

**Библиотека
ЭЛЕКТРОМОНТЕРА**

А. В. ЧУГРЕЕВ



ПОДСТАНЦИИ БЕЗ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ НА СТОРОНЕ ВЫСШЕГО НАПРЯЖЕНИЯ



БИБЛИОТЕКА ЭЛЕКТРОМОНТЕРА

Выпуск 256

6112.11
4-834

А. В. ЧУГРЕЕВ

ПОДСТАНЦИИ
БЕЗ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ
НА СТОРОНЕ
ВЫСШЕГО НАПРЯЖЕНИЯ



«ЭНЕРГИЯ»

МОСКВА 1968

6П2.11

Ч 83

УДК 621.311.4-742

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Большам Я. М., Долгов А. Н., Ежков В. В., Камииский Е. А.,
Мандрыкин С. А., Синьчуров Ф. И., Смирнов А. Д., Устинов П. И.

Чугреев А. В.

Ч 83 Подстанции без выключателей на стороне высшего напряжения. М., «Энергия», 1968.

72 с. с илл. (Б-ка электромонтера. Вып. 256).

В брошюре рассматриваются вопросы, связанные с упрощенными подстанциями без выключателей. Приводятся схемы электрических соединений таких подстанций и анализируется работа схем. Рассматриваются устройства автоматики, применяемые на подстанциях без выключателей.

Значительное место уделяется характеристике специального оборудования, применяемого на упрощенных подстанциях, а также эксплуатации и ремонту этого оборудования.

Брошюра предназначена для рабочих и электромонтеров, занятых на эксплуатации и монтаже подстанций без выключателей.

3-3-9

132-68

6П2.11

✓
с.1350222

ЧУГРЕЕВ АЛЕКСЕЙ ВЛАДИМИРОВИЧ

Подстанции без выключателей на стороне высшего напряжения

Редактор Ю. А. Якуб

Технический редактор Т. И. Павлова

Корректор В. С. Антипова

Сдано в набор 31/I 1968 г. Подписано к печати 28/V 1968 г. Т-08346

Формат 84×108^{1/32}

Бумага типографская № 2

Усл. печ. л. 3,78

Уч.-изд. л. 3,81

Тираж 15 000 экз.

Цена 13 коп.

Зак. 1101

Издательство «Энергия». Москва, Ж-114, Шлюзовая наб., 10.

Московская типография № 10 Главполиграфпрома
Комитета по печати при Совете Министров СССР.

~~Шлюзовая наб., 10.~~

Государственная
публичная библиотека

им. В. Г. Белинского

Свердловск

ВВЕДЕНИЕ

Неуклонный рост и развитие народного хозяйства СССР обуславливает все большее увеличение потребления электроэнергии. Создаются крупные энергосистемы с мощными тепловыми и гидравлическими станциями. В ближайшие годы войдут в эксплуатацию турбо- и гидрогенераторы мощностью 500 Мвт и более, построена первая линия электропередачи напряжением 750 кв.

Пятилетний план 1966—1970 гг. предусматривает широкий размах сетевого строительства. За эти пять лет должны быть построены многие десятки тысяч километров линий электропередач напряжением 35 кв и выше и многие тысячи понижающих подстанций.

Значительную часть стоимости подстанций составляет стоимость выключателей на стороне высшего напряжения. В связи с этим все более широкое применение находят подстанции с минимальным количеством выключателей, а также без них на стороне высшего напряжения. Такие подстанции сейчас применяются не только в энергосистемах, но и в сетях промышленных предприятий и электрифицированного железнодорожного транспорта, в сельских и коммунальных сетях.

Из общего числа подстанций напряжением 35 кв и выше, подлежащих вводу в ближайшие пять лет, подстанции без выключателей на стороне высшего напряжения составят около 80%.

Такое количество подстанций может быть построено и введено в эксплуатацию только при условии их максимальной унификации, организации заводского изготовления крупноблочными узлами и широком внедрении индустриального поточного метода строительства.

Технико-экономический эффект от применения подстанции без выключателей на стороне высшего напряжения (ВН) очевиден. В связи с применением упрощен-

ных схем, включая и цепи вторичных соединений, оказалось возможным отказаться от выключателей на стороне ВН, аккумуляторных батарей и компрессорных установок. Важным фактором явилось сокращение площади участка, занимаемого подстанцией, а также, и это особенно ценно, резкое сокращение сроков строительства подстанций.

Применение подстанций без выключателей на стороне ВН позволило облегчить условия их эксплуатации, а также создало предпосылки для их полной автоматизации и отказа от постоянного обслуживающего персонала.

Экономия, получаемая при отказе от выключателей на стороне ВН, значительна и увеличивается с ростом номинального напряжения подстанции. Отношение стоимости ячейки с выключателем к стоимости ячейки без выключателя составляет величину от 1,5—2 для распределительного устройства 35 кВ до 5—6 для 330 кВ. При этом необходимо отметить, что в таких подстанциях упрощение достигается не только за счет отказа от выключателей на стороне высшего напряжения и применения более дешевой и простой аппаратуры, но и за счет ряда сопутствующих технических решений. К этим решениям, в первую очередь, относится применение оперативного переменного тока и комплектных распределительных устройств на стороне низшего напряжения (последние применяются и на обычных подстанциях).

Применение оперативного переменного тока для питания релейной защиты, автоматики, телемеханики, управления и сигнализации позволило значительно уменьшить размеры щитов управления, а в ряде случаев вообще отказаться от них. Для этого аппаратуру управления и релейной защиты выносят непосредственно в распределительные устройства, размещая их в специальных металлических шкафах.

Широко внедряются комплектные распределительные устройства наружной установки (КРУН) напряжением 6—10 кВ. Применение КРУН позволило отказаться от сооружения здания для распределительного устройства, а также здания для размещения панелей управления и релейной защиты. Опыт эксплуатации показывает, что КРУН обладают высокой надежностью в работе и безопасны в обслуживании. Применение КРУН значительно сокращает и упрощает строительно-монтажные работы

и существенно облегчает расширение или реконструкцию подстанции.

В распределительных устройствах 35—220 кВ индустриализация строительно-монтажных работ осуществляется за счет внедрения укрупненных узлов заводского изготовления, монтажных блоков и совмещенных конструкций аппаратов.

1. СХЕМЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ПОНИЖАЮЩИХ ПОДСТАНЦИЙ БЕЗ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ НА СТОРОНЕ ВЫШЕГО НАПРЯЖЕНИЯ

Подстанция — это установка, которая служит для преобразования и распределения электрической энергии. Подстанция включает в себя: силовые трансформаторы; распределительные устройства, осуществляющие прием и распределение электроэнергии; устройства для получения оперативного тока; устройства управления и вспомогательные сооружения.

Одним из основных требований, предъявляемых к источникам электроснабжения потребителей, является обеспечение надежности. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) разделяют электроприемники по условию надежности снабжения их электроэнергией на три категории:

1-я категория — приемники электрической энергии, для которых нарушение электроснабжения связано с появлением таких факторов, которые могут угрожать жизни людей, привести к значительному ущербу в народном хозяйстве, необратимому расстройству технологического процесса и т. п.

2-я категория — приемники электрической энергии, у которых перерыв в электроснабжении связан с массовым недоотпуском продукции, простоем рабочих и механизмов и т. п.

К 3-й категории относятся все остальные приемники электроэнергии.

С точки зрения питания приемники всех категорий предъявляют определенные требования к схемам электроснабжения.

Приемники 1-й категории должны получать питание от двух независимых источников электроэнергии; они допускают перерыв в электроснабжении только на время, необходимое для автоматического включения резервного источника.

Приемники 2-й категории допускают перерыв в электроснабжении, связанный с выполнением необходимых действий дежурным персоналом или выездной оперативной бригадой.

Приемники 3-й категории допускают перерыв в электроснабжении на время, которое необходимо для выполнения ремонтных работ или замены неисправного элемента схемы при условии, что этот перерыв будет продолжаться не более суток.

Схемы питания потребителей электрической энергией должны быть простыми и наглядными.

С точки зрения схемы электрических соединений стороны питания подстанции делятся на подстанции с выключателями и подстанций без выключателей. Последние часто называют упрощенными.

Подстанции без выключателей на стороне ВН по схеме их питания могут быть разделены на: 1) блочные (тупиковые) подстанции, выполняемые с минимальным количеством оборудования и ступеней промежуточной трансформации, причем питание осуществляется по схеме линия — трансформатор; 2) ответственные подстанции, присоединяемые к проходящим линиям при помощи ответвлений, с соответствующим оборудованием; 3) узловые подстанции, получающие питание по линиям, которые заводятся на подстанцию.

По выполнению подстанции делятся на комплектные и сооружаемые на месте. Комплектные подстанции изготавливаются на специализированных заводах и поставляются на место монтажа в собранном или полностью подготовленном к сборке виде. Сборные подстанции, сооружаемые на месте, строятся и монтируются непосредственно на площадке строительства с максимальным использованием элементов заводского изготовления.

Подстанции без выключателей на стороне ВН могут быть разделены также и по тем устройствам, которые предусматриваются для защиты и отключения поврежденных трансформаторов:

1. Установка на стороне ВН короткозамыкателя для создания искусственного короткого замыкания на линии

476—13

при повреждении трансформатора и отделителя для отключения трансформатора в бестоковую паузу устройства автоматического повторного включения (АПВ) на головном выключателе питающей линии.

2. Установка на стороне ВН трансформатора силовых предохранителей.

3. Установка на стороне ВН трансформатора предохранителей в виде открытых плавких вставок.

