются и электромагнитный момент на подвижной систе­ме реле равен нулю.

Для\* срабатывания реле необходимо, чтобы одно из напряжений было больше другого или они были бы сдвинуты между собой по фазе. Таким образом создает­ся результирующий магнитный поток, и реле срабатыва­ет.

Реле выпускаются в различных исполнениях, которые отличаются номинальными напряжениями обмоток и предназначены для включения на разные источники пи­тания. Шкала реле градуируется в градусах угла сдвига между номинальными напряжениями обмоток, от 20 до 40°. Номинальные напряжения обмоток могут быть 30, 60, 100 В. Со стороны шин подстанции реле включается на шинный трансформатор напряжения, со стороны ли­нии реле может включаться на трансформатор напряже­ния и через специальные устройства отбора напряжения на измерительные обкладки трансформаторов тока и вводов аппаратуры 300—500 кВ, на конденсаторы свя­зи, применяемые для высокочастотной релейной защи­ты, связи, телеуправления и телеизмерений.

Напряжение 300—500 кВ в распределительных сетях практически не применяется, установка на линиях транс­форматоров напряжения слишком дорога. Поэтому в распределительных сетях практически применяется Только отбор напряжения от конденсаторов связи. Для этого промышленностью выпускаются специаль­ные устройства, ILLOH \_(шкаф отбора напряжения)

в нескольких вариантах, различающихся количеством трансформаторов отбора и их назначением. Эти устрой­ства используются для АПВ с отбором напряжения или для питания устройств синхронизации генераторов и могут включаться и на конденсаторы связи и на из­мерительные обкладки аппаратуры 300—500 кВ. Основ­ная схема подключения ШОН к конденсатору связи да­на на рис. 10, а. •

В этой схеме: 3 — высокочастотный заградитель, не пропускающий ток высокой частоты к шинам; Сс — кон-



Рис. 10. Принципиальная схема ШОН:

*а—*схема подключения ШОН к конденсатору связи; *б —* схема вторичной об мотки ТОН

денсатор связи в различных вариантах исполнения; Ср — разделительный конденсатор, состоящий из трех кон­денсаторов по 10 000 пФ±2О°/о. на напряжение 4 кВ, пропускающий ток высокой частоты з фильтр присоеди­нения *ФП* и не пропускающий ток промышленной ча­стоты; *Р* — разрядник РВН-0,5 для защиты аппаратуры ШОН от перенапряжений; *Д —* высокочастотный дрос­сель (3000 витков провода ПЭВ-2 диаметром 0,44 мм, /? = 10-4-12 Ом, L=100 мГн), не пропускающий ток вы­сокой частоты в устройство отбора напряжения; *ЗР —* заземляющий рубильник, включаемый при работах в устройстве отбора; *2R* и *3R —* резисторы ПЭ 2,2 кОм± ±5 % для подавления явлений резонанса напряжений при переходных процессах; *ТОН —* трансформатор от­бора напряжения. В зависимости от варианта исполне­ния ШОН в нем могут быть один или два включенных последовательно трансформатора отбора.

Первичная обмотка *ТОН* состоит из четырех одина­ковых секций по 1850 витков провода ПЭВ-2 диаметром 0,15 мм. Секции перемычками могут включаться после­довательно или параллельно в зависимости от значения первичного тока отбора. Первичный же ток отбора опре­деляется напряжением сети, количеством и емкостью конденсаторов связи.

Вторичная обмотка *ТОН* имеет 1785 витков провода ПЭВ-2 диаметром 0,35 мм с несколькими отпайками для более точного подбора коэффициента трансформации. На вторичную обмотку *ТОН* включается реле *НЛ,* кон­тролирующее напряжение на линии, и одна из обмоток реле контроля синхронизма *РКС.* Вторая обмотка реле *РКС* подключается к шинному трансформатору напря­жения.

' В качестве реле *НЛ* используется обычное реле тока ■Д'типа РТ-40/0,2 с переключающим контактом: *НЛ.1* замк- ' нут при отсутствии напряжения на линии, а *НЛ.2* замк­нут при напряжении на линии, близком к номинальному. В качестве *РКС* используется реле типа РН-55.

Переменный резистор *1R* служит для выравнивания токов в обмотках *РКС',* конденсатор Ск емкостью 2 мкФ в ранее приведенных схемах предназначался для ком­пенсации индуктивности обмоток РКС.

В дальнейшем этот конденсатор был исключен. Кон­такты реле *РТ* и *РКС* включаются в цепь пуска устрой­ства ЛПВ, разрешая или запрещая АПВ. Конденсатор *Сг* заводом не поставляется и устанавливается в некото­рых случаях для пропускания токов высших гармоник.

Принцип работы реле *РКС* поясняется векторной ди­аграммой рис. 11, а и *б.* Пусть конденсатор связи под­ключен на напряжение фазы *А* линии *0Ал.* Емкостное сопротивление применяемых на практике конденсаторов связи для тока частотой 50 Гц очень велико, порядка 0,5—3 МОм; сопротивление *2R, 3R* и *ТОН* по сравнению с ним очень мало, поэтому первичный ток отбора Л



Рис. 11. Векторные диаграммы реле контроля синхронизма:

*а —* при совпадающих по фазе напряжениях шин н линии; б при сдвигах по фазе напряжений шин и линий

практически можно, считать чисто емкостным, опережа­ющим напряжение фазы *А на* 90°. Угловая ошибка транс­форматора отбора мала, поэтому вторичный ток *ТОН — I2* практически совпадает с первичным.

Внутреннее сопротивление *ТОН* несоизмеримо боль­ше сопротивления включенной нагрузки — обмоток *РКС* и *НЛ,* поэтому *ТОН* является практически трансформа­тором тока, а не трансформатором напряжения. Вторая обмотка реле *РКС* включена на междуфазное напряже­ние шип *Нвс,ш* через резистор с большим сопротивлени­ем. При равных по модулю и совпадающих по фазе то­ках /2 и /3 в обмотках *РКС* его индуктивное сопротивле­ние близко к нулю. Поэтому ток /3 совпадает по фазе с обусловливающим его напряжением *0Вс,ш* (рис. 11,а). Следовательно, если напряжения по сторонам отключен­ного выключателя совпадают по фазе (угол между *U Ал* и *Овс,ш* равен 90°), а токи /2 и /3 равны по модулю, то, подобрав полярность включения обмоток *РКС,* обеспе­чивающую вычитание магнитных потоков, получим ре­зультирующий магнитный поток равным нулю. Реле *РКС* работать не будет и разрешит пуск схемы АПВ.

При сдвиге напряжений *UAiJ1* и *U* а,ш на угол ос (рис. 11,6) угол между *иА,л* и *0вс,ш* будет равен (90°— —а), а угол между током /2 и *Овс.ш* равен (180°—а). Ток /3 будет отставать от *иВс,ш,* так как при сдвиге то­ков /2 и /3 индуктивное сопротивление *РКС* отлично от нуля. Отличным от нуля окажется и результирующий магнитный поток. Если результирующий момент на под­вижной системе реле превысит его уставку срабатыва­ния, определяемую возвратной пружиной, то реле сра­ботает и разомкнет цепь пуска устройства АПВ.

Работа устройства АПВ с контролем синхронизма поясняется иа примере сети по рис. 12, а. При отключе­нии линии *АБ* со стороны подстанции *Б* ток нагрузки будет проходить по оставшимся линиям между подстан­циями *А и В.*

Напряжения одноименных фаз на подстанциях *А* и *Б* за счет падения напряжения в Лйййях *АВ* будут сдви­нуты между собой на угол а и различны по величине. Появится разность напряжений Д1/ (рис. 12,6). Если теперь включить линию *АБ,* то разность напряжений вы-



Рис. 12. Схема сети с двухсторонним питанием: *а —* схема сети; *б —* векторная диаграмма

зовет уравнительный ток, который может быть причиной серьезных нарушений работы энергосистемы. Для огра­ничения уравнительного тока включение допускается лишь при определенных значениях угла *а.*

Схемы устройства АПВ с проверкой синхронизма ра­ботают следующим образом. На одном из концов линии, например *А* (рис. 12,а), устанавливается устройство *АПВ* с проверкой отсутствия напряжения на линии, на дру­гом— устройство АПВ с проверкой синхронизма. Пер­вым включается выключатель на подстанции *А.* На дру­гом конце линии реле контроля синхронизма измеряет угол между напряжением на шинах подстанции *Б* и на­пряжением на линии от подстанции *А.* Если этот угол не превышает допустимого, то *РКС* разрешает АПВ. Если же этот угол больше угла срабатывания реле, то АПВ запрещается. Схема включения в рассмотренную ранее схему рис. 5 реле контроля синхронизма и отсутствия



напряжения на линии *НЛ* дана на рис. 13. Обычно на обоих концах линии устанавливаются оба реле: контроля синхронизма и контроля напряжения, а накладкой *1Н* вводится в работу одно из них. На выключателе, вклю­чающемся первым, накладка *1Н* шунтирует контакты ре­ле *РКС.* При полном отключении линии реле *НЛ,* вклю­ченное на устройство отбора напряжения, замыкает свой контакт *НЛ.1* и пускает устройство АПВ по цепи: *(+ШУ) — К.У—РПО—НЛ.1—1Н—5—-1РВ—1РВ.1—6— — (—ШУ).* На другом конце линии накладка *1Н* разомк­нута и пуск устройства АПВ возможен лишь тогда, ког­да напряжение на линии близко к нормальному (замкнут контакт *НЛ.2)* и угол между напряжениями меньше уг- л ^срабатывания реле *РКС* (замкнут его контакт).

При однополюсном КЗ на фазе, от которой питается устройство отбора напряжения, реле *НЛ* может пустить ? устройство АПВ раньше, чем линия отключится с дру- \* того конца. Поэтому необходимо согласование по време- нам действия релейной защиты и АПВ.

Второй контакт реле *НЛ.2* включен последовательно с контактом *РКС* и предотвращает пуск устройства АПВ при неисправности реле *РКС,* почему-либо не ра­зомкнувшего свой контакт за время отсутствия напря­жения на линии. В схеме АПВ выключателя, включаю­щегося первым, сохраняется цепь пуска устройства АПВ через контакты *НЛ.2* и *РКС.* Это обеспечивает пуск схе­мы АПВ и при одностороннем отключении линии, когда линия находится под напряжением с другого конца.

Более сложные схемы АПВ с ожиданием или улав­ливанием синхронизма в распределительных сетях при­меняются редко и здесь не рассматриваются.

1. АВТОМАТИЧЕСКОЕ ПОВТОРНОЕ ВКЛЮЧЕНИЕ

ПОСЛЕ АЧР

В современных энергосистемах в обязательном по­рядке применяется автоматическая частотная разгрузка (АЧР). При понижении частоты в энергосистеме сраба­тывают реле понижения частоты и через определенное время отключают часть потребителей. Общая нагрузка энергосистемы уменьшается, и частота восстанавливает­ся. По мере восстановления частоты отключенные потре­бители включаются устройствами АПВ после АЧР (ЧАПВ).



В разных энергосистемах и разными организациями разрабатывались и применялись различные схемы как самой частотной разгрузки, так и ЧАПВ. Поэтому ниже рассматриваются лишь основные схемы, применяемые наиболее часто, например, в комплектных подстанциях.

На рис. 14 дана схема АЧР с ЧАПВ, применяемая в одной из серий КРУ. Реле частоты типа ИВЧ-3 [4, 5] *1РЧ* и *2РЧ* питаются через стабилизатор напряжения *СН* от трансформатора напряжения шин. Резистор *R* снижает выходное напряжение стабилизатора 127 В до номинального напряжения реле частоты—1'00 В. Стаби­лизатор применен потому, что при понижении напряже­ния до 60—70 % номинального реле частоты дают по­грешность по частоте срабатывания до 0,5 ,Гц, а при еще ■большем снижении вообще не работают.

Реле *1РЧ —* реле снижения частоты потребителей первой категории. На разных подстанциях уставки этого реле по частоте срабатывания устанавливаются в преде­лах 46,5—48,5 Гц, а выдержки времени минимально воз­можные— 0,3—0,5 с. Реле *2РЧ —* реле снижения часто­ты потребителей второй категории. Уставки по частоте для этой категории одинаковы для всех подстанций, обычно равны верхней уставке первой категории, но не более 48,8 Гц. Выдержка времени колеблется в преде­лах от 5—10 до 70—90 с для разных подстанций.

При понижении частоты срабатывает реле *1РЧ* и пус­кает реле времени *1РВ.* Реле времени своим контактом *1РВ.2* включает реле *1РП* и *2РП,* которые подают на­пряжение на проложенные в ячейках шины *ШАЧ1а* и *ШАЧ16.* Подключенные к этим шинам реле *РП* (см. схе­му рис. 2) отключают свои выключатели с пружинными приводами. Одновременно срабатывает реле *РФ,* фикси­руя отключение от АЧР. Реле *РП* должо воздействовать на электромагнит дистанционного отключения пружин­ного привода с тем, чтобы разомкнулся контакт *БКА* и запретил действие устройства *АПВ.* Упорный контакт *1РВ.З* изменяет уставку *1РЧ* с частоты срабатывания на частоту АПВ после АЧР. Если после отключения нагруз­ки первой категории частота не восстановится, то дора­батывает моторное реле времени *2РВ,* пущенное одно­временно с *1РВ* реле понижения частоты *2РЧ.* Реле *2РВ* включает реле *ЗРП,* которое подает напряжение на ши­ну *ШАЧРП,* и подключенные к ней реле *РП* отключают свои присоединения. Далее *2РВ* переключает *2РЧ* на частоту срабатывания устройства *АПВ* после *АЧР. \**

После восстановления частоты до 49,2—50 Гц реле *2РЧ* размыкает свой контакт, реле *2РВ* возвращается в исходное положение и через контакт *ЗРП* пускает реле времени *4РВ.* Реле *4РВ* возвращает реле' *ЗРП* в исход­ное положение, чем снимает напряжение с шин *ШАЧРП.* Реле *РП* (см. рис. 2) обесточивается и вклю­чает свои выключатель, а через контакты *В.2* и *БК-1* возвращается в исходное положение реле *РФ.*

При дальнейшем повышении частоты размыкает свой контакт *1РЧ,* возвращается в исходное положение *1РВ,* пускается *ЗРВ* и возвращаются в исходные поло­жения *1РП* и *2РП.* Снимается напряжение с шин

*ШАЧР1, а* и *U1A4PI6.* обесточиваются реле *РП* и включают выключатели.

Указательные реле *1РУ, 2РУ, ЗРУ* указывают сра­ботавшую очередь АЧР. Недостатком схемы является одновременное отключение и включение нескольких вы­ключателей с приводами ПП-67. Электромагнит дистан­ционного отключения привода ПП-67 потребляет крат­ковременно до 500 В-А при 220 В, электродвигатель за­вода пружин — до 270 В-А длительно, электромагнит включения — до 400 В-А. В рассматриваемой конструк­ции КРУ оперативные цепи питаются через два стаби­лизатора напряжения С-0,9 общей мощностью 1800 В-А'. Поэтому одновременное отключение или завод пружин большего количества выключателей могут перегрузить стабилизаторы, их выходное напряжение снизится, и электродвигатели могут остановиться, ибо они работают надежно при снижении напряжения только до 80 % номинального. Поэтому при распределении выключате­лей по очередям следует учитывать мощность стабили­заторов, не допуская их перегрузки.

Второй недостаток схемы заключается в следующем: если во время сниженной частоты, когда реле *РП* в ячейках находятся под напряжением, произойдет сниже­ние напряжения в сети, например при близком *КЗ,* то сработает АВР шин обеспеченного питания и кратко­временно снимет напряжение с реле *РП.* Реле возвра­тятся в исходные положения и замкнут цепь включения. Напряжение надежной работы реле *РП* и электромаг­нита включения и время их срабатывания одинаковы. Поэтому возможно при восстановлении напряжения включение выключателя прежде, чем сработает *РП* и разомкнет цепь включения. В современных сетях часто несколько отпаечных подстанций питаются от одной ли­нии ПО кВ, и при КЗ в близко лежащей сети такая ра­бота устройств АПВ может нарушить систему разгрузки.