4. Передача отключающего импульса на головной выключатель (или выключатели) питающей линии при повреждении трансформатора.

Ниже рассматриваются подстанции без выключателей на стороне ВН, классифицированные по средствам защиты и способам отключения поврежденного трансформатора.

А. ПОДСТАНЦИИ БЕЗ АППАРАТУРЫ НА СТОРОНЕ ВЫСШЕГО НАПРЯЖЕНИЯ

Подстанции такого типа являются наиболее простыми. На стороне высшего напряжения здесь не предусматривается установка коммутационной аппаратуры. Трансформатор присоединяется к линии по схеме блока трансформатор — линия. Для подключения устройств релейной защиты и автоматики используются трансформаторы тока, встроенные в вводы силового трансформатора.

Однако подстанция с такой схемой при всех ее преимуществах, заключающихся в простоте, наглядности и дешевизне, имеет недостаток, связанный с некоторыми неудобствами при проведении ремонтных работ на линии или трансформаторе. Чтобы избежать этого, между линией и трансформатором может быть предусмотрен разъединитель для создания видимого разрыва в цепи при ремонтных работах.

Подстанции рассматриваемого типа выполняются таким образом, что их отключение при повреждении трансформатора производится выключателем, который ставится в начале питающей линии. Этот выключатель иногда называют головным.

Отключение головного выключателя происходит в результате получения импульса на отключение, который может поступать от двух источников. В одном случае этот импульс поступает от релейной защиты линии, во-

не действия которой находится поврежденный трансформатор. Надо отметить, что защита линии часто бывает недостаточно чувствительна к повреждениям в трансформаторе. При витковых замыканиях поврежденный трансформатор может быть отключен защитой со значительной выдержкой времени, а при срабатывании устройства АПВ будет снова включен, в результате чего повреждение будет еще более усугублено.

Поэтому более предпочтительным является другой способ отключения головного выключателя — с помощью импульса, поступающего от защиты трансформатора.

Отключающий импульс с подстанции на головной выключатель может передаваться: а) по специальным кабелям; б) с использованием высокочастотных каналов связи по проводам питающей линии.

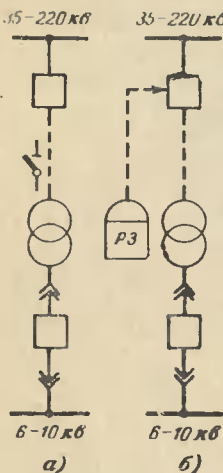


Рис. 1. Подстанции без коммутационной аппаратуры на стороне высшего напряжения.

а — с отключением головного выключателя защитой питающей линии; б — с передачей отключающего импульса на головной выключатель.

Б. ПОДСТАНЦИИ С ПРЕДОХРАНИТЕЛЯМИ НА СТОРОНЕ ВЫСШЕГО НАПРЯЖЕНИЯ

Подстанции с предохранителями на стороне высшего напряжения также относятся к наиболее простым. Силовой трансформатор на таких подстанциях присоединяется к питающей линии через разъединитель и предохранитель.

Разъединитель, который устанавливается между предохранителем и линией, служит для обеспечения проведения ремонтных и профилактических работ на стороне высшего напряжения подстанции. При отключении разъединителя, при наличии видимого разрыва в цепи, можно проводить замену плавких вставок и те работы на трансформаторе, которые должны производиться при снятом напряжении. Кроме того, разъединителем можно производить включение и отключение тока холостого хода трансформатора. Все сказанное выше относится как к одно-, так и к двухтрансформаторным подстанциям.

Плавкий предохранитель является аппаратом, служащим для защиты трансформатора от повреждений и перегрузок.

Плавкие предохранители применяются на стороне высшего напряжения подстанций в силу того, что они обладают рядом ценных свойств. К ним относятся: простота устройства, относительно низкая стоимость по сравнению с другими высоковольтными аппаратами, а также быстрое отключение коротких замыканий.

Предохранитель характеризуется номинальным длительным током. Но поскольку в патроне предохранителя могут быть помещены плавкие вставки разного сечения, рассчитанные на разные номинальные длительные токи, отдельно вводят понятия номинального тока вставки и номинального тока предохранителя. Под номинальным током предохранителя понимают номинальный ток предназначенной для него вставки, имеющей наибольшее сечение.

Отключающую способность плавких предохранителей обычно характеризуют наибольшей мощностью отключения или наибольшим отключаемым током.

Зависимость полного времени отключения цепи от величины тока, протекающего через плавкую вставку, носит название защитной время-токовой характеристики плавкой вставки. Причем полное время отключения цепи складывается из времени, необходимого на нагрев вставки до температуры плавления, и времени, которое требуется для плавки и испарения вставки, а также гашения дуги.

Выбор предохранителей производится с учетом следующих требований:

1. Номинальное напряжение предохранителя и номинальный ток плавкой вставки должны соответствовать напряжению сети и току нагрузки с учетом броска тока намагничивания трансформатора и тока самозапуска электродвигателей. Причем надо иметь в виду, что поскольку номинальный ток плавкой вставки ограничен конструктивными особенностями предохранителя, то естественно ограничена и мощность трансформаторов, которые могут быть защищены предохранителями. Так, например, предохранитель типа ПСН-35 выпускается с предельным номинальным током плавкой вставки 100 а. В результате с учетом указанных выше возможных увеличений тока нагрузки предохранитель такого

типа может защитить трансформатор мощностью не более 4 000 ква.

Для предохранителей ПСН-110, выпускаемых на ток до 50 а, максимальная мощность защищаемого трансформатора составит 6 300 ква.

2. Предохранитель должен надежно срабатывать и отключать ток короткого замыкания при повреждениях на выводах высшего напряжения трансформатора, а также на участке между предохранителем и трансформатором. Такого рода повреждения — наиболее тяжелый для предохранителя вид короткого замыкания.

3. Время перегорания плавкой вставки предохранителя на стороне высшего напряжения трансформатора обязательно должно быть согласовано со временем действия защит выключателей на питающей линии, а также со временем действия защит или предохранителей отходящих линий на стороне низшего напряжения трансформатора. При повреждении на отходящих линиях 6—10 кв время перегорания плавкой вставки предохранителя ВП должно быть больше времени отключения повреждения защитами или предохранителями отходящих линий 6—10 кв.

4. При выборе предохранителя надо иметь в виду, что трансформатор не должен подвергаться недопустимому перегреву от воздействия токов перегрузки или короткого замыкания. Время протекания токов перегрузки или короткого замыкания должно быть согласовано с требованиями § 700 Правил технической эксплуатации (ПТЭ).

5. Предохранитель должен быть чувствителен к повреждениям за трансформатором не только в нормальном режиме или во время максимальных нагрузок, но и во время минимальных нагрузок, когда токи короткого замыкания могут оказаться небольшими.

Необходимо отметить, что выбранный на основании этих требований предохранитель не всегда защищает силовой трансформатор от токов перегрузки, что является существенным недостатком предохранителей.

Из других недостатков надо учитывать следующие: большой (до $\pm 10\%$) разброс во временах отключения цепи предохранителем при расчетном токе;

возможность возникновения неполнофазных режимов при перегорании одной из вставок в трехфазной системе

ме, что может быть вызвано старением вставки или несимметричной перегрузкой трансформатора;

длительный перерыв электроснабжения потребителей, особенно на подстанциях без обслуживающего персонала, связанный с необходимостью замены перегоревшей плавкой вставки.

Одной из разновидностей подстанций с предохранителями являются подстанции с открытыми плавкими вставками, предложенными Челябинэнерго.

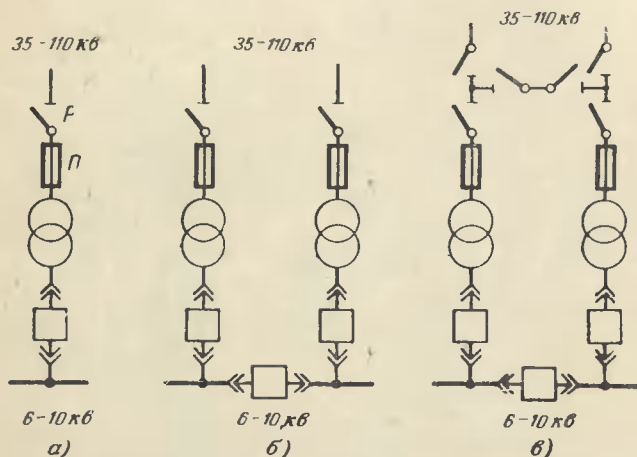


Рис. 2. Подстанции с предохранителями на стороне высшего напряжения.

а — однитрансформаторная; б — двухтрансформаторная; в — двухтрансформаторная с перемычкой; P — разъединитель; П — предохранитель.

Открытые плавкие вставки, так же как и плавкие предохранители, обеспечивают достаточно надежную защиту трансформаторов. Кроме того, они отличаются дешевизной и являются настолько простыми в конструктивном отношении, что могут быть изготовлены местными силами.

Перегорание вставок вызывает возникновение однофазного короткого замыкания в сетях с заземленной нейтралью и двухфазного — в сетях с малым током замыкания на землю.

Протекание тока короткого замыкания приводит к срабатыванию защит на питающих линиях и отключению головных выключателей. При наличии на питающих

линиях устройств АПВ за время бестоковой паузы возникающая дуга погаснет и после АПВ поврежденный трансформатор окажется отделенным от линии. В таком виде плавкая вставка заменяет собой короткозамыкатель и отделитель.