Схема устройства АПВ после АЧР, показанная на рис. 3, работает аналогично. Реле *1РП* подключается к одной из шин *АЧР,* проложенных в ячейках, и также отключает выключатели при работе АЧР, фиксирует от­ключение от *АЧР* работой реле *2РФ* и, замыкая цепь электромагнита дистанционного отключения, выводит из работы устройство *АПВ* размыканием контакта *БКА.* Включение выключателя от *ЧАПВ* производится по це­пям: по цепи *1ШУ—ЗН—1РП.2—2РФ—1РВ—2ШУ* пус- 40

кается реле времени устройства *АПВ* и включает вы­ключатель по цепи *1ШУ—ЗН—1РУ—1РВ.1—В.1— КГП—ЭВ—2ШУ.* Следовательно, если по любым причи­нам обычное устройство АПВ выведено из работы на­кладкой *ЗН,* то выводится из работы устройство ЧАПВ. Кроме того, общее указательное реле *1РУ* может при­вести к ошибкам при анализе АПВ: неизвестно, от ка­кого устройства АПВ оно сработало. Также нельзя опе­ративно вывести из работы устройство ЧАПВ.

Потребляемая мощность электромагнита или элект­родвигателей завода пружин современных приводов, например ВМП-10П, ВММ-10 и подобных, доходит до 1000 В-А, и этим еще больше ограничивается количест­во одновременно включаемых выключателей. Поэтому может оказаться целесообразным при большом количе­стве выключателей цепи электродвигателей или элект­ромагнитов завода пружин питать от трансформаторов собственных нужд помимо стабилизаторов. Возможно применить более мощные стабилизаторы, например С-ЗС мощностью 3 кВ-А, хотя они значительно дороже. При перерывах питания схема на рис. 3 работает также, как и схема на рис. 2.

На рис. 15 дана внешняя схема АЧР с ЧАПВ, разра­ботанная в Мосэнерго, которая обеспечивает включение и отключение выключателей не одновременно, а с задан­ными интервалами по времени. В этой схеме: *РЧ —* реле понижения частоты типа ИВЧ-011 или ИВЧ-3; *KJI-1—* комплект промежуточных реле и реле времени; *1У* и *2У—* обычные указательные реле; *РП —* выходные про­межуточные реле любого типа. Накладки *ЧАПВ* и *АЧР* служат для оперативного ввода и вывода из работы уст­ройств АЧР и ЧАПВ. Зажимы *33—34* предназначены для включения реле, блокирующих устройства АЧР, на­пример реле направления мощности для запрета дейст­вия устройства *АЧР* при потере питания от сети подстан­ции, питающей крупные синхронные электродвигатели. Сами реле *РЧ* и комплект *КЛ-1* питаются от трансфор­матора напряжения. Выходные цепи на схеме указаны для питания от аккумуляторов. Но так как эти цепи полностью выделены, то оперативный ток может быть любым. Приводы выключателей также могут быть лю­бого типа. Описываемое устройство обычно применяется на мощных подстанциях, питающих кабельную сеть го­родов или промышленных предприятий. Обычно в таких



Р4

о3 4о- *0560-*

07 ВО

+ШУ

Dm TH

} 29503132

*ЮН*

023
ю25
-027

**220-**

24о

26 о-

3334 35363738

*Блокировка АУР*

*О/*

*1КП*

*РП*

На вклю­чение 2КП-

■ 10КП

+2 + 3 +4

*Сигнал*

7У *АУР*

2о

*о1 оЗ* о5 о7 оЭ

*< >11* >21

-ШУ

Л*другим репе*

о]УД/7й

Рис. 15. Схема устройства АЧР с ЧАПВ Мосэнерго

сетях вместо АПВ применяется АВР, поэтому схема да­ется для выключателей без устройства АПВ. Но ее можно легко приспособить и для работы на выключа­тель с АПВ, введя блокировку АПВ при работе АЧР.

Описываемая схема может выполнять ряд приводи­мых ниже функций. При снижении частоты с регулируе­мой выдержкой времени от 0,3 до 120 с отключается любое количество выключателей присоединений, а реле частоты перестраивается на частоту срабатывания ЧАПВ. При восстановлении частоты с регулируемой вы­держкой времени от 5 до 120 с поочередно включается до 10 выключателей. Продолжительность замыкания цепи включения около 1 с, интервалы между включениями регулируются в пределах 5—20 с. При включениях контролируется напряжение сети; если оно ниже 80 % номинального, то включения прекращаются и продолжа­ются после восстановления напряжения. Если в процес­се включения снова понизится частота, то включение прекращается. В зависимости от продолжительности сни­жения частоты все ранее включенные присоединения вновь отключаются или же после восстановления часто­ты продолжается включение оставшихся присоединений.

Количеством одновременно отключаемых выключа­телей определяются тип и количество выходных реле *РП.* Если требуется включение более чем 10 выключате­лей, а источники оперативного тока допускают одновре­менное включение двух и более выключателей, то выходные цепи *КЛ-1* могут работать на промежуточные реле, включающие одновременно два или более выклю­чателей. Внутренняя схема комплекта реле *КЛ-1* дана на рис. 16. Основой его является шаговый искатель *ШИ* с четырьмя полями *ШИ1—ШИ4* на 12 положений.

В качестве реле времени применены 7?С-контуры и тиратроны с холодным катодом. Диоды *Д1—Д4* состав­ляют выпрямитель для питания промежуточных реле. Переменное напряжение 100 В от трансформатора на­пряжения поддерживается постоянными стабилитронами *СТ1—СТ 10* и балластным резистором *R12* до 50 В. Для питания тиратронов используется выпрямленное напря­жение 210 В, получаемое от схемы учетверения напряже­ния. Схемы учетверения выполнены на диодах и кон­денсаторах. Для тиратрона *1Т —* на *Д9—Д13* и *С4—С7,* для *2Т —* на *Д11—Д18* и *СЮ—С13.* Напряжение питания контролируется неоновой лампой *ИЛ* и реле *2РП.* Реле *1РП* включается для размножения контактов реле час­тоты, реле *ЗРП* производит отключение, а реле *4РП —-* включение выключателей. Реле *5РП —* двухпозиционное поляризованное, выбирает операцию — «включение» или «отключение».

В исходном положении схема находится под напря­жением, горит неоновая лампа, сердечник *2РП* втянут, шаговый искатель стоит в положении *11.* При сниже­нии частоты замыкает своп контакты *РЧ* и включает *1PI1.* Контакт *1РП.1* возвращает в исходное положение *2РП,* контакт *1РП.2* включает на заряд конденсаторы *С8, С9* через зарядные резисторы *R16, R17, R18, R10.* Перемычками *П2, ПЗ, П4* при наладке набирается за­данное время АЧР. Когда конденсаторы C.S, *С9* зарядят­ся до напряжения зажигания тиратрона *2Т,* тиратрон за­жигается, срабатывает *5РГД* (обтекается током его ра­бочая обмотка) и включает *ЗРП.* Контакт *5РП.2* разры­вает цепь обмотки *4РП.* Контакты *ЗРП* выведены на за­жимы *25—26* и включают выходные промежуточные реле *РП,* с помощью которых производится отключение выключателей. Другими контактами *ЗРП* готовит возврат в исходное положение *5РП (5РПВ—* возвращающая об­мотка) и включает конденсатор *СЗ* на заряд через ре-



*CTt CT2 СГЗ C[if CTS СГ6 err ere era eno*

*ЧРП>3 35 38*

**5o—***о 10 SO***—072 Я7 о—o/S me**

77 0 /SO 270

-020

**-022**

в)

Рис. 16. Схема комплектного реле КЛ-1:

*а —* схемы устройства АЧР и ЧАПВ; *б* — выходные цепи устройства АПВ

зистор *R8.* Конденсатор заряжается до напряжения за­жигания тиратрона *1Т.* Тиратрон зажигается и замы­кает цепь обмотки электромагнита шагового искателя *ШИ.*

Шаговый искатель переходит в положение *12,* кон­такт *ШИ4* замыкает цепь *27—ШИ4—12—31* и этим пе­рестраивает уставку реле *РЧ* на частоту срабатывания АПВ, замыкая накоротко резисторы обмоток *РЧ.* Кон­такт *ШИЗ* включает возвращающую обмотку *5РПВ* по цепи *27—ЗРП.4—Р8—Д7—Д7 — ШИЗ — 12—5РГЦ— R6—3PП.3—83—,Д9^Д13—Р12—28.* Реле *5РП* возвра­щается в начальное положение, и его контактом *5РП.1* возвращается в исходное положение *ЗРП.* В таком по­ложении замкнуты контакты *РЧ* и *1РП, ШИ* стоит в по­ложении *12,* схема ожидает восстановления частоты.

Когда частота сети повысится до уставки устройства ЧАПВ, размыкаются контакты РЧ, обесточивается *1РП* и, если напряжение сети не ниже 80 % номинального, срабатывает *2РП.* Своим контактом *2РП.1* оно подклю­чает конденсатор *СЗ* на заряд по цепи *27—ЗРП.2— Р15—Р14—Д6—12—ШИЗ—Д7—2РП.1—СЗ—83.* Пере­мычкой *П1* и регулировкой резисторов *R15, R14* регули­руется время ЧАПВ.

Зажигается тиратрон *1Т* и включает обмотку элект­ромагнита шагового искателя *ШИ.* Шаговый искатель переходит в положение *1.* Его контакт *ШИ4* размыкает цепь *27—ШИ4—12—31* и этим восстанавливает уставку *РЧ* на частоту срабатывания *АЧР,* а переходом в поло­жение *1* готовит цепь конденсаторов *С8, С9* реле време­ни АЧР на случай снижения частоты в цикле ЧАПВ. Контакт *ШИЗ* переключает *СЗ* на заряд через резистор *R13,* регулированием сопротивления которого устанавли­вается выдержка времени между замыканиями цепей включения. Контакты *ШИ1* и *ШИ2* (рис. 16,6) готовят цепь включения первого выключателя. Мгновенный кон­такт *ШИ* кратковременно замыкается и включает *4РП.* Контакт *4РП.З* примерно на 1 с замыкает цепь включе­ния, подготовленную *ШИ1* и *ШИ2,* и включается пер­вый выключатель. Другим контактом *4РП.1* отключает­ся обмотка *2РП.* Реле *2РП* возвращается в исходное положение и гасит тиратрон *1Т* контактом *2РП.1.* После возвращения реле *4РП* в исходное положение срабатыва­ет *2РП* и подключает *СЗ* на заряд через резистор *R13.* Снова зажигается *1Т,* шаговый искатель переходит в положение *2,* и включается второй выключатель. Далее все повторяется, пока *ШИ не* дойдет до положения *11 и* не замкнет цепь сигнала «окончание ЧАПВ», выведен­ную на зажим *21—22.* После этого вся схема возвраща­ется в исходное положение.

Если в цикле ЧАПВ частота снизится и сработает *РЧ,* то *1РП* разорвет цепь обмотки *2РП,* которое вклю­чит на заряд конденсаторы *С8, С9.* Если время пони­жения частоты меньше времени АЧР, то после восста­новления частоты возвращаются в исходное положение *РЧ* и *1РП,* срабатывает *2РП,* и включение выключате­лей продолжается.

Если снижение частоты длительно, то зажигается *2Т,* срабатывают реле *5РП* и *ЗРП* и отключают все ра­нее включенные выключатели. Шаговый искатель про­должает свое движение до положения *12,* конденсатор *СЗ* заряжается через *R8,* цепь включения разомкнута на контакте *4РП.З.* Дойдя до положения *12, ШИ4* возвра­тит реле *5РП* в исходное положение, и схема подгото­вится к новому циклу ЧАПВ.

Если снижение напряжения произойдет в процессе включения, то обесточится реле *2РП,* после восстанов­ления напряжения до 0,8 номинального будет йродол- жаться цикл ЧАПВ.

1. АВТОМАТИЧЕСКОЕ ПОВТОРНОЕ ВКЛЮЧЕНИЕ ШИН И ТРАНСФОРМАТОРОВ

Хотя *КЗ* на шинах по сравнению с *КЗ* на воздушных линиях очень редки, последствием их является потеря большого количества потребителей. Поэтому АПВ шин можно считать обязательным почти во всех случаях. Различаются два типа АПВ шин: АПВ шин 35—220 кВ, имеющих специальную защиту шин, обычно дифференци­альную или дистанционную, и АПВ шин 6—35 кВ, не имеющих специальной защиты. По количеству включае­мых выключателей также имеются два основных типа АПВ: в первом — ограничиваются включением одного- двух выключателей, необходимых для того, чтобы толь­ко подать напряжение потребителям, во втором — вклю­чаются все выключатели, и полностью восстанавливает­ся нормальная схема подстанции. Второй тип наиболее распространен, особенно для подстанций без постоянно­го дежурного персонала. Для АПВ шин, имеющих диф­ференциальную защиту, наиболее целесообразно исполь­зовать устройство АПВ линий. Одна из таких схем при­ведена на рис. 17, *а.*

При срабатывании дифференциальной защиты шин ее выходное реле контактом *ДЗШ.1* включает промежуточ­ное реле *1РП,* пускающее реле времени *РВ.* Реле вре­мени самоудерживается своим контактом *РВ.1.* После отключения всех выключателей реле *ДЗШ* возвращает­ся в исходное положение, и реле *1РП,* отпадая, пускает *2РП,* готовящее цепь блокировки устройства АПВ. Включается от своего устройства АПВ первый выклю­чатель, и, если АПВ успешно, по очереди включаются остальные. Реле *РВ* дорабатывает до конца, своим кон­тактом *РВ.2* шунтирует свою обмотку, и схема возвра­щается в исходное положение. Если включение первого выключателя было неуспешным, то снова срабатывает *ДЗШ* и через замкнутые контакты *2РП.2, 2РП.З* блоки­рует устройство АПВ всех отключившихся выключате­лей, например, подавая минус источника оперативного тока на зажим *8* реле РПВ-58.

Основными достоинствами этой схемы являются ее простота и надежность. Кроме того, схема не требует специальных операций при отключении на ремонт линии, включающейся первой.

Если устройства АПВ линий имеют реле контроля напряжения и синхронизма, то они могут использовать­ся для АПВ шин без блокировки устройств АПВ линий



Рис. 17. Схемы устройств АПВ шин:

*а* — для простых устройств АПВ линий; б —для устройств АПВ линий с кон­тролем синхронизма

при устойчивом *КЗ* на шинах. Схема этого случая дана на рис. 17,6. Реле *НЛ* контролирует напряжение на ли­нии. Его контакт *НЛ* замкнут при отсутствии напряже­ния на линии. Контакт реле контроля синхронизма *РКС,* описанного выше, замкнут при допустимом угле расхож­дения векторов напряжений шин и линии. Реле *НШ* контролирует напряжение на шинах. В качестве реле *НШ* используется обычое реле минимального напряже­ния типа PH-54/160 с. переключающим контактом: кон­такт *НШ.1* замкнут при отсутствии напряжения на ши­нах, а *НШ.2* замкнут при напряжении шин, близком к номинальному. На выключателях всех линий, отключае­мых дифференциальной защитой шин, обычно устанав­ливается все три реле, а нужная схема контроля наби­рается накладками *1Н* и *2Н.*

На устройстве *АПВ* выключателя, включаемого первым, замыкается накладка *1Н.* Это устройство АПВ включает выключатель при отсутствии напряжения на шинах по цепи (—)—/Я—НШ.1..., на остальных выклю­чателях *1Н* размыкается, а *2Н* ставится в положение, определяемое режимом работы подстанции в общей схе­ме сети. При установке *2Н* в положение *1* устройство АПВ пускается по цепи (—)—*2Н—1—РП.З—НШ—2* при наличии напряжения на шинах и линии без контроля их синхронизма. При установке *2Н* в положение *2* устрой­ство АПВ пускается при наличии напряжения на шинах и на линии и проверке синхронизма по цепи (—)—*2Н—• 2—РКС—НШ.2. -*

При установке *2Н* в положение *3* схема АПВ пуска­ется при отсутствии напряжения на линии по цепи *(—)—2Н—3—РП.2* либо при наличии напряжения на шинах и линии и проверке их енхронизма по пепи *(\_)—2Н—3—РП.1—РКС—НШ.2.*

Для АПВ шин накладка *2Н* ставится в положение 2.