Подстанции с плавкими предохранителями и открытыми плавкими вставками могут быть не только тупиковыми, но и ответвительными, поскольку перегорание плавкой вставки и следующее вслед за этим гашение дуги отделяет поврежденный трансформатор от неповрежденной линии при сохранении последней в работе.

Подстанции с предохранителями на стороне высшего напряжения, как это показано на рис. 2, могут быть одно- и двухтрансформаторными. В двухтрансформаторных подстанциях иногда предусматривается переемычка из двух разъединителей на стороне высшего напряжения. Эта переемычка используется при отключении одной из питающих линий для подключения оставшегося без питания трансформатора к работающей линии. Два разъединителя ставятся в переемычке для того, чтобы можно было поочередно ремонтировать разъединители переемычки, отключая при этом только половину подстанции.

В. ПОДСТАНЦИИ С КОРОТКОЗАМЫКАТЕЛЯМИ И ОТДЕЛИТЕЛЯМИ

Подстанции с короткозамыкателями и отделителями занимают особое место среди упрощенных подстанций. Они несколько сложнее рассмотренных ранее и имеют большее количество аппаратов, но по сравнению с подстанциями с выключателями на стороне ВН имеют неоспоримое преимущество — они просты и дешевы.

Основными элементами рассматриваемых подстанций являются короткозамыкатель и отделитель.

Короткозамыкатель предназначен для создания искусственного замыкания на землю на питающей линии при повреждениях в трансформаторе.

Отделитель предназначен для автоматического отключения цепи при исчезновении в ней тока. Кроме того, отделитель может быть использован и для автоматического отключения цепи без тока. Выражения «без тока» и «при исчезновении тока» весьма условны, так как относятся лишь к токам нагрузки и не относятся

к токам холостого хода трансформаторов и зарядным токам линии.

Подстанции с короткозамыкателями и отделителями в отличие от подстанций с предохранителями могут быть сооружены на напряжение до 220 кв. Правда, подстанции с короткозамыкателями обладают тем недостатком, что отключение повреждений в трансформаторе происходит в результате создания искусственного короткого замыкания. С одной стороны, создание короткого замыкания приводит к дополнительному воздействию токов короткого замыкания на все оборудование высокого напряжения, находящееся между местом установки короткозамыкателя и головным выключателем. С другой стороны, при этом становится возможным увеличение повреждения в трансформаторе, связанное с тем, что в настоящее время короткозамыкатели имеют время включения порядка 0,5—0,7 сек и все это время место повреждения обтекается током.

Однако этот недостаток не играет столь существенной роли, как кажется на первый взгляд. Во-первых, повреждения в трансформаторах, как показывает опыт эксплуатации, бывают весьма редко, а, во-вторых, сейчас разрабатываются конструкции короткозамыкателей, у которых время включения будет составлять несколько периодов. Поскольку наличие короткозамыкателей и отделителей допускает применение автоматики, к одной линии можно присоединять несколько подобных подстанций.

Процесс отключения поврежденного трансформатора происходит следующим образом. При возникновении повреждения в трансформаторе его защита включает короткозамыкатель. Искусственное короткое замыкание отключается головным выключателем. В бестоковую паузу происходит отключение отделителя, устройство АПВ включает головной выключатель, после чего в работе остаются линия и все подключенные к ней неповрежденные подстанции.

Наличие отделителя позволяет отключать трансформатор тогда, когда это требуется по графику нагрузки, а также для проведения осмотра или ремонта. При этом сначала отключаются выключатели на стороне среднего (если оно есть) и низшего напряжений трансформатора, т. е. выключателями снимается нагрузка, а затем отделителем трансформатор отключается от линии. Включение

трансформатора производится в обратной последовательности.

Подстанции с короткозамыкателями и отделителями могут быть тупиковыми, ответвительными и узловыми. Они могут получать питание как по одноцепным, так и двухцепным линиям, причем эти линии могут иметь одно- и двухстороннее питание.

В связи с тем что сети 35 кВ работают с изолированной или компенсированной нейтралью, для обеспечения надежного отключения искусственного короткого замы-

кания необходимо поставить короткозамыкатели в две фазы с тем, чтобы создать двухполюсное короткое замыкание, к которому защита головного выключателя должна быть обязательно чувствительна. В сетях же 110 кВ и выше, работающих с глухозаземленной нейтралью, т. е. с большими токами замыкания на землю, достаточно иметь короткозамыкатель в одной фазе.

Подстанции с короткозамыкателями и отделителями могут быть одно- и двухтрансформаторными. На рис. 3 приведены схемы однотрансформаторных подстанций, питаемых тупиковой линией.

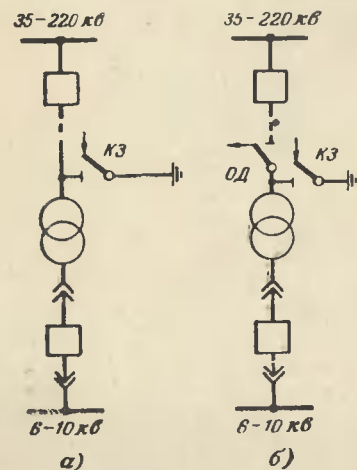


Рис. 3. Однотрансформаторные тупиковые подстанции.

ОД — отделитель; КЗ — короткозамыкатель.

Тупиковая подстанция изображенная на рис. 3, а, имеет на стороне высшего напряжения один короткозамыкатель. Такая схема возможна лишь в том случае, если к питающей линии не подключены другие подстанции. Повреждение трансформатора подстанции вызывает включение короткозамыкателя, что, в свою очередь, приводит к отключению головного выключателя. Если же по каким-либо причинам возникает необходимость в отделении трансформатора от линии, а также в том случае, когда к питающей линии подключены и другие подстанции, на данной подстанции ставят, кроме короткозамыкателя, и отделитель (рис. 3, б).

На рис. 4 приведены схемы однотрансформаторных подстанций, которые питаются ответвлениями от проходящей линии, или иными словами, схемы однотрансформаторных ответвительных подстанций. Схема на рис. 4, а отличается от рассмотренной ранее схемы на рис. 3, б наличием разъединителя, который предназначен для обеспечения возможности ремонта отделителя при сохранении питающей линии в работе.

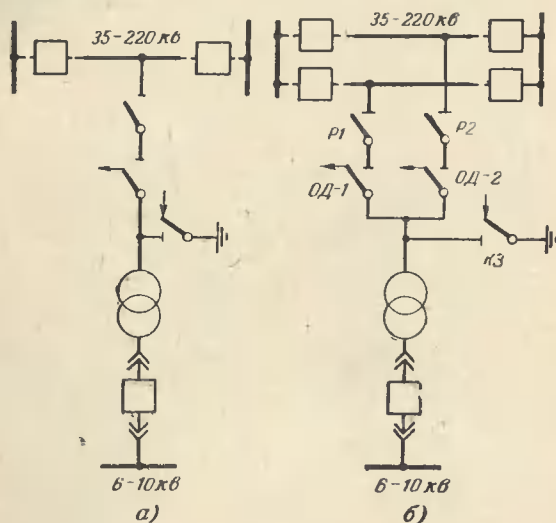


Рис. 4. Однотрансформаторные ответвительные подстанции.

Схема на рис. 4, б предусматривает возможность подключения однотрансформаторной подстанции к ответвлениям от двухцепной питающей линии. Присоединение осуществляется при помощи разъединителей $P-1$ и $P-2$ и отделителей $ОД-1$ и $ОД-2$. Обычно трансформатор подключен к одной линии. Если происходит повреждение в трансформаторе, то после срабатывания короткозамыкателя и отключения головного выключателя происходит отсоединение поврежденного трансформатора от линии при помощи отделителя. Если же происходит повреждение на питающей линии, скажем, на линии Л1, то после ее отключения защита минимального напряжения, установленная на подстанции, отключит отделитель $ОД-1$ и включит отделитель $ОД-2$, тем самым присоединив тран-

сформатор неповрежденной линии. При этих переключениях нагрузка трансформатора со стороны 6—10 кВ должна быть отключена.

Схемы на стороне высшего напряжения двухтрансформаторных подстанций, питаемых тупиковыми линиями (рис. 5), аналогичны схемам тупиковых однострансформаторных подстанций. Правда, схема на рис. 5,б

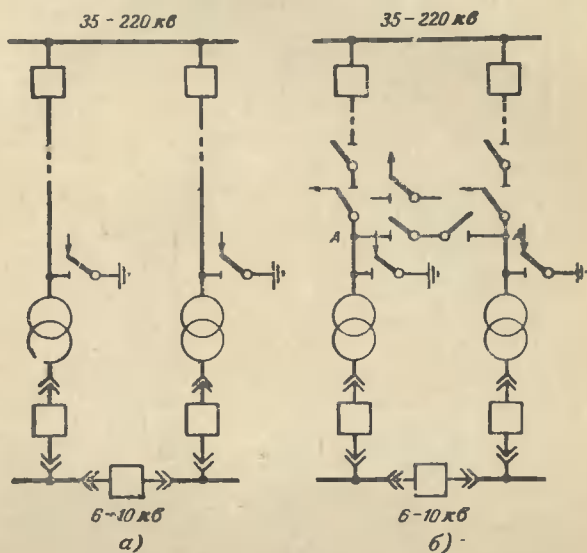


Рис. 5. Двухтрансформаторные тупиковые подстанции.

имеет существенное преимущество перед обычными чисто блочными схемами, состоящее в наличии перемычки АА. В перемычке устанавливаются два разъединителя. Иногда для того, чтобы сделать эту перемычку автоматической, вместо одного из разъединителей ставят отделитель. Нормально такая подстанция работает с разомкнутой перемычкой. При повреждении одной из питающих линий последняя может быть отключена, а трансформатор, который работал в блоке с этой линией, вручную или автоматически подключается к неповрежденной линии через перемычку АА. Таким образом, наличие перемычки повышает гибкость схемы и ее надежность.

На рис. 6 приведены схемы двухтрансформаторных подстанций, питаемых ответвлениями от двух линий. В них каждый трансформатор подключен к линии через разъединитель и отделитель. Разъединитель предназначен для создания видимого разрыва при выполнении ремонтных работ. Между трансформатором и отделителем установлен короткозамыкатель. В схеме на рис. 6, б предусмотрена автоматическая перемычка.

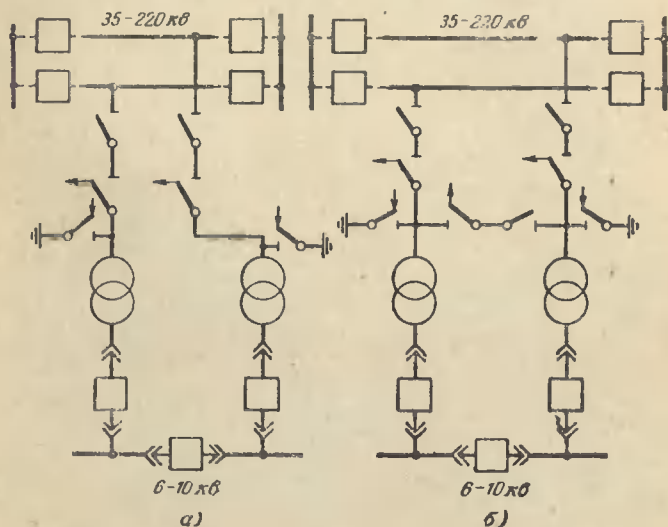


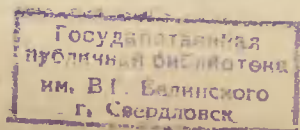
Рис. 6. Двухтрансформаторные ответвительные подстанции.

Принцип работы этих схем, последовательность операций с короткозамыкателями, отделителями и головными выключателями аналогичны рассмотренным ранее.

2. АВТОМАТИКА ЭЛЕМЕНТОВ ВЫСШЕГО НАПЯЖЕНИЯ

А. СХЕМЫ АВТОМАТИКИ НА ВЫСШЕМ НАПЯЖЕНИИ

Автоматика элементов на стороне высшего напряжения должна обеспечить четкую, своевременную и надежную работу короткозамыкателя, отделителя и головных выключателей.



Эти аппараты должны работать в строго определенной последовательности, нарушение которой может привести к серьезным повреждениям, вплоть до выхода из строя питающей линии. Если же к этой линии подключены и другие подстанции, то они также могут остаться без напряжения.

Совместная работа короткозамыкателей и отделителей выполняется по различным схемам. Типовые схемы отключения отделителей разработаны Теплоэлектропроектом в работе «Руководящие указания по релейной защите (Выпуск 4)».

Наиболее проста схема, представленная на рис. 7. В этой схеме имеется одно специальное реле, которое носит название блокирующее реле отделителя (БРО).

Реле БРО подключается к вторичной обмотке трансформатора тока типа ТШЛ-0,5, установленного на заземляющей шине короткозамыкателя. В сетях с заземленной нейтралью он включается по схеме на рис. 7,а, а в сетях с изолированной нейтралью — по схеме на рис. 7,б.

Рис. 7. Схема автоматики с БРО.

а — общая схема; б — схема включения короткозамыкателя в сети 35 кВ; КЗ — короткозамыкатель; ОД — отделитель.

В целях обеспечения правильной работы схемы автоматики в сетях 35 кВ необходимо, чтобы заземляющая шина, являющаяся первичной обмоткой трансформатора тока ТШЛ-0,5, не была зашунтирована заземленными металлоконструкциями, тягами и другими деталями. Для этого между короткозамыкателем и конструкцией крепления предусматривается изолирующая прокладка, которая может быть выполнена, например, из листового текстолита толщиной 10 мм, или изолятор ИКО. Тяги к приводам и валы, связывающие

короткозамыкатели 35 кв, должны иметь изолирующие вставки.

Привод короткозамыкателя (ШПК) (рис. 7, а) имеет три включающих электромагнита. Электромагниты 1 и 2 представляют собой мгновенно работающие максимальные токовые реле прямого действия, срабатывающие от дифференциальной защиты трансформатора. Электромагнит 3, являющийся реле максимального напряжения, срабатывает при действии газовой или корпусной защиты трансформатора.

Привод отделителя (ШПО) имеет два отключающих электромагнита. Электромагнит 8 представляет собой БРО и служит для автоматического отключения отделителя после исчезновения тока в короткозамыкателе. Электромагнит 9 служит для дистанционного отключения отделителя.

При внутреннем повреждении трансформатора приходит в действие его защита, дающая импульс на катушку одного из электромагнитов включения короткозамыкателя. При действии этого электромагнита освобождается защелка 5, которая удерживалась пружиной 4 и сама удерживала короткозамыкатель в отключенном положении. Под действием пружины 6 короткозамыкатель включается и создает замыкание на землю. Ток искусственно созданного короткого замыкания течет по заземляющей шине короткозамыкателя, в которой установлен трансформатор тока 7. Реле БРО 8, подключенное к вторичной обмотке трансформатора тока, срабатывает и заводит свою пружину.

Защита на питающем конце отключает головной выключатель, в результате чего прекращается протекание тока через короткозамыкатель. Реле БРО обесточится и за счет действия своей пружины выбьет защелку 11, которая удерживалась в зацеплении пружиной 10. Привод перейдет в положение «отключено» и разрешит отключающим пружинам 12 отключить отделитель. Затем устройство автоматического повторного включения (АПВ) снова включит головной выключатель. Таким образом, реле БРО обеспечивает требуемую последовательность операций, связанную с необходимостью ликвидации повреждения в трансформаторе. Схема работает четко и надежно. Однако может оказаться, что при повреждении трансформатора сработает не только его защита, но и быстродействующая защита линии, что

может произойти, если подстанция расположена в зоне действия линейной защиты. В этом случае, поскольку короткозамыкатель имеет большое время срабатывания (0,5—0,7 сек), быстродействующая защита линии может сработать раньше и отключить головной выключатель до включения короткозамыкателя.

После этого короткозамыкатель, продолжая свое движение, включится. При включении головного выключателя устройством АПВ по короткозамыкателю пойдет ток, в результате чего втянется сердечник БРО. После этого снова произойдет отключение линии и лишь тогда реле БРО отключит отделитель, после чего можно опять включать линию в работу. Это может быть выполнено либо вручную, либо вторым циклом двукратного АПВ.

Таким образом, применение схемы автоматики с БРО в тех случаях, когда подстанция попадает в зону действия быстродействующей защиты, требует установки на головном выключателе линии двукратного АПВ.

Надежное действие схемы с БРО при наличии на линии однократного АПВ возможно только в тех случаях, когда:

а) защита линии нечувствительна к повреждениям в трансформаторе и отключает головной выключатель лишь после включения короткозамыкателя;

б) защита линии чувствительна к повреждениям в трансформаторе, но время ее действия больше времени включения короткозамыкателя;

в) время действия короткозамыкателя настолько мало, что он успеет включиться раньше, чем произойдет отключение головного выключателя.

При наличии однократного АПВ и быстродействующей защиты питающей линии применяют схемы, изображенные на рис. 8

В этих схемах для отключения отделителя вместо реле БРО используется отключающий электромагнит отделителя, который срабатывает за счет разряда конденсаторов. В схеме, изображенной на рис. 8, а, б, используются три реле — токовое *РТ*, промежуточное *РП* и указательное *РУ*.

Токовое реле служит для того, чтобы не допустить отключения отделителя в тот момент, когда по цепи короткозамыкателя идет ток, т. е. выполняет роль блокировочного реле. Промежуточное реле берется с небольшим замедлением при срабатывании порядка 0,1 сек. Такое

замедление необходимо для того, чтобы перекрыть разновременность в замыкании силовых контактов короткозамыкателя и его блок-контактов. Ведь если блок-контакты короткозамыкателя замкнутся раньше, чем сило-

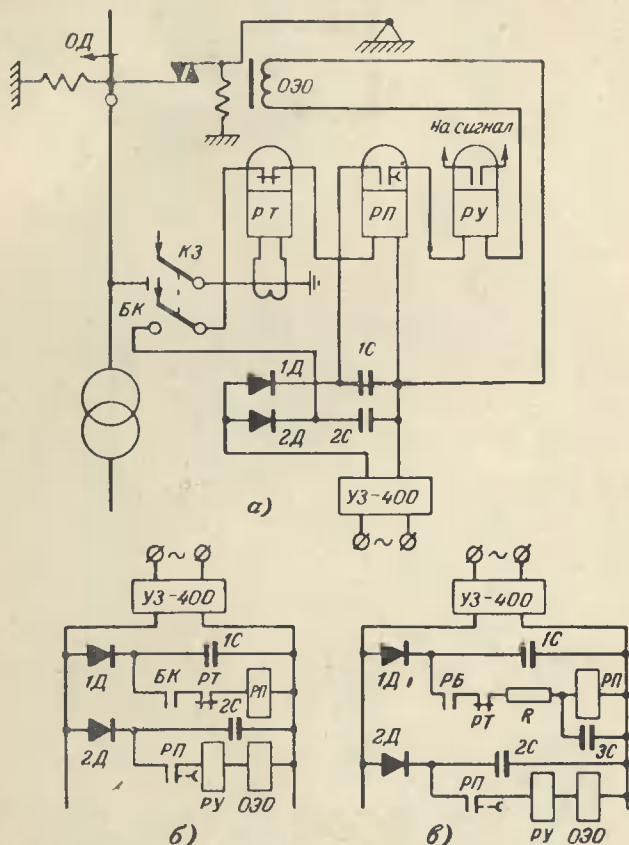


Рис. 8. Схемы автоматики с электромагнитом, работающим от конденсаторного устройства.