При таком положении накладок схемы АПВ работа­ют следующим образом: если первое включение будет успешным, то устройства АПВ остальных линий прове­рят наличие и синхронность напряжений на шинах и линии и включают свои выключатели.

Если же первое АПВ будет неуспешным, то пуск ос­тальных устройств АПВ будет заблокирован контактом *НШ.2* (отсутствует напряжение на шинах) и контактом *РКС,* который разомкнется так как есть напряжение на линии.

К недостаткам схемы можно отнести необходимость операций с накладками устройств АПВ других линий, если первая линия не может быть включена, например, из-за отключения на ремонт, что требует выезда опера­тивно-выездной бригады на подстанцию без постоянного дежурного персонала.

После неуспешного АПВ и устранения повреждения производится, как правило вручную, по указанию дис­петчера, восстановление схемы подстанции и данного участка сети.

В зависимости от вида повреждения (поврежден вы­ключатель или шинный разъединитель линии, одна из систем шин и т. п.) предусмотренная расчетом уставок устройств АПВ шин последовательность включения линий может оказаться неприемлемой (например, из-за перераспределения нагрузок). Если подать напряжение на шины, не учитывая эту особенность, то сработают устройства АПВ всех остальных линий. При этом может нарушиться порядок выключения линий, намеченный диспетчером. Перегрузка аккумуляторной батареи из-за одновременного включения нескольких выключателей может привести к отказу устройства АПВ. Для устране­ния этого может потребоваться отключение устройств АПВ линий, что затрудняет оперативный персонал и может вызвать отказ устройств АПВ при КЗ на линиях, на которых отключены эти устройства. Необходимость операций с накладками затрудняет и телеуправление. По всем этим причинам такую схему АПВ шин целесо­образно применять только на основных подстанциях се­ти с постоянным дежурным персоналом.

Важной особенностью АПВ шин является выбор ли­нии, включаемой первой. Ток короткого замыкания при неуспешном АПВ должен обеспечить работу защиты шин, а так как первая линия может быть по любым при­чинам отключена, то работу защиты шин должна обес­печивать и линия, включающаяся второй и даже треть­ей. В ряде случаев это обеспечить невозможно. Тогда устанавливается второй, более чувствительный комплект защиты шин, вводимый в работу только на время цик­ла АПВ.

Второй особенностью АПВ шин является поочеред­ное включение линий. Обычно аккумуляюрные батареи не допускают одновременное включение нескольких вы­ключателей, поэтому необходимо иметь разные выдерж-

кн времени устройств АПВ линий, чтобы исключить одновременное включение сразу двух выключателей. При большом количестве выключателей эти времена получаются большими, что в свою очередь увеличивает время срабатывания устройств АПВ при КЗ на линиях и вызывает затруднения при согласовании с ними вы­держек времени устройств АПВ других концов линий. Для уменьшения этих выдержек времени и повышения надежности принято вообще не отключать от защиты шин присоединения с односторонним питанием — тупи­ковые линии и трансформаторы. Одновременно это повы­шает и эффективность АПВ, так как при успешном АПВ первой линии сразу подается напряжение большому ко­личеству потребителей.

Вторым типом АПВ шин 10—35 кВ является АПВ выключателя трансформатора, питающего эти шины. На­значение этого АПВ — повторное включение трансфор­матора, отключенного своей максимальной токовой за­щитой при КЗ на шинах или при КЗ на питающейся от них линии и отказе ее защиты или выключателя. Выпол­няется это устройство АПВ по одной из рассмотренных ранее схем, например по схеме рис. 9. Обязательным условием является запрет действия устройства АПВ при повреждении самого трансформатора.

В схеме рис. 9 блокировку действия устройства АПВ выполняет реле *6РПП,* являющееся повторителем поло- женда-.короткозамыкателя: при работе защиты от вну­тренних повреждений трансформатора (газовая, диффе­ренциальная, отсечка) включается короткозамыкатель, и реле *6РПП* разрывает цепь устройства АПВ выключа­теля.

Некоторым недостатком такой схемы является на­прасный запрет АПВ при ложных действиях газовой за­щиты или при неустойчивом повреждении наружной части вводов трансформатора и ошиновки между транс­форматором и его ячейкой со стороны низкого напряже­ния в зоне действия дифференциальной защиты. Поэтому в некоторых схемах устройство АПВ пускается при дей­ствии всех защит трансформатора, а запрещается АПВ сигнальным контактом газового реле. Эго основано на том, что сигнальный контакт газовой защиты срабаты­вает при всех внутренних повреждениях трансформато­ров. В некоторых схемах действие устройства АПВ запре­щается от реле напряжения, питающегося от трансфор­

матора собственных нужд, подключенного между выводом 6—10 кВ трансформатора и его выключателем. Это реле находится под напряжением, если отключен только вы­ключатель низшего напряжения, а сам трансформатор исправен со стороны питания. В этом случае реле напря­жения разрешает пуск устройства АПВ. Если же транс­форматор отключен и со стороны питания, то реле напря­жения запрещает пуск устройства АПВ.

Если схема АПВ выполняется с помощью реле РПВ-58, то запрет АПВ выполняется подачей минуса на­пряжения оперативного тока на вывод *8.* В этом случае контакты блокирующих устройств АПВ реле должны не размыкаться, а замыкаться.

ПУЭ рекомендует применять АПВ для одиночных трансформаторов мощностью более 1000 кВ-А, отключе­ние которых приводит к обесточению потребителей. При наличии у трансформатора выключателя и максималь­ной токовой защиты на стороне питания на ней также используется АПВ. Хотя в этом случае допускается АПВ трансформатора и при внутренних повреждениях, но блокировка все же выполняется, например от газовой защиты.

1. УСКОРЕНИЕ ДЕЙСТВИЯ РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ ПРИ АПВ

В настоящее время используются два основных вида ускорения действия устройств релейной защиты: после АПВ и до АПВ. Обязательным условием для АПВ почти всех типов является ускорение действия релейной защи­ты после АПВ. Объясняется это стремлением уменьшить размеры повреждений и уменьшить продолжительность ненормального режима при неуспешном АПВ. Ускоре­ние действия защиты может выполняться двумя основ­ными способами. У защит с независимой характеристи­кой предусматриваются две выдержки времени: одна, работающая во всех режимах и согласованная с выдерж­ками времени смежных защит (селективная), и вторая, меньшая, чем первая, вводимая в действие на небольшое время при работе АПВ. Так, например, ускоряются вто­рые ступени дистанционных и токовых защит в сетях 35—110 кВ. Основным требованием к ускорению дейст­вия защиты является охват ею всей линии с необходимой чувствительностью. Выдержка времени этих защит обычно принимается около 0,5 с для обеспечения селек-

~ тивности со смежными мгновен- | ными защитами. Вызвано это тем, что такое ускорение дейст­вия используется не только пос- \_ ле АПВ, но и в нормальном ре­жиме, например, при отключе- '' нии быстродействующих защит

*РП*

Рис. 18. Схема ускоре­ния действия защиты по­сле АПВ

линий.

Принципиальная схема уско­рения действия релейной защиты дана на рис. 18. При срабатыва­нии устройства АПВ включается реле *РПУ,* которое сво­

им контактом замыкает цепь проскальзывающего кон­такта реле времени *РВ* второй ступени защиты. Реле *РПУ* должно иметь замедление на размыкание своего контакта большее, чем сумма времен релейной защиты ускоренного действия отключения выключателя. Обычно такое замедление, около 1 с, обеспечивает реле РП-252 Пуск реле *РПУ* выполняется или выходным контактом схемы АПВ, например РПВ-58, или вспомогательным кон­тактом выключателя *В,* замкнутым при отключенном вы­ключателе. Второй способ пуска лучше, так как обес­печивает ускорение действия защиты и при оперативном включении выключателя. Наладка *Н* служит для опера­тивного ввода ускорения (нормально она разомкнута). С обеими выдержками времени защита действует на вы­ходное реле *РП.* В обеих цепях устанавливаются указа­тельные реле, не показанные на схеме рис. 18.

Если II ступень защиты не обеспечивает необходимой чувствительности, то производят ускорение действия III ступени.

Для защит с зависимой характеристикой (рис. 18) указанный принцип неприменим. Поэтому вместо уско­рения действия такой защиты устанавливается дополни­тельный комплект защиты, например токовая отсечка, мгновенная или с выдержкой времени около 0,5 с.

Схема выполняется так же, как и на рис. 18, только вместо проскальзывающего контакта реле времени II ступени реле *РПУ* замыкает цепь отключения от отдель­ного комплекта релейной защиты. Ток срабатывания за­щиты должен быть отстроен не только от тока нагрузки включаемой линии, но и от тока намагничивания вклю­чаемых трансформаторов. Обычно для отстройки от то­ка намагничивания ток срабатывания мгновенной токо­

вой отсечки должен быть в 3—5 раз больше суммы но­минальных токов включаемых трансформаторов. Во многих случаях такая отсечка оказывается нечувстви­тельной, поэтому отстройку от токов намагничивания целесообразно выполнить по времени. Для этого обычно оказывается достаточной выдержка времени 0,5—0,7 с.

При отстройке от тока самозапуска электродвигате­лей следует учитывать требования ПУЭ: все электродви­гатели мощностью 10 кВт и более должны пускаться магнитными пускателями или аналогичными аппарата­ми. Простым рубильником могут запускаться электро­двигатели мощностью не более 10 кВт. Поэтому в цикле АПВ сердечники магнитных пускателей отпадут, и ток самозапуска оставшихся двигателей будет значительно меньше.

Для защит с независимой характеристикой, выпол­ненной на переменном оперативном токе, например, с реле РВМ-12 или РВМ-13, схема ускорения действия релейной защиты выполняется так же, только реле РПУ должно быть типа РП-256.

Защиты с использованием реле РТ-85 и РТ-95, рабо­тающие по схеме дешунтирования, и защиты с реле пря­мого действия РТВ применяются в распределительных сетях повсеместно. В разветвленных сетях выдержки времени защит доходят до 2,8—3,5 с, и ускорять их дей­ствие было бы весьма полезно. Выполнить ускорение действия, на реле РТ-85 (95) и РТВ невозможно ввиду отсутствия необходимых контактов. Принципиально можно установить второй комплект защиты С меньшей выдержкой времени или мгновенный с реле РТМ и вво­дить его в работу контактами реле типа РП-341 или РП-342 с блоками питания. Замедление на вывод из работы можно выполнить с реле типа РП-256. Но типо­выми проектами ускорение действия таких защит не предусматривается и в комплектных подстанциях, вы­пускаемых промышленностью, не применяется.

■ Ускорение действия защиты до АПВ уменьшает раз­меры повреждений и их влияние на остальных потреби­телей при успешном АПВ, а также позволяет значитель­но уменьшить количество устройств АПВ в сетях, что дает значительную экономию. Принцип ускорения дей­ствия защиты до АПВ заключается в том, что на голов­ном выключателе присоединения устанавливаются два комплекта защиты: комплект, селективный со смежными



Рис. 19. Ускорение действия защиты до АПВ: *а —* схема сети; *б —* схема ускорения действия зашиты

защитами, и комплект защиты ускоренного действия, обычно неселективный, зона действия которого охваты­вает все участки сети (рис. 19, о). Устройство АПВ устанавливается только на выключателе головного участка *2В,* на всех остальных выключателях *(ЗВ* и *4В)* устанавливаются обычные, селективные релейные защиты. При КЗ на любом участке работает ускорен­ная, неселективная защита и отключает *2В.* Запускает­ся устройство АПВ, и неселективная защита выводится из работы на время, достаточное для работы селектив­ной защиты. При успешном АПВ вся схема возвращает­ся в исходное положение, при неуспешном — работает только селективная защита и отключает поврежденный участок. Принцип действия схемы поясняется на рис. 19, *б.* Обе защиты работают на общее выходное реле *РП,* неселективная защита ускоренного действия введе­на в работу контактом *РПУ.* Реле *РПУ* включается или контактом выходного реле АПВ или вспомогательным контактом выключателя *В,* замкнутым при отключенном выключателе. Замедление на возврат реле *РПУ* должно быть больше времени работы релейной защиты ускорен­ного действия. Так как время работы защиты ускорен­ного действия меньше (обычно 0,5 с), то она срабатыва­ет раньше селективной и удерживает реле *РПУ* до тех пор, пока не сработает селективная защита при неуспеш­ном АПВ. При успешном АПВ неселективная защита вводится в работу, как только возвратится *РПУ.*

Защита ускоренного действия включена всегда, по­этому при расчете ее следует учитывать полный ток самозапуска всех электродвигателей и намагничиваю­щий ток трансформаторов. Хотя эта защита и выводится из действия после АПВ и при оперативном включении выключателя, но намагничивающий ток трансформато­ров может появиться при включенной защите ускорен­ного действия при КЗ на, других присоединениях под­станции.

Во всех рассмотренных схемах ускорения действия релейной защиты вместо вспомогательных контактов выключателя могут применяться контакты реле-повто­рителей или контакты реле положения выключателей.

1. ИСПРАВЛЕНИЕ НЕСЕЛЕКТИВНОСТИ

РЕЛЕЙНОЙ ЗАЩИТЫ С ПОМОЩЬЮ АПВ

Способы ускорения действия релейной защиты, рас­смотренные выше, также требовали исправления воз­можной неселективной работы защиты с помощью АПВ. При ускорении действия до АПВ обязательно использу­ется неселективная защита. При ускорении после АПВ, если устанавливается отдельный комплект ускоренного действия, он также работает неселективно.

Далее рассмотрены более сложные случаи взаимо­действия неселективной релейной защиты и АПВ, ис­правляющие ее неселективную работу. В настоящее время используется несколько способов сочетания дей­ствия неселективной защиты и АПВ.

Принципы исправления неселективности релейной защиты с помощью АПВ поясняются на рис. 20. Участок сети, показанный на рис. 20, имеет питание со стороны подстанций *А, Б и Г,* На выключателях *1В* и *ЗВ* уста­новлены селективные релейные защиты.. На выключате-



Рйс. 20. Схема сети с исправлением неселективности действия ре­лейной защиты с помощью АПВ

ле *2В* установлена быстродействующая неселективная защита, срабатывающая при КЗ на линии *ВГ* ранее за­щиты, установленной на выключателе *ЗВ.* Такое выпол­нение возможно, если защита на *ЗВ* обладает достаточ­ной чувствительностью при КЗ на линии *ВГ* и отключен­ной линии *БВ.* На всех выключателях - установлены устройства АПВ. При КЗ на линии *ВГ* отключается выключатель *2В,* а затем — выключатель *ЗВ.* Устройство АПВ включает *ЗВ.* Если КЗ устойчиво, то своей защитой *ЗВ* отключается вновь. После этого включается *2В.* Как следует из рассмотренного, выдержка времени на сраба­тывание АПВ выключателя *2В* должна быть больше суммы времен (с учетом разбросов по времени): разницы в выдержках времени защит выключателей *ЗВ* и *4В,* вре­мени включения от АПВ выключателя *ЗВ* и времени ра­боты защиты *ЗВ* при неуспешном АПВ.

Вторым способом исправления неселективности мо­жет быть АПВ с проверкой отсутствия напряжения на линии на выключателе *4В* и АПВ с проверкой синхро­низма или наличия напряжения на линии на выключа­теле *ЗВ.* Тогда при устойчивом КЗ на линии *ВГ* первым включится и отключится выключатель *4В,* выключатель же *ЗВ* включаться вообще не будет. В этом случае со­гласовывать время АПВ выключателя *2В* с временами защиты и автоматики выключателя *ЗВ* не нужно. Третий способ исправления неселективности заключается в со­гласовании времен ускорения действия защит выключа­телей *2В* и *ЗВ.* Время АПВ выключателя *2В* выбирается таким, чтобы выключатели *ЗВ* и *2В* включались одновре­менно. На обоих выключателях вводится ускорение действия защиты после АПВ, но время действия защиты выключателя *2В* выбирается с необходимым запасом больше времени срабатывания защиты ускоренного дей­ствия выключателя *ЗВ.* Выключатель *ЗВ* при неуспешном АПВ отключается, а *2В* остается в работе.