вые контакты, может произойти ложное отключение отделителя под нагрузкой. Указательное реле служит для сигнализации срабатывания схемы.

В целом схема работает следующим образом. При повреждении в трансформаторе его защита подает импульс на включение короткозамыкателя. Короткозамыкатель срабатывает и вместе с силовыми контактами

замыкает свои блок-контакты (БК). В цепочке $1Д — БК — РТ — РП$ остается разомкнутым лишь контакт $РТ$ (токовое реле $РТ$ имеет нормально замкнутые контакты, т. е. контакты, замкнутые тогда, когда по реле не течет ток). После отключения головного выключателя протекание тока через короткозамыкатель прекратится, реле $РТ$ обесточится и замкнет свои контакты. Конденсатор $1С$ разрядится на реле $РП$. Реле $РП$ сработает и своими контактами замкнет цепь отключающего электромагнита отделителя $ОЭО$, который придет в действие и отключит отделитель.

Следует отметить, что и эта схема не всегда применима. Дело в том, что у выпускаемых в настоящее время короткозамыкателей блок-контакты опережают силовые контакты на $0,15 \text{ сек.}$

Поэтому схема на рис. 8, б должна быть несколько видоизменена, чтобы искусственно замедлить срабатывание реле $РП$. Это достигается добавлением в схему конденсатора $3С$ емкостью порядка 40 мкф и сопротивления $R = 15 \text{ ком}$ (рис. 8, в). При этом, когда после включения короткозамыкателя и отключения головного выключателя контакты токового реле $РТ$ замкнутся и конденсатор $1С$ начнет разряжаться, он будет разряжаться не только на реле $РП$, но и на конденсатор $3С$. Реле $РП$ не подействует до тех пор, пока напряжение на конденсаторе $3С$ не повысится до величины, при которой реле $РП$ сработает. Замедление в срабатывании реле $РП$ составляет величину порядка $0,3—0,4 \text{ сек.}$, что больше разновременности действия силовых контактов короткозамыкателя и его блок-контактов с учетом возможных разбросов.

Схемы на рис. 8 четко работают и тогда, когда защита, действующая на отключение головного выключателя, чувствительна к повреждениям в трансформаторе. Это возможно потому, что срабатывание отключающего электромагнита отделителя может произойти лишь после замыкания его цепи контактами реле $РП$, которое сработает только при условии замыкания контактов реле $РТ$ и блок-контактов короткозамыкателя. Если головной выключатель отключится раньше, чем включится короткозамыкатель, то, поскольку реле $РТ$ при этом не обтекается током, его контакты к моменту замыкания блок-контактов короткозамыкателя будут замкнуты и реле $РП$ сработает и отключит отделитель.

Над совершенствованием схем автоматического отключения отделителей работает много организаций. Из всех усовершенствований наиболее интересным, пожалуй, является предложение Мосэнерго (рис. 9).

В этой схеме отключение отделителя осуществляется его отключающим электромагнитом. Здесь так же, как и в рассмотренных выше схемах, применено токовое реле *РТ*, имеющее своей целью не допустить отключение отделителя при протекании тока через короткозамыкатель. Последовательно с нормально замкнутыми контактами реле *РТ* в цепь обмотки промежуточного реле включены замыкающие контакты специального реле времени. В качестве реле времени здесь используется часовой механизм от реле времени серии ЭВ, который заводится при отключении короткозамыкателя и освобождается при его включении. С помощью часового механизма осуществляется легко регулируемая выдержка времени порядка 0,5—1 сек, которая необходима, как и в предыдущих схемах, для того, чтобы перекрыть разновременность в замыкании блок-контактов короткозамыкателя и его силовых контактов.

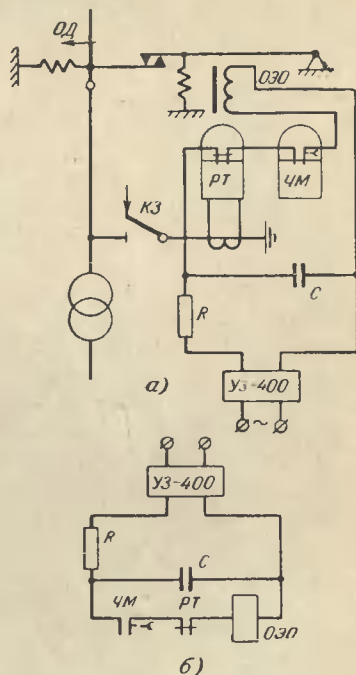


Рис. 9. Схема автоматики, предложенная Мосэнерго.

а — общая схема; б — схема вторичных цепей.

Б. ОПЕРАТИВНЫЙ ТОК

В настоящее время в схемах релейной защиты и автоматики применяется как постоянный, так и переменный оперативный ток. Однако на подстанциях с упрощенными схемами, которые очень часто не имеют обслуживающего персонала, применяется только переменный оперативный ток, что позволило отказаться от установки дорогостоя-

щих аккумуляторных батарей, требующих создания специальных помещений и тщательного, регулярного ухода.

В качестве источников переменного оперативного тока могут использоваться трансформаторы тока, трансформаторы напряжения и трансформаторы собственных нужд. Однако все эти аппараты не могут создать независимое питание устройств автоматики и релейной защиты. А это очень важно, так как необходимость в работе релейной защиты и автоматики возникает большей частью тогда, когда происходит повреждение в силовом трансформаторе или в непосредственной близости от него. При этом, как правило, напряжение исчезает вообще или значительно снижается. Естественно, что при этом релейная защита и автоматика нормально работать не могут.

Поэтому было предложено использовать для работы схем защиты и автоматики конденсаторные устройства. Источником оперативного тока здесь являются предварительно заряженные конденсаторы.

Надо отметить, что такой источник оперативного тока в известной мере можно считать независимым, поскольку его работа не зависит от степени снижения напряжения при повреждениях на подстанции или в питающей сети. Особенно важно то, что конденсаторные устройства создают нормальные условия для работы схем автоматики на подстанциях с короткозамыкателями и отделителями во время бестоковой паузы или при полном исчезновении напряжения.

Конденсаторные устройства имеют и определенные недостатки, основным из которых является необходимость систематического контроля за состоянием выпрямителей и конденсаторов. Кроме того, поскольку разряд конденсатора очень быстротечен, предъявляются дополнительные требования к состоянию реле и других аппаратов, питающихся от конденсаторных устройств. Указанная аппаратура должна работать свободно, без заеданий, затирааний и толчков, а смазка не должна быть слишком густой, так как иначе, особенно при наружной установке аппаратов, могут быть отказы в работе защиты и автоматики.

Наиболее распространенным является конденсаторное устройство, состоящее из зарядного устройства УЗ-400 и батареи конденсаторов (У — устройство, З — зарядное, 400 — напряжение на выходе, в).

Схема зарядного устройства УЗ-400 приведена на рис. 10.

Зарядный трансформатор T является повысительным трансформатором малой мощности. Его первичная обмотка состоит из двух секций. При подключении трансформатора к сети 220 в секции соединяются последовательно, а при подключении к сети 110 в — параллельно. Вторичная обмотка трансформатора имеет несколько ответвлений для возможности регулирования

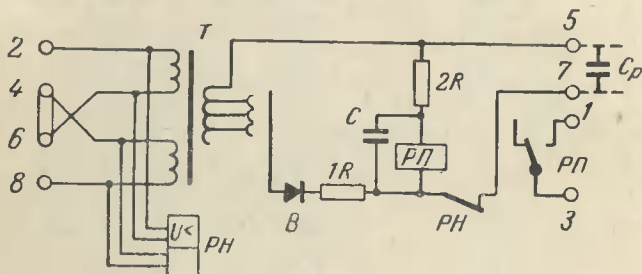


Рис. 10. Схема зарядного устройства УЗ-400.

величины вторичного напряжения. Номинальное напряжение на выходе УЗ-400 составляет 400 в.

Параллельно первичной обмотке подключается реле минимального напряжения $РН$ типа ЭН-529/160, которое срабатывает при снижении или исчезновении питающего напряжения и предохраняет рабочие конденсаторы C_p от разряда на поляризованное реле и сопротивление $2R$.

Меднозакисный выпрямитель B типа ВК-20 состоит из трех столбиков по 24 шайбы в каждом. На выходе выпрямителя B за сопротивлением $1R$ подключено поляризованное реле $РП$ типа РП-7, служащее для контроля исправности УЗ-400 и рабочих конденсаторов. При коротких замыканиях и пробоях выпрямителей и конденсаторов это реле работает на сигнал. Последовательно с реле $РП$ включено сопротивление $2R$, которое предназначено для снижения рабочего напряжения поляризованного реле, так как такие реле не изготавливаются на напряжение 400 в. Для устранения вибраций реле $РП$, которые могут возникнуть в связи с наличием в выпрямленном токе переменной составляющей, параллельно ему включен конденсатор C .

Сопротивление $1R$ предназначено для ограничения токов повреждения при пробоях выпрямителя и конденсаторов.

Рабочие конденсаторы C_p размещены вне кожуха зарядного устройства. Их подбирают в зависимости от типа и характеристики тех аппаратов, которые будут к ним подключены. Рабочие конденсаторы устанавливают около питаемого ими объекта.