Следующим способом исправления неселективности может быть установка на выключателе *ЗВ* однократного АПВ, а на выключателе *2В —* двукратного. Тогда при устойчивом КЗ на линии *ВГ* включаются от устройства АПВ и отключаются своими защитами оба выключателя *ЗВ* и *2В.* Но выключатель *ЗВ* после этого остается от­ключенным, а *2В* включается усйешно вторым циклом АПВ. Выдержка времени второго цикла АПВ согласно ПУЭ должна быть не менее 10—15 с; в большинстве слу­чаев за счет такой большой выдержки времени согласо­вания времен релейной защиты и АПВ выключателей *2В* и *ЗВ* не требуется.

1. РАСЧЕТ УСТАВОК УСТРОЙСТВ АПВ

Под выдержкой времени на срабатывание устройства АПВ (/Апв) понимается время отпуска устройства АПВ до замыкания цепи включения выключателя.

По условиям бесперебойности питания потребителей и надежности работы энергосистемы это время жела­тельно иметь минимальным. Однако минимально возмож­ное значение /АПВ ограничивается рядом факторов: на­пряжением сети, временем полного отключения места КЗ от всех источников питания, конструкцией привода и выключателя, типом реле, входящих в схему АПВ, мес­том установки устройства АПВ (отапливаемое или не­отапливаемое помещение) и т. д.

Выдержкой времени на возврат устройства АПВ в ис­ходное положение (/в,р,апв) после его срабатывания на­зывается время готовности к новой работе.

Ниже рассматривается ряд условий, определяющих минимально возможные времена срабатывания и возвра­та АПВ.

Для одиночных линий с односторон­ним питанием:

а) Время срабатывания АПВ должно быть больше времени полного отключения КЗ и времени деионизации среды /д в месте КЗ после полного его отключения. ПУЭ определяют время деионизации /д—0,15—0,2 с. Однако по опытным данным в сетях напряжением до 220 кВ это время составляет не менее 0,2 с при токе КЗ до 15 кА и увеличивается до 0,3—0,4 с при токах более 15 кА. На линиях 330 и 500 кВ *tR* также составляет 0,3—0,4 с. При расчетах рекомендуется учитывать приведенные повы­шенные значения /д.

При определении времени отключения КЗ следует считаться с токами подпитки места КЗ от различных дви­гателей. Продолжительность подпитки от асинхронных двигателей обычно не превышает 0,1 с и практически может не учитываться. Мощные синхронные электродви­гатели и компенсаторы могут длительно питать место КЗ (например, двигатели питаемые от тупиковой линии или отпаечной подстанции), и при расчете уставок устройст­ва АПВ их необходимо учитывать,

Для уменьшения времени срабатывания устройства АПВ и исключения несинхронного включения синхрон­ных двигателей или синхронных компенсаторов должны приниматься специальные меры. Например, при отклю­чении трансформатора его релейной защитой или при ра­боте защиты шин, от которых питается трансформатор, отключаются и питающиеся от этого трансформатора компенсаторы. Использовать защиту от понижения на­пряжения для уменьшения времени подпитки места КЗ электродвигателями практически нельзя, потому что синхронные электродвигатели могут длительно поддер­живать напряжение на шинах, препятствуя работе этой защиты. ПУЭ рекомендует следующие уставки защит двигателей от понижения напряжения. Защита мини­мального напряжения электродвигателей неответствен­ных потребителей, отключающая часть их для обеспече­ния самозапуска остальных, имеет напряжение срабаты­вания 0,7 номинального и выдержку времени в пределах 0,5—1,5 с. Для электродвигателей ответственных потре­бителей ПУЭ предусматривают защиту минимального напряжения с напряжением срабатывания 0,5 номиналь­ного и выдержкой времени 5—10 с, а для синхронных компенсаторов — защиту' с напряжением срабатывания 0,1—0,2 номинального и выдержкой времени 10 с.

При питании места КЗ и другой нагрузки двигатели постепенно тормозятся, но процесс снижения напряже­ния практически трудно поддается расчету и не может быть учтен при определении уставок устройства АПВ.

Для исключения подпитки места КЗ на синхронных электродвигателях следует устанавливать защиту от по­нижения частоты с минимально возможной выдержкой времени, действующую на отключение. При этом устрой­ство АПВ, устанавливаемое на выключателе линии, пита­ющей подстанцию с синхронным двигателем, должно вы­полняться с контролем отсутствия напряжения на линии, а расчет уставок устройства АПВ следует вести, как для линии с двусторонним питанием (см. ниже), принимая за выдержку времени устройства противоположного кон­ца линии выдержку времени защиты от понижения час­тоты.

При расчете выдержки времени устройств АПВ сле­дует учитывать разброс в выдержках времени Д/р, ис­пользуемых в схеме реле времени. Под разбросом Л/р понимается разность между максимальным и мини­мальным временами работы реле при десяти измерениях на одной и той же уставке по шкале, при температуре окружающей среды +20 °C и номинальном напряжении на реле.

В современных АПВ в большинстве случаев исполь­зуются реле времени серии ЭВ в различных вариантах исполнения. Для этих реле со шкалой до 9 с разброс Л/р равен 0,25 с, для реле со шкалой до 20 с разброс Л/р равен 0,8 с при работе реле в отапливаемом помеще­нии с температурой -4-15-4—|-25°С (например, на щитах управления, релейных щитах). При колебаниях темпе­ратуры окружающей среды в пределах —204-+40“С разброс увеличивается на ±50 %, а действительная вы­держка времени может отличаться на ±20 % от вы­держки времени, настроенной при ±15± +25°C.

Устройства АПВ часто устанавливаются в неотапли­ваемых РУ или в отапливаемых КРУН, где отопление включается лишь при температуре воздуха около —20 °C. Настройка устройств АПВ в таких помещениях обычно производится в теплое время года, поэтому следует счи­таться с повышенными разбросами Д/р и изменением настроенной выдержки времени /Апв.

При расчете выдержки времени устройства АПВ на срабатывание, определяемой по условиям деионизации /д, следует учитывать время включения выключателя /в>в: пока выключатель не включился, еще имеются ус­ловия для деионизации. Поэтому время /Апв может быть уменьшено на /в>в. Время /В;В в условиях эксплуатации согласно ПУЭ может отличаться от заводских гарантий на ±10 %.

Время срабатывания устройства АПВ по условию /апв >/д должно определяться по выражению, с:

/апв <+ /-ото (/д 0,9/В1В + /?рД/р),

(1)

где *k0TC* — коэффициент, учитывающий изменение вы­держки времени реле ЭВ от температуры окружающей среды; *kv —* коэффициент, учитывающий увеличение Л/р от температуры окружающей среды.

Для теплых помещений *к07с* =ЛР=1; для неотапли­ваемых (холодных) помещений *k0JC* =1,25, Агр= 1,5.

**Примеры.** Определить время срабатывания устройства **АПВ/ЛПВ** по условию отстройки его /д для реле РПВ-258.

1. Реле ЭВ на шкале 20 с установлено в неотапливаемом поме­щении, включает выключатель 6—35 кВ с £в,в=0,2 с,

/ЛПВ > 1,25 (0,2 —0,9-0,2+ 1,5-0,8),

+пв 1 >53 с.

1. Реле ЭВ на шкале 9 с установлено в теплом помещении, включает выключатель 110 кВ с £в.в=0,65 с,

/ЛПВ > 1 (0,2 — 0,9-0,65+ 1-0,25),
+пв >—0,13с.

Полученное отрицательное значение указывает, что в рассмот­ренном примере +,г[в не определяется отстройкой от *ta.*

В приведенной ниже табл. 1 дается с округлениями сводка расчетных величин /АПВ>^Д для различных ус­ловий работы АПВ.

Таблица 1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Тип выключателя | Время вклю­чения выклю­чателя *t в в,* с | Время срабатывания устройства АПВ \*АПВ« с’ Для |
| неотапливаемого помещения | отапливаемого помещения |
| Шкал | а реле |
| 9 | 20 | 9 | 20 |
| ВМП-10П; вмпп-ио ВМП 35 | 0,2 | 0,5 | 1,5 | 0,3 | 0,8 |
| МГГ-10-45;МГГ-ГЗ-бЗк | 0,45 | 0,2 | 1,25 | 0,05 | 0,6 |
| МКГ-110 | 0,65 | 0 | 1 | —0,1 | 0,4 |

б) Выдержка времени АПВ должна быть больше времени готовности привода выключателя А,п к повтор­ному включению после отключения.

Для новых правильно отрегулированных приводов масляных выключателей напряжением НО кВ и ниже *tr,n ,* как правило, не превышает 0,1—0,2 с. Однако в ус­ловиях эксплуатации это время оказывается больше. Увеличение времени *1Г,П* определяется следующими при­чинами. Приводы работают по многу лет, детали их изнашиваются, ослабевают пружины, меняется вязкость смазки в зависимости от температуры, срока службы и запыления. На готовность привода влияют конструкция механической передачи от вала привода к валу выклю­чателя, качество сборки и регулировки выключателя вместе с приводом и прочие, не поддающиеся точному учету причины. Следует также учитывать и конструкцию РУ, в котором установлен привод. Так, некоторые кон­струкции КРУН имеют малую массу и недостаточную жесткость конструкции, и при отключении тяжелых выключателей возникают вибрации всей ячейки,- пре­пятствующие подготовке привода к выключению.

С учетом этого, если нет специальных данных, время готовности приводов масляных выключателей обычно принимается /г,п~ 0,44-0,5 с.

Время срабатывания устройства АПВ по условию ^апв > ^г,п Должно определяться по выражению, с:

**/дПВ ^отс (^Г,п + &р А^р). (2)**

Для условий примера 1 при /г,п=0,5 с

\*дпв> 1,25(0,5+1,5-0,8),

(ЛПВ >2,1 с.

Для примера 2 при /г.п=0,2 с

+пв> 1 (0,2 + 1-0,25),

^АПВ >0,45 с.

В приведенной ниже табл. *2* дается с округлением сводка расчетных величин /АПВ>^гп- У воздушных вы­ключателей время готовности привода мало и практи­чески может не учитываться.

Таблица 2

|  |  |
| --- | --- |
| Время готовности привода *tr п,* с | Время срабатывания устройства АПВ *t* , с, дляАПВ |
| неотапливаемого помещения | отапливаемого помещения |
| Шкала | реле, с |
| 9 | 20 | 9 | 20 |
| 0,2 | 0,7 | 1,75 | 0,45 | 1,о |
| 0,5 | 1,1 | 2,1 | 0,75 | 1,3 |

в) Выдержка времени устройств АП.В должна быть больше времени готовности выключателя *tr,B* . После от­ключения КЗ масляным выключателем необходимо не­которое время для удаления продуктов горения дуги и заполнения гасительных камер маслом. Опыт эксплуа­тации показал, что для однократного АП В время готов­ности выключателя всегда меньше суммы времен /г,п и /в.в • Поэтому для однократного АП В это условие не является определяющим и не учитывается.

Для двухкратного АПВ условия отключения КЗ зна­чительно утяжеляются, поэтому ГОСТ на выключатели указывают минимально допустимое время между цик­лами АПВ. Так как ГОСТ регулярно пересматривается, то к настоящему времени в разных изданиях оказались и разные цифры /г,в- Так, для выключателей, выпус­кавшихся по ГОСТ 687-41 и действовавших до 1.01.68, минимальное время между первым и вторым циклом АПВ указывалось 15 с, а между вторым и третьим — 60 с. Согласно ГОСТ 687-67 с, действующему с 1.01.68, минимальное время между первым и вторым циклом увеличено до 20 с, а третье включение вообще не пре­дусматривается. В ПУЭ-76 (разд. III) для выключате­лей 35 кВ и ниже минимальное время между циклами АПВ указано 10—15 с.

В общем случае рекомендуется, если нет специаль­ных указаний, выдержку времени между первым и вто­рым циклом АПВ принимать не менее 20 с.

г) Выдержка времени АПВ должна быть больше разности времени возврата в исходное положение реле защиты /в,р и времени включения выключателя /в,в. Если это условие не выполняется, то при медленном возврате релейной защиты возможно ее неправильное действие при неуспешном АПВ.

Это условие может быть пояснено следующим примером. На трансформаторе понижающей подстанции установлена максималь­ная токовая защита с реле типа ИТ-80 (РТ-80), а на отходящих от шин низшего напряжения подстанции линиях — максимальная токо­вая защита с реле типов РТ-40 или РТВ. Время возврата в исход­ное положение РТ-40, РВТ не превышает 0,1 с. Для реле ИТ-80 (РТ-80) время возврата обычно составляет 0,25 с, но может дохо­дить до 0,4—0,5 с, если оставшаяся нагрузка с учетом тока самоза- пуска двигателей близка к току возврата реле.

При устойчивом КЗ на отходящей линии запускаются обе за­щиты, отключается выключатель линии и от устройства АПВ вклю­чается обратно. Если за время паузы АПВ не успеет вернуться ре­ле защиты трасформатора, то он будет неселективно отключен сво­ей защитой при неуспешном АПВ.

Время срабатывания устройства АП В по этому ус­ловию должно определяться по выражению, с:

*t* апв Лотс (/в,р — 0,9 /в,в+ *kv* (3)

В приведенной ниже табл. 3 дается сводка расчетных величин /Апв>/В,р для /в,р=0,5 с.

Таблица 3

|  |  |
| --- | --- |
| Время включения выключателя в\* с | Время срабатывания устройства АПВ с, дляАПВ |
| неотапливаемого помещения | отапливаемого помещения |
| Шкала реле, с |
| 9 | 20 | 9 | 20 |
| 0,20,450,65 | 0,85 0,6 0,35 | 1,91,61,4 | 0,70,450,25 | 1,41,150,9 |

д) Если выключатель отключается от предваритель­но заряженных конденсаторов, то для обеспечения его отключения при неуспешном АПВ время срабатывания устройства АПВ должно быть больше времени заряда конденсаторов /3,к. В старых конструкциях зарядных устройств (например, УЗ-401) для ограничения токов при КЗ в заряжаемых конденсаторах в цепь заряда вводится добавочный резистор. При этом время заряда конденсаторов с емкостью 200 мкФ доходит до 10 с, и время срабатывания устройства АПВ получается недо­пустимо большим. Для снижения £дпв добавочный ре­зистор в УЗ-401 при пуске устройства АПВ шунтируется контактами реле, пускающего устройство АПВ, что снижает время заряда конденсатора *t3,K* примерно до 1,5 с.

Время заряда конденсаторов с емкостью 200 мкФ от БПЗ-401 не превышает 0,1 с.

Принципиально следовало бы учитывать зависимость времени заряда от температуры, влажности и напряже­ния питания. Однако практически эти зависимости не учитываются, так как они перекрываются запасом по напряжению заряда: заводы-изготовители дают время заряда конденсаторов до 0,8 номинального напряжения 400 В. При наладке проверяется надежность отключения выключателя при зарядке до 0,65—0,7 номинального

напряжения. Время срабатывания устройства АПВ по условию /Апв>/3,к должно определяться по выраже­нию, с:

**^АПВ ^отС (^з.к** 0»9/В1В + **fep** Д/р). (4)

Для реле выключателя на шкале 9 с, установленного в неотап­ливаемом помещении (Лотс=1,25, /гг,= 1,5, Д/„=0 25 с) с /„„=0 2 с и/3,к=1,5 с (УЗ-401) ’

+пв 1 >25 — 0,9-0,2 + 1,5-0,25);

^апв 2>'2 с-

Для тех же условий и заряда конденсаторов от БПЗ-401

<АПВ> 1,25(0,1 —0,9-0,2 + 1,5-0,25);

^апв с-

С учетом изложенного выбор выдержки времени на срабатывание устройства АПВ должен производиться следующим образом: устанавливается тип выключателя и привода; по заводским данным определяются /в,в и *tr,n,* предварительно определяются шкала реле времени, место установки АПВ для выбора значения коэффициен­тов /?отс и *kP,* определяется источник оперативного тока для отключения выключателя. Далее по полученным данным определяется /дпв по выражениям (1) -— (4) пли по таблицам. За расчетное значение / дпв применяет­ся наибольшее из полученных.

При окончательном выборе /дпв следует учесть не­избежные различные отклонения действительных зна­чений от расчетных из-за качества регулировки и сос­тояния привода выключателя, погрешностей измеритель­ных приборов при настройке времен и пр. Например, обычно применяемый для измерения времен электри­ческий секундомер при номинальной частоте сети может давать погрешность до 0,05 с, а при изменении частоты эта ошибка может увеличиваться. В некоторых случаях для определения /дпв приходится измерять до трех времен (см. далее линии с двусторонним питанием), при этом погрешности измерения времен секундомером мо­гут складываться и доходить до 0,15 с.

Поэтому ко всем определениям по расчетам или таб­лицам времени /дпв добавляется время запаса, учиты­вающее все указанные выше возможные отклонения **64** действительных значений от измеряемых. Обычно при­нимается /зап ~ 0,5 с.

В последние годы для воздушных линий с односто­ронним питанием и однократным АПВ выдержка време­ни увеличивается и принимается примерно 3—5 с. Это объясняется стремлением повысить успешность АПВ при таких повреждениях, как наезд на линию различных ме­ханизмов, падения деревьев (особенно вблизи городов, где ширина трассы в лесу ограничивается), схлестыва­ние проводов от ветра и сбрасывания гололеда и подоб­ных причин. Увеличение времени первого цикла целесо­образно и для двукратных АПВ, так как это уменьшает количество КЗ, отключаемых выключателями, что по­вышает срок их службы и облегчает работу других потребителей.

Для бытовой нагрузки такое увеличение выдержки времени АПВ не имеет значения. Согласно ПУЭ все электродвигатели мощностью выше 10 кВ должны иметь магнитные пускатели или подобные пусковые аппараты с удерживающей обмоткой. Напряжение возврата пуско­вых аппаратов сравнительно высокое, поэтому при КЗ на питающей их линии многие электродвигатели отклю­чаются из-за понижения напряжения даже раньше, чем срабатывает релейная защита линии, а остальные элек­тродвигатели отключаются в цикле АПВ при любом времени /4ПВ (так как время отпадания электромагнита пускателей не превышает 0,1 с). Для обратного вклю­чения электродвигателей, выполняемого обычно вруч­ную персоналом, увеличение /дпв до 3—5 с практически значения не имеет.

Наиболее опасно увеличение выдержки времени АПВ для промышленных предприятий, работающих при элек­трическом освещении (например, ночью): большинство механизмов при отключении электродвигателя еще про­должает двигаться, что при отсутствии освещения может вызвать несчастные случаи. Поэтому увеличение выдерж­ки времени АПВ линий, питающих такие предприятия, не всегда целесообразно. Выдержка времени второго цикла АПВ с реле времени типа ЭВ обычно принимает­ся равной 20 с.

Время автоматического возврата в исходное положе­ние после срабатывания (время готовности) должно быть больше максимально возможного времени работы **5-202 65**

релейной защиты. Для защит с независимыми характе­ристиками выдержек времени это время определяется по уставке реле времени защиты. Для реле с зависимыми характеристиками выдержек времени следует учитывать время при токе срабатывания реле, доходящее до 20 с и более.

Время возврата в исходное положение устройства АПВ зависит от его конструкции и не выбирается, а про­веряется при наладке устройства АПВ. Завод-изготови­тель гарантирует времена возврата устройства АПВ при температуре окружающей среды +20 °C, влажности 80 % и номинальном напряжении для реле РПВ-58 — 20—30 с, для РПВ-258 — 60—100 с. Так как в эксплуатации воз­можно повышение напряжения, то при наладке обяза­тельно проверяется время возврата при 1,1 [7НОМ и срав­нивается с временем работы релейной защиты. При дву­кратном АПВ время готовности устройства АПВ должно быть больше времени готовности выключателя.

Рассмотренные условия выбора времени срабатыйа- ния и возврата в исходное положение устройства АПВ справедливы как для линий с односторонним питанием, так и для всех прочих с учетом излагаемых ниже особен­ностей.

Особенности выбора выдержек време­ни устройства АПВ для линий с двусто­ронним питанием, параллельных линий и шин:

а) Для линий с двусторонним питанием условие ^апв-5\*^ Д°лжно определяться специальным расчетом, учитывающим время отключения КЗ релейной защитой с противоположного конца линии.

На таких линиях 35—110 кВ в качестве резервной ре­лейной защиты обычно применяются трехступенчатые дистанционная и токовая защиты нулевой последова­тельности (для линий НО кВ) с независимыми характе­ристиками выдержек времени. Для расчета выдержек времени устройства АПВ не учитывается основная быс­тродействующая защита, т. е. рассматривается худший случай, обусловливающий наибольшие выдержки вре­мени устройства АПВ. Расчетным является случай, ког­да с того конца, для которого производится расчет *{tc —* «своего» конца), линия отключается I ступенью токовой защиты (отсечкой) или дистанционной с временем дей­ствия в среднем 0,1—0,15 с. С противоположного конца *■tn* линия отключается обычно с выдержкой времени II ступени защиты, имеющей коэффициент чувствитель­ности не менее 1,2 для дистанционной и 1,5 для токовой защит. Если же защиты имеют меньшие коэффициенты чувствительности, то следует учитывать выдержку вре­мени III ступени.

Время отключения выключателя конца линии, для которой ведется расчет /0,в,с. не учитывается, так как многие схемы АПВ пускаются при замыкании цепи отключения раньше, чем полностью отключит­ся выключатель. С учетом изложенного выдержка времени устройства АПВ по условию ^ЛПВ>А должна определяться по выражению, с:

**^ЛПВ &ОТС (Gl Г" ^Р.З.П "1~** kp **А/р,з,п 1 > 1^0,в,и ^р,з,с**

**0,9<в,в,С “1“ А?рД А.с), (б)**

где *tPt3ic, tp,3,n —* время срабатывания релейной защиты своего и противоположного конца линии; Д/Р)3>п — раз­брос выдержек времени реле времени релейной защиты противоположного конца линии; AfP1C — разброс выдер­жек времени реле времени устройства АПВ своего конца линии.

Обычно большинство устройств АПВ и релейной за­щиты линий 35—220 кВ устанавливается в отапливаемых помещениях, и для них принимается &отс=&р=1. Если же они установлены в неотапливаемых помещениях, то **йоте** и *kP* соответственно увеличиваются.

**Примеры.** 1) Определить /ЛПв по условию (5) для линии 35 кВ **с** выключателями ВМП-35) (ВМПЭ-35) с „=0,24-0,3 с. Время от­ключения современных выключателей до гашения дуги обычно на­ходится в пределах 0,08—0,12 с. Время работы I ступени защиты своего конца линии принимается равным 0,1 с. Для II ступени за­щиты противоположного конца линии обычно применяется реле вре­мени до 3,5 с сразбросом 0,12 с.

<АПВ > 1 (0,2 + <рзп+ 1-0,12 + 1,1-0,1 —0,1 -0,9-0,2 + 0,25);

+пВ,с > fP,s,n + °>4 с-

2) Определить <АПВ по условию (5) для линии ПО кВ с выклю­чателем МКП-110 с <„.„=0,65 с.

\*АПВ.г >1(0,2 + <р31П+10,12 + 1,1-0,1-0,1-

— 0,9-0,65 + 0,25);

^АПВ.с **^р.з.п.**

б) Расчет уставок устройств АПВ параллельных ли­ний с поперечной дифференциальной токовой направлен­ной защитой имеет свои особенности. Оперативные цепи этой защиты подключаются через вспомогательные кон­такты выключателей *1В—ЗВ* и *2В—4В* (рис. 21), соеди­ненные последовательно, или через контакты реле по­ложения выключателей. Цепь защиты замкнута, если включены оба выключателя. При этом следует учиты­вать, что вспомогательные контакты цепи включения или сигнальные контакты КСА регулируются с запасом так, что они размыкаются или замыкаются раньше, чем за­кончится включение выключателя. Если выдержки вре­мени устройства АПВ по концам линии одинаковы, то при устойчивом КЗ на одной из линий возможна непра­вильная работа защиты. Так, например, если выключа­тель *1В* уже включился, а у выключателя *2В* замкнута цепь защиты, и сам он еще не включен, тогда одновре­менно от поперечной дифференциальной токовой на­правленной защиты правильно отключится *1В* и непра­вильно *4В* (так как в линии со стороны *2В* ток отсутст­вует). Для исключения этого выдержка времени устрой- ва АПВ выключателя, включающегося вторым, *t дпв 2* должна быть больше суммы времен АПВ первого вы­ключателя /ДПВ1, разброса выдержек времени его реле времени Д/Рь максимального разброса по времени вклю­чения первого выключателя (1,1—0,9)/в,в1, времени сра­батывания защиты *1В* /р,зЬ времени отключения выклю­чателя *1В* и разброса выдержек времени реле времени устройства АПВ у выключателя *2В —* Д/р2, с:

**/АПВ2 ^ОТС ^АПВ1 +** kp Д/р1 + (1,1 — 0,9) **/в,в1 + /р,31 +**

**+ 1,1^0. В1 + ЛрД/р1.** (6)

Для реле РПВ-58 (со шкалой 9 с), установленного в теплом по­мещении, и выключателя МКГЬПО:

/ДПВ2 > 1 0апв1 + 1 -0>25 + 1Л -0,65 +0,1 + 1,1 -0,1 + Ь0,25) с;

**^АПВ2 \*АПВ1 + 1,42 с\***

С учетом времени запаса /эап=0,5 с и округлением

**\*АПВ2** (аПВ1 **+ 1.9 С.**

Время /зап учитывает и время работы реле положе­ния выключателя. Аналогично выбираются и выдержки времени устройства АПВ для выключателей *ЗВ* й *4В.*

Если условия выбора одина­ковы, то время срабатыва­ния устройства АПВ выклю­чателя *ЗВ* принимается рав­ным времени срабатывания ДПВ выключателя *2В,* а для устройства АПВ выключате­ля *4В* — равным времени срабатывания устройства АПВ *1В* .При этом времена ее шин или она отсутствует, то два выключателя могут отключаться одновременно. Два выключателя отключа­ются также суммарной резервной защитой (последняя работает, если выведена или отказала поперечная диф­ференциальная токовая направленная защита).

речной дифференциальной На­правленной защитой и АПВ

для каждой пары выключателей *2В—4В* и *1В—ЗВ* ока­зываются различными. Это необходимо потому, что от аккумуляторной батареи не могут одновременно вклю­чаться два выключателя. Если на каждой линии установ­лены индивидуальные резервные защиты и при КЗ на шинах противоположной подстанции отказывает защита

Если же по концам линии установлены выключатели разных типов, то расчет для пары выключателей *ЗВ—4В*

производится при выполнении условия

**^АПВЗ ДпВ4 .**

в) Для АПВ с проверкой синхронизма или отсутст­вия напряжения, кроме расчета времени срабатывания устройства АПВ, производится расчет уставок реле конт­роля синхронизма и устройства отбора напряжения.

Первичный ток Л, мА, трансформатора ТОН опреде­ляется по номинальному напряжению сети *UHOm,* кВ, и номинальной емкости конденсатора *Ск, мкФ:* Д = \_ £ном.

Действительный ток *Ц* может отличаться от расчет­ного на 5—10 %, что обусловлено наличием допуска на емкости конденсатора *Ск.* Далее выбираются коэффици­ент трансформации и схема включения секций первич­ной обмотки трансформатора ТОН. Этот трансформатор выполнен как трансформатор тока, что следует учиты­вать при расчетах, наладке и эксплуатации. Полное чис­ло витков вторичной обмотки ТОН йу2=1785. К обмотке

Таблица 4

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| [ Напряжение се-[ ти, кВ  | Тип конденсатора | Количество кон­денсаторов^^ | Емкость комп­лекта Ск, мкФ | 1/(аСк, МОм | **S** | Расчетное число ВИТКОВ | Действительное число витков | Схема включе. ния секций *wt* |
| ПО | СМР-55/К3-0,0044 | 2 | 0,0022 | 1,44 | 44 | 5680 | 5550 | 3 секции |
| но | СМР-П0/Кз-0,0022 | 1 | 0,0022 | 1,44 | 44 | 5680 | 5550 | по 1850 витков последо­ватель- |
| 220 | СМР-П0/УТ0,0022 | 2 | 0,0011 | 2,88 | 44 | 5680 | 5550 | но |
| ПО220 | СМР-1Ю/К34Э,ОО64СМР- П0/Кз-0,0064 | 12 | 0,00640,0032 | 0,4960,995 | 128128 | 19501950 | 18501850 | 4 секции по 1850 витков парал­лельно |

подключается реле контроля синхронизма РН-55 с но­минальным напряжением 30 В и током 0,14 А. Необходи­мое число витков первичной обмотки ТОН определяется как

14>9/2 1785-0,14 250

= — = (7)

*•1 ‘1* **'1**

Первичная обмотка ТОН имеет четыре секции по 1850 витков, которые перемычками могут включаться после­довательно или параллельно в разных помещениях. Для повышения термической стойкости следует включать па­раллельно наибольшее возможное количество секций первичной обмотки.

Схема включения и число секций первичной обмотки подбираются на основании рассчитанного значения *wi.* По выбранному значению *Wi* уточняется отпайка wg» к которой подключаются реле (см. рис. 10, *б).* Резуль­таты расчетов для типовых случаев приведены в табл. 4.

В качестве реле контроля отсутствия напряжения на линии используется реле типа РТ-40/0,2 с последователь­ным включением секций обмоток. Его ток срабатывания /Ср определяется из условия коэффициента чувствитель-

сти при напряжении 0,8 С/ном (что соответству-

Н0 и снижению вторичного тока /2 до 0,8 своего номи­нального значения):

= o,8/g = ~~0,8-0,~~1£ = q Q75 д *ср k4* 1,5

Так как реле РТ включено последовательно с РН-55, то значение *1СР* должно быть неизменным при использо­вании РН-55 с номинальным напряжением 30 В,.

Дополнительно следует проверить, что при отключен­ной линии ток 72<Лр реле РТ. В этом режиме в реле РТ проходит ток, трансформируемый из одной обмотки РН-55, находящейся под напряжением шин, в другую об­мотку, с которой последовательно включена обмотка ре­ле РТ. Сопротивление холостого хода трансформатора **ТОН** значительно, поэтому оно ограничивает ток в РТ **до 5—**Ю мА. Больших значений (до 30—40 мА) этот ток достигает при повреждении кабеля между РН-55 и ТОН. Однако и в этом случае он меньше тока срабатывания **реле РТ** примерно в 2 раза.

Угол срабатывания <рср реле РН-55 (угол между на­пряжениями шин и линии) рекомендуется принимать со­гласно ПУЭ не более 60—70°, реле РН-55 имеет шкалу на 20—40°. Обычно принимается угол срабатывания 40°. Однако в процессе эксплуатации значение угла может существенно отличаться от установленного при настрой­ке реле.

Разброс угла срабатывания реле РН-55 не превыша­**ет** 5 % уставки. При изменениях температуры в пределах —204-4-40 °C угол срабатывания может отличаться от измеренного при 4-20 °C на 8 %. После длительного пре­бывания реле под напряжением 1,1 *UBOM* угол срабаты­вания может изменяться на 10 %. В худшем, хотя и до­статочно редком, случае действительный угол срабаты­вания может отличаться от настроенного на 54-84-10= =23 % и доходить до 1,23-40=49,5°, что даст запас к рекомендуемым ПУЭ 60—70° в-^=^-=1,21—1,41. к 49,5

Яхроме этих отклонений угла срабатывания, предельные значения которых гарантируются заводом-изготовителем, Угол срабатывания сильно зависит от значения напря- ения на шинах и линии. Изменение угла срабатывания ^ожет быть получено построением векторной диаграм- по рис. 22: неизменной величиной является иапряже-



Рис. 22. Векторные диаграммы реле контроля синхронизма:

*а —* при повышении одного и понижении второго напряжения; *б —* при пони­жении одного напряжения; *в —* при понижении обоих напряжений

ние срабатывания 1/ср, определяемое затяжкой пружины реле. Если реле настроено при номинальных напряжени­ях на угол срабатывания 40°, то при снижении обоих на­пряжений до 0,8 *йцом* угол срабатывания увеличится до 51°, а с учетом разброса в 5 % —до 53°. В этом случае коэффициент запаса по отношению к углу, рекомендуе­мому ПУЭ, составляет (60—70)/53 = 1,13—1,32. При сов­падении всех неблагоприятных условий угол срабатыва­ния реле может увеличиваться до 5 Г+40 (0,05+0,08+ +0,1) =60, что является пределом допустимых углов срабатывания по ПУЭ.