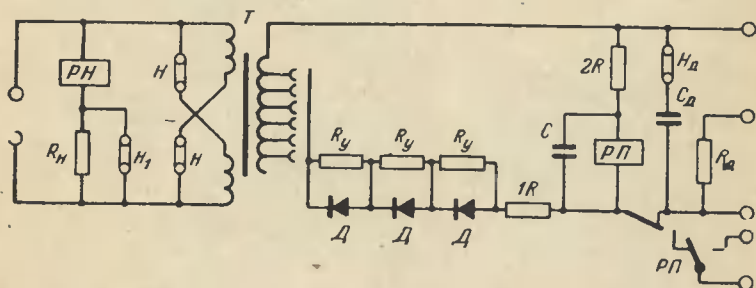


Рис. 11. Схема зарядного устройства УЗ-400А.

В последнее время вместо зарядного устройства типа УЗ-400 выпускаются модернизированные устройства типа УЗ-400А. Схема этого устройства приведена на рис. 11.

При сохранении прежних параметров и габаритов эти устройства имеют следующие изменения по сравнению с УЗ-400:

1. Вместо меднозакисных выпрямителей применены кремниевые диоды типа Д-226Б с номинальным обратным напряжением 400 в. Для повышения надежности установки последовательно включаются три диода. Параллельно каждому диоду включены сопротивления R_y (270 ком; 0,5 вт), которые предназначены для выравнивания обратных напряжений на диодах.

2. Вместо реле ЭН-529/160 применено реле минимального напряжения РН-54/160. При переходе на напряжение 220 в включается добавочное сопротивление R_H (снятием накладки H_1).

3. Трансформатор T имеет шесть ответвлений для регулирования напряжения вместо трех.

4. Предусмотрена установка добавочного сопротивления R_d и дополнительного конденсатора C_d непосредственно в кожухе зарядного устройства. Эти элементы

могут вводиться в схему или выводиться из нее в зависимости от места установки и характера подключаемого к зарядному устройству объекта.

3. ОБОРУДОВАНИЕ НА СТОРОНЕ ВЫШЕГО НАПРЯЖЕНИЯ

Короткозамыкатели

Короткозамыкатель — это аппарат, предназначенный для создания искусственного короткого замыкания.

В настоящее время в Советском Союзе выпускаются следующие типы короткозамыкателей: КЗ-35, КЗ-110,

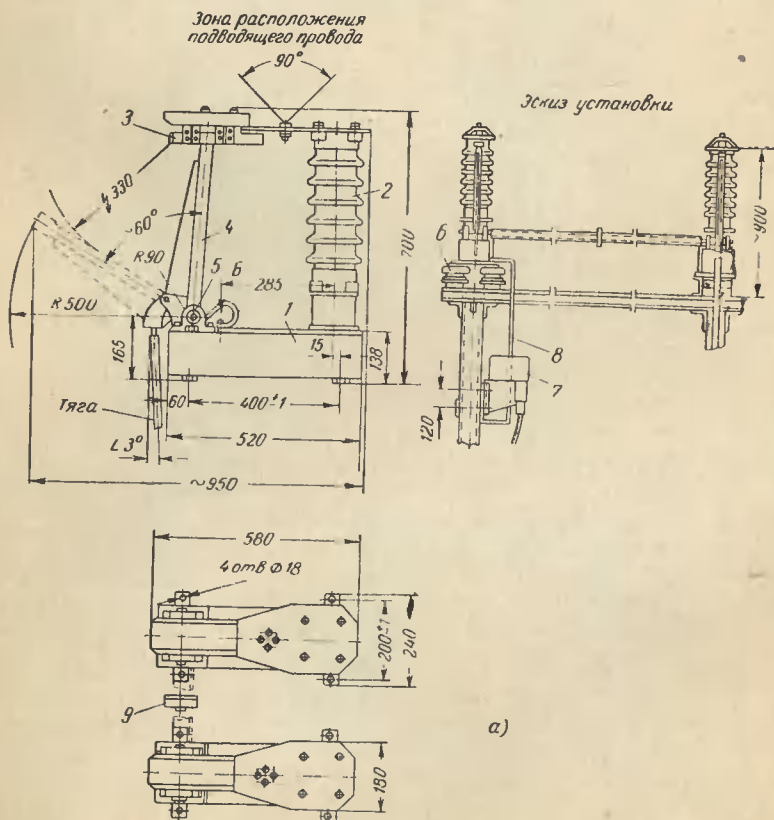


Рис. 12. Короткозамыкатели.
а — КЗ-35.

КЗ-150 и КЗ-220 на напряжения 35, 110, 150 и 220 кВ.

Поскольку сети 35 кВ работают с изолированной нейтралью или с нейтралью, заземленной через дугогасительную катушку, то для создания условий, которые почувствует и отключит защита головного выключателя, требуется двухфазное короткое замыкание. Поэтому короткозамыкатели на напряжении 35 кВ в отличие от короткозамыкателей 110—220 кВ выполняются в виде двух отдельных полюсов с общим приводом.

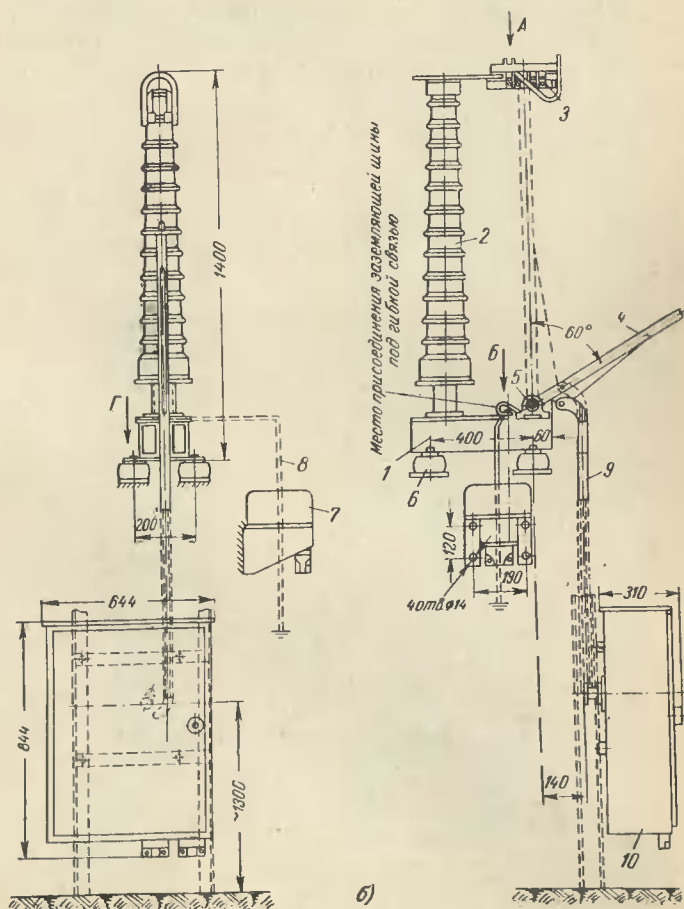


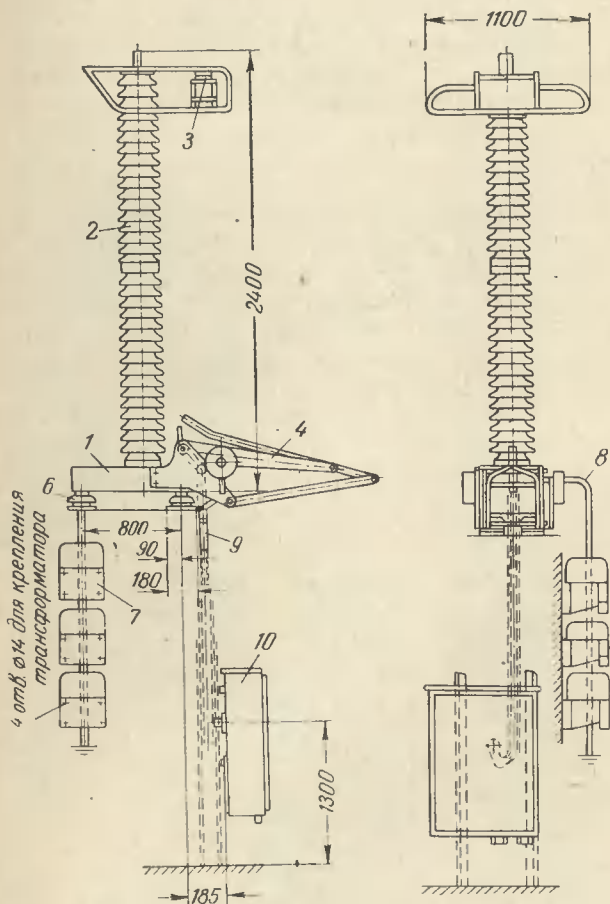
Рис. 12. Коротко

б — КЗ-110; в — КЗ-220; 1 — основание; 2 — изолятор; 3 — неподвижный
8 — заземляющая шина; 9 — изоляционная вставка;

Короткозамыкатели на напряжение 110—220 кВ выполняются однополюсными.

Все короткозамыкатели упомянутых выше типов предназначены для наружной установки.

Полус короткозамыкателя состоит из основания 1, на котором установлен изолятор 2 (на 110—220 кВ это обычно колонка изоляторов). На верхней части изоля-



б)

замыкатели.

контакт; 4 — нож; 5 — вал; 6 — изолятор ИКО; 7 — трансформатор тока; 10 — привод ШПК (на рис. 12.а не показан).