Уменьшение угла срабатывания, настроенного при но­минальных напряжениях до 40(1—0,23) =31°, вызывает напрасный запрет АПВ. При повышении одного и сни­жении другого напряжения на 20 % угол между ними снижается с 40 до 38°, а с учетом гарантий завода в худ- жем случае до 38(1—0,23) «29°.

г) Расчет уставок устройства АПВ шин выполняется с учетом следующих особенностей.

Так как аккумуляторные батареи не обеспечивают одновременного включения двух и более выключателей, то времена срабатывания устройств АПВ, включающих линии при АПВ шин, должны быть разными. Время сра­батывания устройства АПВ выключателя, включаемого вторым, /АПВ2, с, должно быть больше времени срабаты­вания устройства АПВ выключателя, включаемого пер­вым, /АПВ1на время включения его выключателя с уче­том разброса 1,1 *tB,*в, времени возврата в исходное поло- ткение контактора этого выключателя 4,к, разбросов, вы­держек времени реле времени каждого из устройств АПВ — Д/pi и Д4г:

**/дПВ2 ^отс (4пВ1 + 1,14,в + 4,к + Лр Д/р1 +** kp **Д/р2).**

Устройства АПВ шин обычно устанавливаются в теп­лых помещениях. Поэтому £0TC=jfep=l. При времени за­паса /зап=0.5 с, разница времен срабатывания устройств АПВ двух выключателей должны быть, с:

**4пВ2 — 4пВ1 1,14,в + 4,К + Д/pl + Д/Р2 + 4ап-**

Для выключателей МКП-110 4.к\*«0,1 с при использовании рел\* времени со шкалой на 9 с:

4пв2—?апв1 > 1.1-0,65 + 0,1 +0,25 + 0,25 + 0,55

**\*АПВ2 4пВ1 > 1.8 С.**

На такое же значение 1,8 с должны отличаться и /Апв осталь­ных линий.

В схеме АПВ шин на рис. 17, *а* выдержка времени реле *РВ,* возвращающего схему в исходное положение, должна обеспечить полное отключение всех выключате­лей сучетом разброса их времен отключения 1,14,в, вклю­чение от АПВ выключателя, подающего напряжение на шины /АПВ + 1,1/в,в, работу защиты шин 4,з,ш и отключе­ние всех выключателей 1,14,в. Так как линия, включаю­щаяся обычно первой, может быть по любым причинам отключена, то в расчете принимается /АПВ2 линии, вклю­чающейся второй, причем /АПВ2>^апв1 • ПРИ расчете 4,в, с, учитываются также разбросы выдержек времени реле времени устройств АПВ линии, включающейся пер­вой, Д/р2 и реле времени, для которого производится рас­чет Д/р:

4,в Лотс(1,14.в + 4пв2 + Лр Д/р2 + 1,14,в + 4.3.Ш +

+ 1,14,в+лРД4)-

Приняв Лоте—== 1 (для теплых помещений) и 4ап —0,5 С, получим

4,В> 1.14,в + 4пВ2 + Д/Р2 + 1.14.В + 4.S.W "Г 1,14,в 4\*

+ Д/р + Лзап. (8)

Для выключателей МКП-110 при использовании реле времени со шкалой на 9 с

/о>в > 1,1-0,1 + /ДПВ2 + 0,25 + 1,1-0,65 + 0,1 +

+ 1.1-0.1 +0,25 + 0,5;

**^р.в ^АПВ2 +2с.**

Особенности выбора выдержек време­ни А П В для линии с отпайками на отде­лителях и короткозамыкателях. Если к ли­нии подключен трансформатор с помощью короткозамы- кателя и отделителя, то выдержка времени устройства АПВ линии должна согласовываться с временем вклю­чения короткозамыкателя и отключения отделителя.

Короткие замыкания в значительной части обмоток трансформатора входят в зону действия быстродейству­ющей защиты линии, обеспечивающей отключение этого КЗ примерно за 0,2—0,25 с. Время быстродействующей зашиты трансформатора примерно 0,1 с, а время вклю­чения короткозамыкателя £в,к~0,4+0,5 с, поэтому ко- роткозамыкатель включается полностью при уже отклю­ченной линии. Если быстродействующая защита линии при КЗ в трансформаторе не работает, то отключение выключателя линии произойдет после срабатывания от­сечки или дифференциальной защиты трансформатора с временем 0,1 с, выключения короткозамыкателя и по­следующей работы быстродействующей защиты линии.

Время срабатывания устройства АПВ линии /АПВ за­висит от схемы отключения отделителя. Если схема от­ключения отделителя выполнена с реле БРО, то на ли­нии используется двукратное АПВ. Первый цикл АПВ при КЗ в трансформаторе, отключаемом быстродейству­ющей защитой линии, неуспешный, и выключатель вклю­чается на устойчивое КЗ, вызванное включением корот­козамыкателя. В этом цикле заводятся пружины реле БРО, и после отключения выключателя реле БРО отклю­чает отделитель. Второй успешный цикл АПВ восста­навливает схему сети. Время первого цикла АПВ, с, дол­жно быть согласовано с временем включения короткоза­мыкателя:

^апв **&отс (ЕИв,к 0,9ZBiB + *kp* А/р). (9)**

Времена работы быстродействующих защит линии и трансформатора примерно одинаковы и не учитываются.

Для реле времени со шкалой на 20 с (РПВ-258), установленно­го в теплом помещении (ЛОтс=йр= 1), действующего на включение выключателя МКП-110, при ^зап^ 0,454-0,5 с

/Апв > 1,1-0,5 — 0,9-0,65 + 0,8 + 0,45;

(аПВ **> 1 »2 С.**

Выдержка времени второго цикла АПВ не менее 20 с. Отделитель за это время успевает отключаться так как времена отключения отделителей *t0,0* на линш напряжений 35, ПО, 220 кВ составляет соответственнс 0,5; 0,7; 1 с.

Если схема отключения отделителя выполнена с кон тролем прекращения тока КЗ, а источником оперативно го тока являются предварительно заряженные конденса торы, то на выключателе линии используется одпократ ное АПВ. Выдержка времени устройства АПВ, с, npi этом должна быть больше суммы времен включения ко роткозамыкателя й отключения отделителя с учетом и разброса (1,1 ^в.к+1,1 *to,o),* разброса уставки реле вре мени устройства АПВ Д/р за вычетом времени выключе ния выключателя:

/дПВ > Ййтс(1,Пв,к + 1, По,о + Ам> + *kp* — 0,9/В1В), (1( где *tp,o—*выдержка времени промежуточного реле, от ключающего отделитель /р>0 « 0,3—0,4 с.

Для реле времени устройства АПВ со шкалой на 9 с, устано! лепного в теплом помещении, н выключателя МКП-110 при <аап; =0.5 с по этому условию

ГАПВ>1 (М-0,5+ 1,1-0,7 + 0,44-1-0,25 — 0,9-0,65 + 0,5);

(апв **> 1,9** с.

Если устройство двукратного АПВ установлено в линии, поврежденный участок которой выделяется отд лителями, то выдержка времени первого цикла опред ляется по рассмотренным выше условиям как для линь с двухсторонним питанием, а за время второго цикл составляющего 20 с, успевает сработать автоматика отключить необходимые отделители.

Уставки устройств АПВ, действующих после АЧР, соответствии с ПТЭ задаются центральным диспетче ским управлением по условиям работы энергосистемы целом, и выбор их здесь не рассматривается;

1. НАЛАДКА УСТРОЙСТВ АПВ

Проверка схемы и маркировки, сопротивления и элек­трической прочности изоляции, регулировка механизмов реле и подобные проверки описаны в технической лите­ратуре и инструкциях [9, 18] и здесь не рассматриваются. Не рассматриваются конструкции реле и приводов. В настоящем разделе даются рекомендации по наладке отдельных реле и схем, специфических для устройств АПВ.

а) При наладке приводов выключателей измеряются напряжения срабатывания контактора и электромагни­тов управления, а также потребляемый ими ток при номинальном напряжении. Для электромагнитов пере­менного тока потребление измеряется дважды — при опущенном и поднятом сердечнике. С измеренными то­ками сравниваются токи срабатывания и удерживания рабочих и удерживающих обмоток реле, включенных последовательно с электромагнитами. Ток срабатывания рабочих обмоток должен быть не более 0,8 значения то­ка, потребляемого электромагнитом. Для электромагни­тов переменного тока учитывается ток при поднятом сер­дечнике, который всегда меньше, чем при опущенном. Это вызвано стремлением повысить надежность работы реле. Ток удерживающих обмоток реле также должен быть не более 0,8 номинального тока электромагнита. Напряжение на электромагнитах переменного тока дол­жно регулироваться автотрансформатором. Вызвано это большим потреблением электромагнитов и искажением формы тока в них при регулировке потенциометром, вы­зывающим неправильное измерение тока. Ток во всех случаях регулируется реостатом.

Для всех пружинных приводов определяется время завода пружин при 0,8; 1 и 1,1 номинального напряже­ния. Переменное напряжение регулируется автотранс­форматором; секундомер останавливается вспомогатель­ными контактами готовности привода.

Для всех электромагнитов отключения, работающих от предварительно заряженных конденсаторов, опреде­ляется время заряда конденсатора. Зарядное устройст­во включается на автотрансформатор, и на его выходе устанавливается 110% номинального напряжения, обычно 440 В.

Рис. 23. Схема магазина емкостей.

Секундомер пускается одновременно с подачей напряжения на первичную об­мотку зарядного устройства, что соответ­ствует его режиму работы при близких КЗ. На выводы конденсаторов подклю­чается вольтметр постоянного тока с классом точности не хуже 2,5 и сопротив­лением не менее 20 000 Ом/В. Для этого могут использоваться приборы типов АВО-5М1, Ц-4313, Ц-4324 и подобные.

минального напряжения происходит очень медленно, что напрасно увеличит выдержку времени устройств АПВ.

Замечаются показания секундомера, когда вольтметр покажет напряжение 0,8 номинального напряжения за­ряда и номинальное напряжение 400+20 В. Измерения повторяются несколько раз.

Время заряда до напряжения, равного 0,8 номиналь­ного, входит в расчет выдержки времени устройства АПВ. Напряжение, равное 0,8 номинального, указано заводами-изготовителями в своей документации и изме­ряется для оценки исправности всего устройства. Такое значение напряжения выбрано потому, что заряд до но­

Надежность же работы электромагнита проверяется при заряде конденсатора до напряжения, равного 0,65— 0,7 номинального, и обеспечивается подбором емкости конденсатора.

Наиболее удобно пользоваться магазином емкостей, схема которого дана на рис. 23. Магазин набирается из бумажно-масляных конденсаторов в металлическом гер­метичном корпусе, например МБГЦ с номинальным на­пряжением 400 В постоянного тока. Точность подбора емкости ±5 %. Каждый конденсатор имеет свой пере­ключатель, у переключателей обозначена емкость кон­денсаторов. Нормально все переключатели стоят в верх­нем положении, и конденсаторы замкнуты на разрядный резистор с сопротивлением 1—2 кОм. Переводом пере­ключателя в нижнее положение набирается любая ем­кость в пределах от 1 до 255 мкФ, ступенями через 1 мкФ.

Такая емкость выбрана потому, что современные бло­ки конденсаторов имеют емкости 40, 80 и 200 мкФ, и ма-

газии должен обеспечить замену этих блоков. Магазин включается на выход зарядного устройства вместо кон­денсатора, работающего на электромагнит отключения. Автотрансформатором устанавливается на входе устрой­ства напряжение, равное 0,65—0,75 номинального и равное напряжению срабатывания сигнального реле за­рядного устройства. Набирается переключателями необ­ходимая емкость и заряжается.

Заряженный магазин отключается от источника и подключается к электромагниту. Опытным путем подби­рается емкость срабатывания — номинальная емкость, обеспечивающая работу электромагнита. Действитель­ная емкость конденсатора, на которую включается этот электромагнит, должна быть в 1,5—2 раза больше ем­кости срабатывания и измеряется методом вольтметра и амперметра на переменном токе. Подобранный указан­ным способом конденсатор включается в схему, и опре­деляется напряжение срабатывания схемы. Напряжение заряда регулируется автотрансформатором, установлен­ным на входе зарядного устройства. Подбирается опыт­ным путем напряжение, до которого должен быть заря­жен конденсатор для надежной работы электромагнита при отключенном источнике питания.

Это напряжение обычно получается около 50 % номи­нального. При плановых проверках определяется только напряжение срабатывания. Такие большие запасы по ем­кости и напряжению срабатывания объясняются боль­шими допусками на емкость конденсаторов, кратковре­менностью разряда конденсатора и большими сроками между ремонтами приводов: за это время привод за­грязняется, меняется вязкость смазки и требуется боль­шее усилие от электромагнита для надежного отключе­ния.

б) Реле времени во всех устройствах АПВ регулиру­ется и настраивается по соответствующим инструкциям [11, 15]. Выдержка времени настраивается при номиналь­ном напряжении, и проверяется неизменность ее при 0,7 номинального напряжения для реле постоянного тока и 0,85 номинального напряжения для реле переменного тока. При измерениях выдержки времени обязательно определяется ее разброс, если он превосходит данные за­вода, реле требует замены. При настройке заданной вы­держки времени устройства АПВ секундомер должен ос­танавливаться контактом выходного реле, замыкающего цепь включения, чтобы учесть время работы всех реле схемы.

в) Промежуточные реле проверяются по инструкции Г10, 14, 18]. При измерении выдержки времени реле на отпадание схема проверки должна выполняться так, чтобы при снятии напряжения с реле его обмотка не шунтировалась потенциометром или другими элемента­ми схемы. Особое внимание следует обратить на пра­вильное включение обмоток многообмоточных реле по их полярности. У таких реле однополярные выводы от­мечены одинаковыми знаками у выводов реле. У всех реле определяются ток или напряжение срабатывания и возврат или удерживания по каждой обмотке. Ток и на­пряжение срабатывания и возврата проверяются обыч­ным способом по каждой обмотке для оценки исправ­ности реле.

Ток и напряжение удерживания проверяется следую­щим образом. В удерживающей обмотке устанавливает­ся ток, равный 0,8 номинального, или напряжение, рав­ное 0,7 номинального, затем реле от руки устанавлива­ется в положение после срабатывания и проверяется, что оно удерживается в этом положении при обесточен­ной рабочей обмотке. Ток срабатывания и удерживания токовых обмоток реле должен быть не более 0,8 номиналь­ного тока включенных последовательно с ними элек­тромагнитов или контактора. Если это условие не выполняется, то проверяется действительный ток удер­живания. Для этого при отпущенном положении якоря реле в удерживающей обмотке ступенями устанавли­вается ток, равный 0,65; 0,7; 0,75 номинального тока по­следовательно включенных электромагнитов и контак­торов. При каждом значении тока проверяется, удержи­вается ли реле, переведенное от руки в положение после срабатывания.

Нельзя определять ток удерживания плавно, умень­шая его в обмотке сработавшего реле: так будет опре­делен ток возврата, а не удерживания.

Если возникает сомнение в правильности включония обмоток по полярности, то проверка ведется следующим образом: на одну из обмоток подаются близкие к номи­нальным ток или напряжение, у другой — определяется ток или напряжение срабатывания. При правильном включении они будут меньше, чем ток или напряжение срабатывания при питании только одной этой обмотки.