тора расположен неподвижный контакт 3, который имеет специальный зажим для присоединения к нему подводящего провода. Нож короткозамыкателей 35 и 110 кВ (подвижный контакт) 4 выполнен в виде стальной трубы, на верхнем конце которой укреплен медный контакт. У основания изолятора нож приварен к валу 5, который вращается в двух подшипниках, установленных на основании.

Нож короткозамыкателей 150 и 220 кВ выполнен несколько по-иному. Он представляет собой четырехзвенный механизм (полупантограф), который складывается в отключенном положении. На конце верхнего звена также имеется медный контакт.

Короткозамыкатели управляются при помощи привода ШПК.

Включение короткозамыкателя осуществляется под действием релейной защиты при срабатывании пружинного механизма, включающего нож. Отключение короткозамыкателя производится вручную при помощи съемной рукоятки при открытой двери шкафа привода. Вращение рукоятки производится по часовой стрелке. При необходимости короткозамыкатель может быть включен вручную. Для этого, воздействуя на сердечник включающего электромагнита короткозамыкателя, выбивают из устойчивого положения удерживающую планку.

Таблица 1

Технические данные короткозамыкателей

Тип короткозамыкателя	Номинальное напряжение, кВ	Ток короткого замыкания (амплитуда), кА	Десятисекундный ток термической устойчивости, кА	Время включения, сек
КЗ-35	35	42	18	0,4
КЗ-110	110	42	18	0,4
КЗ-150	150	34	16,5	0,5
КЗ-220	220	34	16,5	0,5

Отделители

Отделитель — это аппарат, который служит для производства переключений без нагрузки, а также для автоматического отключения поврежденных трансфор-

моторов или других элементов схемы при отсутствии протекания рабочего тока.

В настоящее время отделители — это те же двух-колонковые разъединители, только снабженные специальным приводом для автоматического или дистанционного отключения.

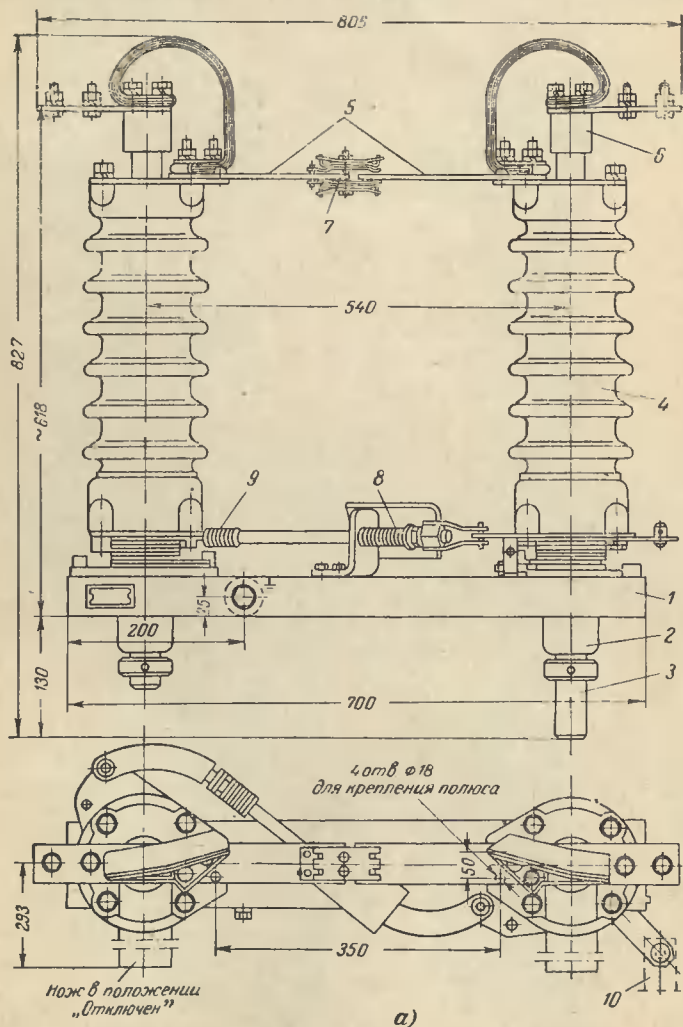
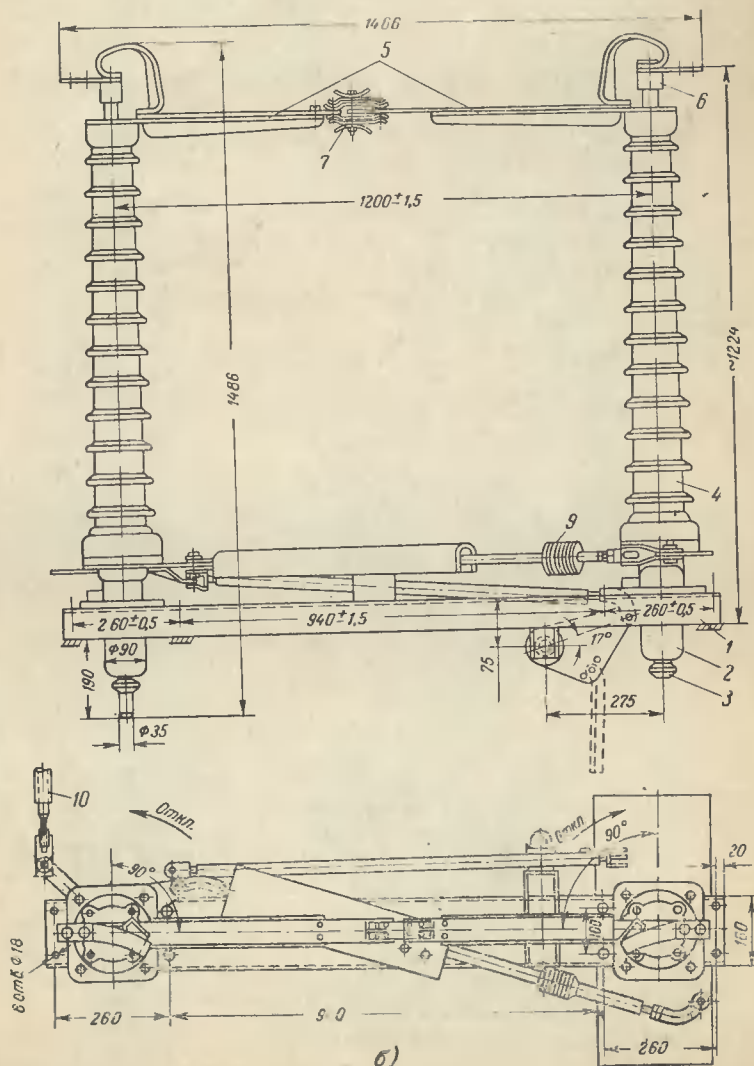


Рис. 13. Отделители.
а — ОД-35

Отделители выполняются в виде отдельных полюсов. У отделителей на напряжение 35 и 110 кВ устанавливается один привод на три полюса, а у отделителей 220 кВ устанавливается привод на каждый полюс.

Отделители 35 и 110 кВ имеют один ведущий и два ведомых полюса, которые связаны с ведущим специаль-



ными тягами, соединяющими все три полюса в один аппарат.

Каждый полюс отделителя имеет в своем основании раму 1, выполненную из швеллеров. На раме закреплены чугунные основания — подшипники 2. В подшип-

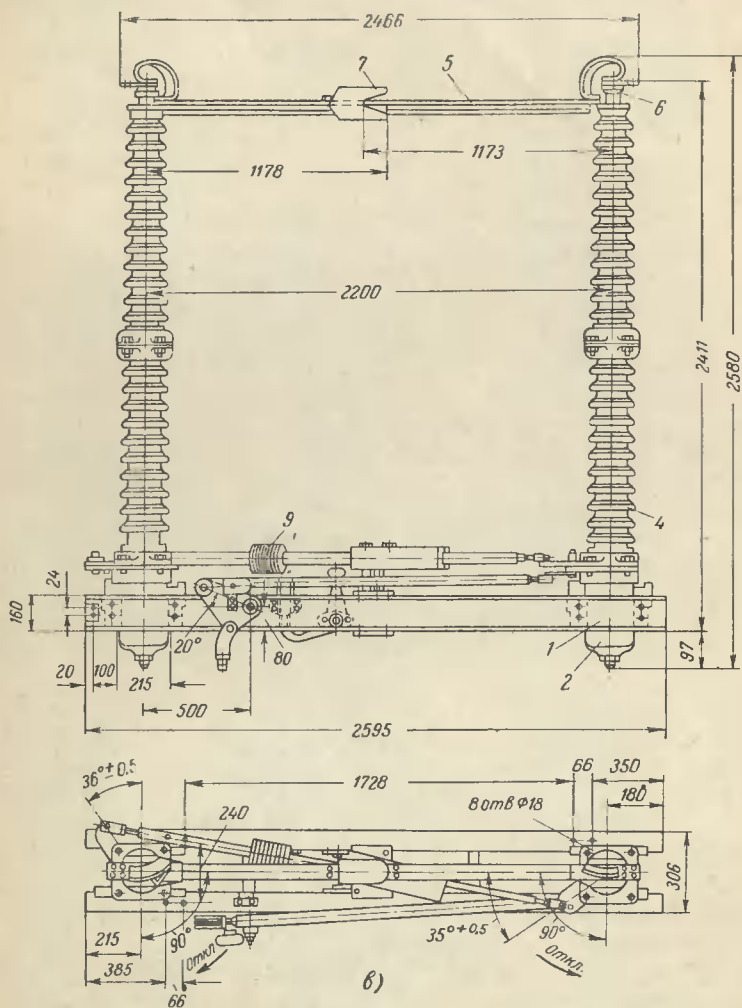


Рис. 13. Отделители.