Далее вольтметром постоянного тока с обозначенными выводами определяются однополярные выводы обмоток и производится их разметка. Проверяется правильность включения проверкой схемы или вольтметром в пол­ностью восстановленной схеме. При этом необходимо следить за правильностью включения выходных реле в схемах АПВ с конденсаторами — РПВ-58, РПВ-258, РПВ-358.

В реле РПВ-358, питающемся от блоков питания, про­веряется отсутствие вибрации контактов выходного ре­ле из-за питания его выпрямленным током. Основные способы устранения вибрации указаны в пояснениях к схеме рис. 8. Во всех схемах проверяется исправность диодов измерением их прямого и обратного сопротивле­ния омметром. Исправность резисторов проверяется из­мерением их сопротивления омметром.

Во всех схемах АПВ с конденсаторами (РПВ-58, РПВ-258, РПВ-358 и подобных) определяется время за­ряда конденсатора до напряжения, обеспечивающего ра­боту выходного реле. Это время должно быть не менее 20—30 с и всегда больше максимального времени работы релейной защиты.

Схемы, работающие на переменном оперативном то­ке, подключаются на выход автотрансформатора, на ко­тором устанавливается НО % нормального (не номиналь­ного) для данной подстанции напряжения оперативного тока.

Одновременно с подачей напряжения на схему пус­кается секундомер, и через 10, 20, 30 с от руки замыкает­ся цепь выходного реле. Так подбирается опытным пу­тем время заряда, обеспечивающее работу выходного реле. Следует учитывать, что время заряда зависит, кроме напряжения, от температуры окружающей среды и влажности, может отличаться от времени заряда при 4-20 °C и 80 % влажности. Для схем, работающих на по­стоянном токе, измерения производятся при 105 % номи­нального напряжения или при максимально возможном для данной подстанции.

г) Наладка устройств АПВ с контролем синхрониз­ма начинается с наладки устройства отбора напряжения. При этом следует особое внимание обращать на соблю­дение техники безопасности. Все работы в цепи первич­ной обмотки трансформатора отбора могут выполняться только при заземленном конденсаторе связи включением



Рис. 24. Схема включения обмоток ТОН:

С — четыре секции первичной обмотки включены параллельно; *б —* три сек­ции первичной обмотки включены последовательно; в — использование отпаек вторичной обмотки; *г —* векторная диаграмма при включении конденсатора Ср

заземляющего разъединителя *ЗН* на рис. 10 и отклю­ченной высокочастотной защите. Работы в цепях вто­ричной обмотки трансформатора отбора могут произво­диться при замкнутой накоротко первичной обмотке (включен рубильник *ЗР* на схеме рис. 10). Трансформа­тор отбора по принципу действия является трансформа­тором тока, поэтому его вторичная обмотка должна быть всегда замкнута на свою нагрузку или накоротко.

Исправность разрядника проверяется мегомметром.

Исправность дросселя проверяется измерением его сопротивления — полного, на переменном токе, методом амперметра и вольтметра (около 33 Ом) или активного омметром.

Секции первичной обмотки ТОН перемычками вклю­чаются параллельно (рис. 24, *а)* или последовательно (рис. 24, б) в соответствии с расчетом. Обмотки реле *РТ* и PH-55 *(РКС)* включаются на одну из отпаек вторич­ной обмотки (рис. 24, в). Указанный на некоторых ти­повых схемах АПВ конденсатор *Ск* в 2 мкФ в цепи об­мотки 100 В реле РН-ббНЗО исключается из схемы. Ре­ле контроля синхронизма РН-55/130 на номинальное напряжение 100 В, предусматриваемое обычно в проек­тах, желательно заменить на РН-55/90 на номинальное

напряжение 60 В. Вызвано это тем, что обычно напряжение в распреде­лительных сетях меньше номиналь­ного напряжения сетей 35, ПО, 220 кВ, поэтому вторичное напряже­ние трансформатора напряжения вместо 100 В обычно около 90— 95 В. Поэтому последовательно включенным с обмоткой 100 В реле РН-55/130 резистором пользоваться для подгонки токов в обмотке реле практически нельзя.

*IU-W jO kU l,nA*

Рис. 25. Вольт-ампер­ная характеристика ТОН

Для проверки исправности ТОН

Из рис. 22, *в* видно, что реле срабатывает, когда разность подведенных к нему номинальных напряжений At/=2t/HoMsin Заменив номинальные напряжения про­порциональными им номинальными токами, имеем Д/= = 2/H0Msin —— .

снимается его вольт-амперная характеристика, как у обычного трансформатора тока со вторичной стороны, при полном числе витков вторичной обмотки. Пример­ная характеристика дана на рис. 25. После сборки схе­мы проверяется набранный коэффициент трансформации по току. В первичную обмотку подается ток, равный рас­четному первичному току, и измеряется ток во вторичной обмотке при подключенных реле *РТ* и РН-55. При необ­ходимости подбираются отпайки для питания реле.

Реле РТ-40 (НЛ) проверяется и настраивается на ток срабатывания 75 мА обычным способом [13].

Предварительная проверка реле РН-55 — регулиров­ка контактов, зазоров, угла срабатывания, коэффициента возврата и т. п. — производится как у обычного реле РТ-40 [13] при питании каждой обмотки по очереди. При этом вторая обмотка отключей1 и разомкнута. Зазор между якорем и полюсами устанавливается около 0,6 мм.

40°

При обычной установке аср=40°, sin= 0,343, й срабатывания при питании одной обмотки равен *1ср—* = 0,686 /ном. Номинальные токи в реле /ном и токи сраба­тывания реле /ср определяются по числу витков обмоток реле. В цепь трансформатора отбора для всех типов реле РН-55 включается обмотка с номинальным током /2ном=

Таблица 5

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ——Напря­жение обмоток pH-55 В | Сопротивле­ние добавоч­ного резисто­ра, Ом | Число **ВИТКОВ *W*** | Номи­нальный ток 'ном- мА | Ток срабаты­вания при“ср = 40°. мА | Напряжение срабатыва­ния, В, при “ср = 40» |
| 30 | 150 | 2X660 | 140 | 96 | 20,5 |
| 60 | 620 | 2X1350 | 68,5 | 47 | 41 |
| 100 | 1600 | 2 X2500 | 37 | 25,4 | 68,5 |

=0,14 А, номинальным напряжением 30 Ви числом вит­ков и»зо=2Х66О. Номинальные токи обмоток /60 и Лоо с числом витков *w№* и Wjoo, включаемых в цепь трансфор­матора напряжения, определяются по выражениям для обмотки на 60 В /(60) = /2НОмТОз° = - 660'0’14 =0,0685 А;

weo 2-1350

- 1ЛАП *Г* 2-660-0,14 п АО-7 Л

для обмотки на 100 В /(юо) = = 0,037 А.

2•2500

Настройку реле можно вести и по напряжению сраба­тывания t/cp30=2L/HoMSin -у =2-30-0,343=20,5 В. **В** приводимой табл. 5 указаны параметры срабатыва­**ния** для различных реле РН-55 при питании одной об­мотки и аСр=40°.

Основная настройка ведется при включенной линии. Измеряется первичный ток /1Д миллиамперметром, вклю­чаемым между землей и добавочным регистром в пер- -вичной обмотке ТОН, и сравнивается с расчетным зна­чением (обозначение токов см. рис. 10, о). Обычно действительное напряжение /7Д в момент наладки отли­чается от номинального *UHOU.* Поэтому рассчитывается первичный ток отбора при действительном напряжении *1щ=* (Пд/Пмои)1ном. Конденсаторы связи имеют значи­тельный допуск по емкости, поэтому измеренный первич­ный ток может отличаться от расчетного. Измеряется вторичный ток при нормальной нагрузке вторичной об-

; МОТКИ /2д = /2ном( £7д/£7ном) =0,14 ( *Uji/Uhom) •*

Если измеренный вторичный ток из-за допуска по ем­кости конденсаторов связи значительно отличается от значения /2=0,14 А, то используются отпайки вторичной обмотки № 1, 2, 3, 4. Переключая на них вторичную на­грузку, подбирают отпайку, дающую наиболее подходя­щее значение вторичного тока /2д- Настройка реле РН-55

на заданный угол срабатывания производится при пита­нии одной обмотки от ТОН (при включенной линии), а второй обмотки — от фазорегулятора, например от ком­плектного устройства для проверки защиты УПЗ-2. Об­мотка 30 В реле РН-55 подключается к ТОН, а обмотка 60 (или 100) В — на выход фазорегулятора. Во время наладки на выходе фазорегулятора устанавливается и поддерживается неизменным напряжение, равное дей­ствительному вторичному напряжению трансформатора напряжения, от которого питается реле РН-55. Перемен­ным резистором, включенным последовательно с обмот­кой 60 или 100 В реле РН-55, устанавливается в обмотке реле ток, равный **/зномС^д/Пном.** Необходимо учитывать, что индуктивное сопротивление обмоток РН-55 зависит от угла сдвига между токами в его обмотках. Поэтому подгонку тока /зном(Пд/(7НОм) следует производить при таком положении фазорегулятора, когда токи в реле на­правлены навстречу и магнитный поток равен нулю. Это проверяется измерением углов между токами. Измерение углов наиболее удобно выполнять прибором ВАФ-85 или подобным.

Выводы *Ux* прибора ВАФ-85 подключаются к доба­вочным резисторам, установленным внутри реле РН-55. Прибор ВАФ-85 сначала подключается к резистору, включенному в цепь обмотки 30 В, и устанавливается на нуль, затем с соблюдением полярности переключается на резистор, включенный последовательно с обмоткой 60 или 100 В. Фазорегулятором устанавливается угол между токами, равный нулю, и устанавливается **73н6/д/** Пном при напряжении на реле 17д. Затем прибор ВАФ-85 переключается на напряжение, подаваемое от фазорегу­лятора на обмотку реле. Изменением положений фазоре­гулятора и подводка реле настраивается заданный угол срабатывания а, при котором реле размыкает свой ниж­ний контакт, включенный в цепь пуска устройства АПВ. Прибором ВАФ-85 измеряется угол *а* между током в об­мотке 30 В реле и напряжением на выходе фазорегуля?» тора. Угол срабатывания проверяется в обе стороны от тока в обмотке 30 В реле РН-55. При измерениях угла следует учитывать погрешность ВАФ-85, которая может доходить до 5°, и погрешность реле ±8 %, т. е. отклоне­ние действительного угла срабатывания от указанного по заводским данным. При установке 40° погрешность доходит до 3

Измеряется коэффициент возврата по углу до замыка- дия нижнего контакта. По данным завода он должен быть не ниже 0,8. Желатель­**но** обычной регулировкой, Как и у реле РТ-40, довести его до 0,85. Обязательно оп­ределяется разброс по углу срабатывания реле, так как **по** нему оценивается исправ­ность реле. При таком мето­де настройки действитель­**ный** угол срабатывания, из­меренный прибором ВАФ-85,

При увеличении угла между подводимыми к реле на­пряжениями *Ui* и *Uz* результирующий магнитный поток Отличен от нуля. Индуктивные сопротивления обмоток реле также отличны от нуля, поэтому токи в обмотках реле 71 и /г сдвигаются по фазе относительно соответ- ’•ствующих напряжений и уменьшаются по модулю. Так как обмотки одинаковы, то сдвиг токов от напряжений на обмотках также одинаков. Угол срабатывания *а* ос тается неизменным при определении его по разности то- КЪв Д7 или по разности напряжений ДЙ — уставкой По шкале реле.

Рис. 26. Векторные диаграммы реле РН-55:

*а —* при питании от источников на­пряжения; б «— при питании от ис­точников тока и напряжения

может значительно отличаться от уставки угла по шкале реле. Это объясняется тем, что завод-изготовитель выпускает реле типа РН-55 для питания обеих его обмо­**ток** от источников напряжения. **В** соответствии с этим производится и регулировка угла срабатывания на заво­де. На каждую из обмоток от источника напряжения (на одну из обмоток — от фазорегулятора) подается номи­нальное напряжение. При совпадении этих напряжений **по** фазе результирующий магнитный поток в сердечнике реле равен нулю. Поэтому равно нулю индуктивное со­противление обмоток реле. Ток в обмотках определяется активным сопротивлением и совпадает по фазе с прило­женным напряжением (рис. 26).

В действительной схеме устройства АПВ обмотка 30 В реле РН-55 питается от достаточного мощного трансформатора тока, каким является ТОН. Поэтому Ток в этой обмотке (его модуль и фаза) определяется

первичным напряжением линии и не зависит от тока в другой обмотке (рис. 26,6). Практически *Ц* совпадает с *IJ\.* В обмотке реле, питающейся от TH (при проверке от фазорегулятора), за счет индуктивного сопротивления ток /2 уменьшается и отстает от напряжения на угол р. В условиях срабатывания А/ остается неизменным в слу­чаях, указанных на рис. 26, *а* и *б.* Поэтому для срабаты­вания реле необходимо уменьшить уставку по шкале AU на угол р. Обычно угол срабатывания по шкале реле ока­зывается около 20 °.

После настройки реле на заданный угол срабатыва­ния с помощью фазорегулятора определяются его токи или напряжения срабатывания и возврата при питании только одной обмотки и отключенной второй обмотке. При этом вторичная обмотка ТОН замыкается накорот­ко на входе панели, и реле от нее отключается. Это из­мерение необходимо для последующих плановых прове­рок: при них вместо определения угла срабатывания с помощью фазорегулятора достаточно определением тока или напряжения срабатывания убедиться, что настроенный ранее угол срабатывания остался неиз­менным.

При всех проверках следует учитывать разброс уста­вок реле, температуру окружающей среды, изменение уг­ла срабатывания при длительном пребывании под на­пряжением и не перестраивать реле напрасно.

После измерения токов или напряжений срабатыва­ния на вход цепей напряжения от трансформатора на­пряжения подается напряжение 100 В, а отключенная от трансформатора отбора цепь — реле РТ-40 и обмотка 30 В реле РН-55 — замыкается через миллиамперметр, и измеряется ток, наводимый в этой цепи от обмотки 60 или 100 В реле РН-55. Этот ток должен быть в 1,5—2 ра­за меньше тока срабатывания РТ-40.

Затем восстанавливается полностью схема, подклю­чаются цепи от трансформатора напряжения, проверя­ется правильность подвода цепей по фазам и полярности. При правильном подводе цепей напряжения реле дол­жно находиться в положении до срабатывания. Убедив­шись в этом, временно подключают к реле другие фазы от трансформатора напряжения, чтобы заставить реле сработать. Так, если в нормальном режиме к реле дол­жно подводиться напряжение t/вс, то для срабатывания подаются напряжения t/дси [/вс- После проверки к реле подводится напряжение [7вс. В ряде случаев в первичном токе устройства отбора (см. рис. 10, *а)* содержание выс­ших гармоник настолько велико, что резисторы *2R* и 37? **не** могут уменьшить их значение до приемлемого. Из-за высших гармоник недопустимо вибрируют якоря реле **РТ и** РН-55. Для устранения вибрации якорей реле па­раллельно им включается конденсатор Сг, через который ток высших гармоник *1С* замыкается, не заходя в реле. Одновременно конденсатор *Ст* сдвигает ток в обмотках **реле /Р** по отношению к первичному току устройства от­бора Л, что потребует включения второй обмотки реле РН-55 на другие фазы трансформатора напряжения (см. **рис. 24,** *г).* Форма тока в обмотках реле определяется по осциллоскопу, включаемому на добавочные резисторы внутри реле, угол измеряется прибором ВАФ-85. Емкос­**ти** конденсатора подбираются опытным путем, например, **с** помощью магазина емкостей исходя из двух условий: устранение вибраций якорей за счет улучшения формы кривой тока в обмотках реле и обеспечение сдвига то­ка в обмотках реле на угол 30 ° или кратный 30 °. Обыч­но приемлемые результаты получаются при емкости Сг около 3—5 мкФ, при этом ток в обмотке 30 В реле сдви­гается на угол около 30°. Поэтому вторую обмотку реле РН-55 вместо включения на напряжение Две следует включить на напряжение £7 во- Чтобы обмотку 100 В ре­**ле** РН-55/130 включить на фазное напряжение, исключа­ется добавочный резистор 1600 Ом.

д) Настройка комплекта КД-1 в устройстве ЧАПВ Мосэнерго имеет некоторые особенности, не встречаю-

* щиеся у других конструкций.

Реле *1РП, 2РП, ЗРП, 4РП* находятся в герметичес­ком кожухе, открывать его нельзя. Поэтому у этих реле проверяется только их исправность. Регулировка или ре­**монт** этих реле невозможны, проверка работы всей схе- ]мы путем установки реле в нужное положение от руки Также невозможна. Установка временных перемычек Серьезно затруднена большим количеством имеющихся перемычек и тесным монтажом. Поэтому проверка ком­плекта КД-1 ведется путем изменения частоты или на­пряжения на входных зажимах панели при питании ее

* от генератора технической частоты *(ГТЧ).* Схема под­ключения дана на рис. 27, а,

Частотомер *f* может быть любого типа с классом точ­ности не ниже 0,2. Если у *ГТЧ* нет встроенного вольмет- ра, то подключается вольтметр *U.* Обычный секундо­мер, например ПВ-53, подключается или непосредствен­но на выводы КЛ-1 или на зажимы панели, от которых отключены внешние цепи. Цепи включения, отключения и сигнализации отключаются на входных зажимах пане­ли. Проверка правильности монтажа, маркировки, изо­ляции, выходных промежуточных и указательных реле производится обычным путем.

Проверка исправности механизма шагового искателя (см. рис. 16, б) производится нажатием клапана. Прове­ряются ход щеток по неподвижным контактам, нажим их и установка щетки в середине неподвижного контак-



та. ©обратный ход щетки при остановке должен быть не более 0,5 мм. При заторможенной подвижной системе клапан не должен срабатывать, и его контакты не дол­жны замыкаться [16].

Реле частоты настраивается на заданные уставки по инструкции; при этом вместо КЛ-1 на контакты реле частоты подключается неоновая лампа, шаговый иска­тель в КЛ-1 от руки устанавливается в положение *И.* Для настройки частоты срабатывания устройства ЧАПВ шаговый искатель переводится в положение *12.* Частота настраивается с точностью ±0,1 Гц.

После настройки реле частоты устройства КЛ-1 под­ключается к реле частоты устройство ЧАПВ, шаговый искатель становится в положение *11,* от генератора тех­нической частоты *(ГТЧ)* подается напряжение 100 В час­тоты 50 Гц. Вольтметром с сопротивлением не менее 1000 Ом/В и классом точности не ниже 1—1,5 измеряют­ся напряжения в различных точках схемы устройства КЛ-1.

Выходное напряжение выпрямителя должно быть в пределах 88—94 В. Переменное напряжение на стабили­тронах должно быть 49—54 В, выпрямленное напряже­ние на устройствах АЧР (зажимы 27—*34)* и АПВ (за­жимы *27* и *И1)* должно быть 210—230 В.

Для определения напряжения срабатывания проме­жуточных реле *1РП — 4РП* на зажимах *И1 — И2* отсое- . диняется обмотка шагового искателя *ШИ.* При неизмен­ной частоте 50 Гц Изменяется выходное напряжение *ГТЧ* до напряжения срабатывания проверяемого реле. Для проверки *1РП* замыкаются зажимы *29—30,* на зажимы 23—*24* включается неоновая лампа или высокоомный вольтметр. Напряжение срабатывания *1РП* должно быть не более 50 В. Для проверки *2РП* снимается закоротка с зажимов *29—30-* неоновая лампа включается на свобод­ные контакты *2РГР,* напряжение срабатывания *2РП* дол­жно быть 80—85 В.

Для проверки *ЗРП* контакт *5РП* от руки устанавли­вается на замыкание цепи обмотки *ЗРП.* Неоновая лам­па подключается к зажимам *25—26.* Напряжение сраба­тывания *ЗРП* должно быть не более 50 В.

Для проверки *4РП* контакт *5РП* переводится на за­мыкание цепи обмотки *2РП* и замыкается контакт *ШИ* в той же цепи. Неоновая лампа переключается на зажи­мы *21—35.* Для *4РП* напряжение срабатывания не нор­мируется, напряжение возврата должно быть не более 22 В.

Напряжение зажигания неоновой лампы, включенной на зажимы 27—*28,* должно быть не более 50 В.

Поляризованное реле *5РП* для проверки вынимается из своего гнезда и включается через потенциометр на ис­точник постоянного тока (рис. 27, б). Напряжение сра­батывания по каждой обмотке должно быть в пределах 6—12 В, зазор между разомкнутыми контактами должен быть около 0,3 мм. Якорь должен четко перекидываться в крайние положения, не задерживаясь в нейтраль­ном [12].

Шаговый искатель проверяется на постоянном токе (рис. 27,6). Его обмотка отключается на зажимах *И1— И2* (см. рис. 16, а) и через выключатель *В* включается на потенциометр, питающийся от источника постоянно­го тока. Напряжение поднимается ступенями по 3—5 В и подается на шаговый искатель толчком, включением выключателя. Определяется напряжение четкой работы, при котором щетки четко переходятгна один шаг, й за­вершается полный ход подвижной системы. Напряжение четкой работы должно быть не более 60 В, напряжение возврата должно быть не более 0,8 напряжения срабаты­вания и не менее 5 В.

Тиратроны проверяются на постоянном токе: напря­жение зажигания должно быть в пределах 170—190 В, напряжение погасания 50—60 В. Тиратроны включаются через защитный резистор /? с сопротивлением 5—10 кОм (рис. 27, в).

Для проверки тиратрона *1Т* его цепь размыкается на зажимах *И2—ИЗ* (см. рис. 16, а), а для проверки тира­трона *2Т* вынимается из своего гнезда поляризованное реле *5РП.*

Для настройки выдержки времени устройства АЧР электросекундомер *ЭС* подключается к зажимам ком­плекта *КЛ-1* по рис. 27, *г,* комплект *КЛ-1* и реле *РЧ* включаются по рис. 27, *а.* В комплекте *КЛ-1* отключает­ся обмотка *ШИ* на зажимах *И1-И2* (см. рис. 16, а). При напряжении 100 В на выходе *ГТЧ* снижается частота до заданного значения, что вызывает срабатывание *РЧ, 1РП* и пуск секундомера. После каждого срабатывания необходимо поднять частоту, чтобы вернуть реле *РЧ и РП* в исходное положение. Заданная выдержка времени настраивается резистором *R16,* и, если его сопротивле­

ние окажется недостаточным, замыкаются перемычки *J12* и *ПЗ,* чем включаются резисторы *R17* и *R18.* При выдержке времени более 3 с перемычкой *П4* подключает­ся конденсатор *С8.*

Разброс выдержек времени при 100 В может быть в пределах ±5.% от среднего значения. При снижении напряжения до 70 В и повышении до 110 В разброс может увеличиться до ±10 %, что проверяется после настройки заданного времени.

Для настройки выдержки времени устройства ЧАПВ цепи электросекундомера собираются по схеме рис. 27, *д.* Подключается обмотка шагового искателя, и он устана­вливается в положение *12* (см. рис. 16, *а).* На выходе генератора *ГТЧ* поддерживается напряжение 100 В и поднимается частота для пуска секундомера. Настройка заданной выдержки времени производится резистором *R14,* при необходимости вводится *R15* перемычкой *П1.* Разброс по времени при 100 В не должен превосходить ±5 % среднего значения. Выдержка времени между за­мыканиями цепей включения настраивается резистором *R13.* Переключив секундомер по схеме рис. 27, *е,* прове­ряют, что продолжительность замыкания цепи включе­ния находится в пределах 0,9—1,1 с.

После настройки заданных установок восстанавлива­ется схема, питание остается от *ГПЧ,* цепи включения и отключения отключены, вместо цепей включения вклю­чаются неоновые лампы. Регулируя частоту и напряже­ние на выходе генератора *ГТЧ,* проверяют взаимодейст­вие схемы: при снижении частоты работают выходные реле, выпадает указательное реле, шаговый искатель де­лает один шаг.

При повышении частоты шаговый искатель поочеред­но замыкает цепи включения, выпадают указательные реле, и схема возвращается в исходное положение. При пониженной частоте и сработавшем устройстве АЧР снижается и поднимается напряжение на *ГТЧ.* Комплект *КЛ-1* не должен менять положение своих выходных кон­тактов.

Повышается частота, и в цикле ЧАПВ толчком сни­мается и вновь подается напряжение от генератора ГТЧ; при снятии напряжения процесс ЧАПВ останавливает­ся, при подаче напряжения — продолжается. В Цикле ЧАПВ снижается частота ниже уставки устройства АЧР;. начавшееся включение прекращается, и через заданное

время срабатывает устройсто АЧР и производит отклю­чение. При повышении частоты происходит цикл ЧАП В.

Отключается *ГТЧ,* восстанавливается полностью схе­ма, подается напряжение от трансформатора напряже­ния. Коплект *КЛ-1* должен прийти в исходное поло­жение, *ШИ* встает в положение *11.*

Для других схем ЧАПВ, например для схемы по рис. 14, взаимодействие схемы проверяется в принципе так же, но в нужное положение реле устанавливаются от руки. Дать подробные рекомендации по проверкам взаи­модействия всех схем АПВ из-за их разнообразия очень трудно, поэтому даются только общие, обязательные для всех схем проверки. Для этих проверок создание необхо­димых цепей производится установкой реле в нужное положение от руки или установкой временных перемы­чек.

Для всех схем устройства АПВ обязательно прове­ряются: надежный пуск устройства АПВ при включе­нии выключателя; запрет действия устройства АПВ при оперативном отключении выключателя; запрет действия устройства АПВ при срабатывании соответствующих устройств релейной защиты; вывод из работы устрой­ства АПВ при оперативном включении выключателя и ввод его в работу при успешном включении; однократ­ность работы простых однократных устроств АПВ и двукратность двукратных устройств АПВ; отсут­ствие ложной работы устройств АПВ при кратковремен­ном снятии и восстановлении питания оперативным до- ком; ввод и вывод ускорения действия релейной защиты до и после АПВ; автоматический возврат в исходное по­ложение и ввод в работу устройства после успешного АПВ, блокировка схемы при неуспешном АПВ; пуск и запрет действия устройства АПВ с проверкой наличия или отсутствия напряжения на шинах или на линии; пуск и запрет действия устройства АПВ при наличии и отсутствии синхронизма напряжений; невозможность многократного АПВ при различных неисправностях в в схемах, в основном при неразмыкании контактов реле времени.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. **ПУЭ-76.** Раздел III. — М.: Энергоиздат, 1981.

•''•''’2 **.Богорад А. М., Назаров Ю. Г.** Автоматическое повторное включение в энергосистемах. — М.: Энергия, 1969. — 336 с.

1. **Беркович М. А., Комаров А. Н., Семенов В. А.** Основы ав­томатики энергосистем. М.: Энергоиздат, 1981. — 433 с.
2. Реле защиты/В. С. Алексеев, Г. П. Варганов, Б. И. Панфи­**лов, Р.** 3. Розенблюм.— М.: Энергия, 1976. — 464 с.
3. **Какуевицкий Л. И., Смирнова Т. В.** Справочник реле защиты **и** автоматики. — М.: Энергия, 1972. — 344 с.
4. **Гельфанд Я- С., Голубев М. Л., Царев М. И.** Релейная за­щита и электроавтоматика на переменном оперативном токе. — М.: Энергия, 1973. — 280 с.

—-7. **Привод** пружинный типа ПП-67 к выключателям переменно­**го** тока высокого напряжения. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. Рижский опытный завод. Латвэнерго, Рига, 1973.— 32 с.

1. **Голубев М. Л.** Вторичные цепи иа подстанциях с переменным оперативным током. — М.: Энергия, 1977. — 96 с.
2. **Общая** инструкция по проверке устройств релейной защиты, электроавтоматики н вторичных цепей. — М.: Энергия, 1975. — 160 с.
3. **Инструкция** по проверке промежуточных н указательных ре­ле. — М.: Энергия, 1969. — 88 с.
4. **Инструкция** по проверке реле времени типов ЭВ-180, ЭВ-200, РВ-73, РВ-75, ЭВ-100 **и** ЭВ-200 (новая серия). — М.: Госэнергонз- дат, 1961. — 40 с.
5. **Лысенко Е. В.** Поляризованные реле н нх регулировка для **цепей** релейной защиты **и** автоматики. — М.: Госэнергонздат, 1960.— **56** с.
6. **Жданов Л. С., Овчинников В. В.** Электромагнитное реле тока и напряжения РТ и PH. — М.: Энергия, 1971. — 74 с.
7. **Зекцер Д. М., Чернявская Э. 3.** Кодовые электромагнитные реле. — М.: Энергия, 1978.— 106 с.
8. Жданов Л. С., Овчинников В. В. Реле времени типов ЭВ и РВМ. — М.: Энергия, 1969. — 60 с.
9. **Островский А. С.** Аппаратура слабого тока в силовых элек­троустановках.— М.—Л;: Госэнергонздат, 1963. — 80 с.
10. **Звенигородский И. С.** Конденсаторы связи **и** отбора мощ­ности.— М.: Энергия, 1969. — 66 с.
11. **Левченко М. Т., Черняев П. Д.** Промежуточные и указатель­ные реле. — М.: Энергия, 1968. — 80 с.

**СОДЕРЖАНИЕ**

Стр.

Предисловие . 3

1. Основные сведения об АПВ 4
2. Автоматическое повторное включение выключателей с

пружинными приводами 8

1. Автоматическое повторное включение выключателей с

электромагнитными приводами 19

1. Автоматическое повторное включение с контролем син­хронизма 31
2. Автоматическое повторное включение после АЧР . . 37
3. Автоматическое повторное включение шии и трансформа­торов 46
4. Ускорение действия релейной защиты при АПВ ... 51
5. Исправление песелективиости релейной защиты с помощью

АПВ 55

1. Расчет уставок устройств АПВ . 57
2. Наладка устройств АПВ 76

Список литературы 93

МИХАИЛ ЛЬВОВИЧ ГОЛУБЕВ

Автоматическое повторное включение

в распределительных сетях

Редактор Э. И. Басс

Редактор издательства *Л. Л. Жданова*

Обложка художника *Т. Н. Хромовой*

Технический редактор *Л. В. Изгаршева*

Корректор Г. А. Полонская

ИБ № 2097

Сдано в набор 11.08.82. Подписано в печать 18.10.82. Т-19732. Формат 84Х108Уз2. Бумага типографская № 2. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 5,04. Усл. кр.-отт. 5,25. Уч.-изд. л. 5,07. Тираж 40 000 экз. Заказ. № 202. Цена 25 к.

Энергонздат, 113114, Москва, М-114, Шлюзовая наб., 10

Владимирская типография «Союзполиграфпрома» при Государственном Комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли 600000, г. Владимир, Октябрьский проспект, д. 7

УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!

Предлагаем Вашему вниманию следующие выпуски 5-го издания «Правил устройства электроустановок»,, вышедшие в 1977—1981 гг.

Раздел I. Общие правила. Глава 1-8. Объем и нормы приемо-сдаточных испытаний электрооборудования. — 56 с. — 21 к.— 1977 г.

Раздел **II. Канализация электроэнергии.** Глава 11-1. Электропроводки. Глава П-2. То- копроводы напряжением до 350 кВ. Глава П-5. Воздушные линий электропередачи напряже­нием выше 1000 В. — 96 с.—50 к.—1978 г.

Раздел **II. Канализация электроэнергии.** Глава П-3. Кабельные линии напряжением до 220 кВ. Глава II-4. Воздушные линии электропередачи напряжением до 1000 В. Раз­дел VI. Электрическое освещение.64 с.— 26 к. 1977 г.

Раздел **IV. Распределительные устрой­ства и подстанции. — 96 с.—40 к.—1978 г.**

Раздел **V. Электросиловые установки.—** 48 с,—20 к.—1977 г.

Заказы на эти выпуски направляйте по адресу: 117922, Москва, ГСП-1, Ленинский проспект, 15. В ГО Союзкнига, отдел научно- технической литературы.

**25 к.**