б — ОД-110; в — ОД-220; 1 — рама; 2 — подшипник; 3 — вал; 4 — изолятор; 5 — полупож; 6 — шарнир; 7 — пальцевый контакт; 8 — пружина; 9 — буфер; 10 — междуполюсная тяга.

никах вращаются валы 3, к верхним концам которых приварены рычаги. На этих рычагах установлены изоляторы 4. Рычаги выполнены и связаны между собою так, что вращение изоляторов происходит в противоположные стороны. На головках изоляторов жестко закреплены полуножи 5 и шарниры—контактные выводы 6, связанные с полуножами гибкими проводниками, выполненными из ленточной меди.

При вращении колонок изоляторов полуножи поворачиваются в одну сторону по отношению к плоскости, проходящей через оси изоляторов. Включение отделителя происходит, когда один из полуножей своим концом входит в пальцевые контакты 7, укрепленные на конце второго ножа.

Отключение отделителей осуществляется пружинами.

У отделителя 35 кв имеются две пружины, укрепленные на каждом выступающем конце чугунного основания под поворотным рычагом. Один из концов пружины закреплен на чугунном основании, а другой—на поворотном рычаге. Эти пружины работают на всем ходе отделителя при его отключении. Кроме того, имеется еще одна пружина, которая установлена на соединительной тяге и работает только при вхождении одного полуножа в контакт другого.

Отделители 110 и 220 кв имеют две пружины, которые установлены на тяге, соединяющей обе поворотные колонки отделителя. Пружины установлены так, что одна из них работает на всем ходе отделителя, а другая—только при вхождении одного полуножа в другой.

Отделители 35 и 110 кв имеют на соединительной тяге специальный резиновый буфер, установленный со стороны отключающих пружин. Буфер работает только в момент остановки подвижных частей отделителя и служит для смягчения удара в конце хода отключения.

Отделитель 220 кв имеет, в дополнение к резиновому, еще и пневматический буфер, устанавливаемый также на соединительной тяге. Пневматический буфер служит для гашения энергии подвижных частей отделителя при отключении.

Отключение отделителя производится автоматически, дистанционно или вручную путем воздействия на сердечник отключающего электромагнита.

Включение же осуществляется только вручную путем вращаения съемной рукоятки по часовой стрелке.

Таблица 2

Технические данные отделителей

Тип отделителя	Номиналь- ное напря- жение, <i>кв</i>	Номинальный ток, <i>а</i>	Предельный сквоз- ной ток короткого замыкания, <i>ка</i>		Десятисе- кундный ток терми- ческой устойчиво- сти, <i>ка</i>	Полное время от- ключения, <i>сек</i>
			Ампли- туда	Действу- ющее зна- чение		
ОД-35/600	35	600	80	31	12.	0,5
ОД-110/600	110	600	80	31	12	0,7
ОД-220/600	220	600	80	31	13	До 1
ОД-220/1 000	220	1 000	80	31	15	До 1

Съемная рукоятка надевается на квадратный конец вала при открытой двери шкафа привода.

Необходимо отметить, что, кроме основного назначения — отключать (или включать) цепь в бестоковую паузу, отделители могут быть использованы для отключения тока холостого хода линий и трансформаторов.

Однако возможности отделителей в этом отношении ограничены, поскольку они не имеют дугогасительных устройств, а также поскольку имеется возможность переброса дуги с одной фазы на другую.

Для повышения отключающей способности отделителей нужно увеличивать расстояние между их полюсами. Причем даже незначительное увеличение расстояний между полюсами приводит к ощутимому возрастанию отключаемого тока (табл. 3).

Отключающая способность отделителей может быть повышена применением дутьевых приставок, разработанных ВНИИЭ.

Дутьевые приставки служат для создания организованного воздушного дутья в зоне образования дуги и состоят из следующих элементов (рис. 14):

резервуар сжатого воздуха (для отделителей 35 и 110 *кв* — один, а 220 *кв* — три), объем резервуара к ОД-110 90 л, ОД-35 и ОД-220 — 45 л;

пусковой клапан с пусковым устройством (по числу резервуаров);

дутьевой клапан дифференциального типа (по числу резервуаров);

стальные дутьевые трубы диаметром 1" (по одной на фазу), оканчивающиеся насадками в виде сопл Лавая с диаметром суженной части 7 мм для отделителей до 110 *кв*, и 14 мм для отделителей 220 *кв*;

Способность отделителя отключать ток холостого хода трансформаторов и воздушных линий (ПТЭ § 1072)

Наименование показателя	Номинальное напряжение, кв				
	35		110		
Расстояние между полюсами, м . . .	1,6	2	2,5	3	3,5
Максимальная мощность отключаемого трансформатора, Мва	1,6	16	6,3	32	63
Максимальная длина отключаемой линии, км	20	69	8	23	28

небольшой компрессор, обеспечивающий давление 20 ат, или стандартный баллон емкостью 40 л на давление 150 ат для питания приставок сжатым воздухом.

Расстояние от оси потока до вертикальной плоскости, проходящей через оси изоляторов полюса, приняты равными: 252 мм при 35 кв; 300 мм при 110 кв; 850 мм — при 220 кв.

Насадки дутьевых приставок укрепляются таким образом, чтобы ось воздушного потока была перпендикулярна плоскости движения полуножей.

Рабочее давление принимается равным 6 ат при напряжениях 35 и 110 кв и 16 ат при напряжении 220 кв.

Результаты испытаний отделителей с дутьевыми приставками, проведенные в ряде энергосистем, позволили сделать вывод, что отделители могут отключать: ток холостого хода трансформаторов любой мощности без ограничений;

зарядный ток линий длиной до 250 км при напряжениях 110—220 кв и неограниченной длины при напряжении 35 кв;

уравнительный ток до 180 а при отключении одного из параллельно работающих трансформаторов или линий, а также при одностороннем размыкании кольцевой сети — независимо от напряжения;

нагрузки до 4,5 Мва на напряжении 35 кв и до 7—10 Мва на напряжении 110 кв.

Дутьевые приставки прошли испытания в ряде энергосистем, и, кроме того, они находились в опытной эксплуатации в течение нескольких лет. На основании результатов испытаний и опытной эксплуатации можно сделать вывод о том, что дутьевые приставки являются

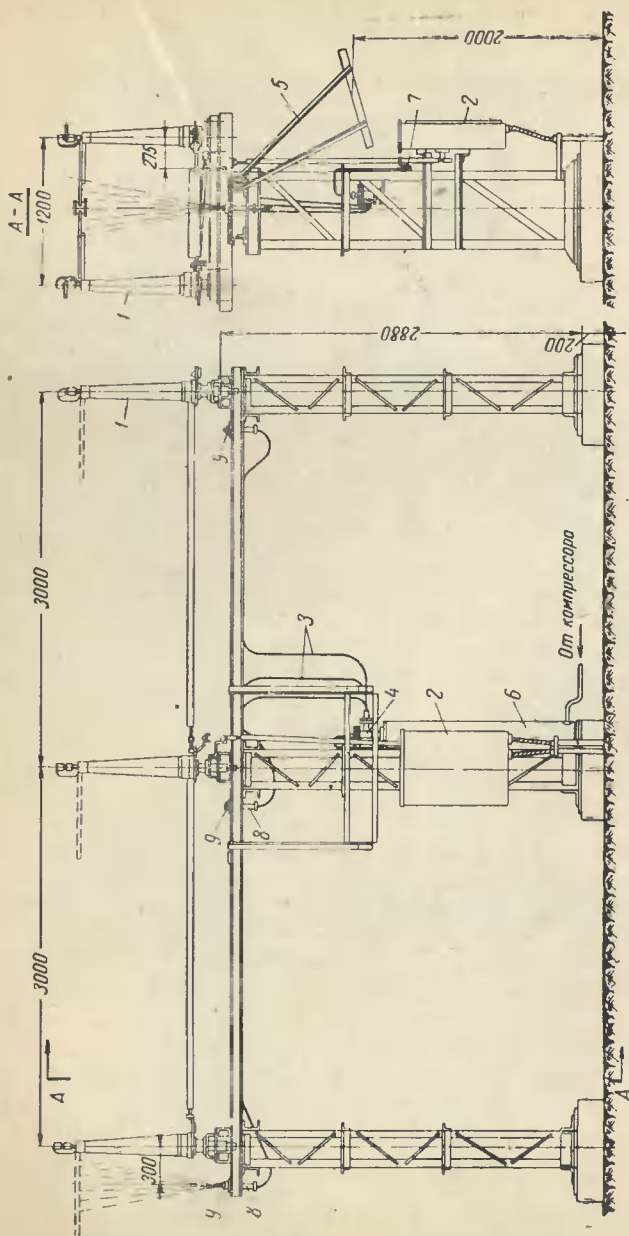


Рис. 14. Дутьевая приставка к отделителю.

1 — трехполусный отделитель; 2 — привод; 3 — труба; 4 — дутьевой клапан; 5 — защитный козырек; 6 — резервуар сжатого воздуха; 7 — пусковой клапан; 8 — дутьевая труба; 9 — сопло.

надежными и дешевыми устройствами, которые должны получить широкое распространение.

Приводы короткозамыкателей и отделителей

Приводы ШПК и ШПО (П — привод, Ш — в шкафу, К — короткозамыкателя, О — отделителя) являются упрощенными вариантами грузового привода ПГ-10.

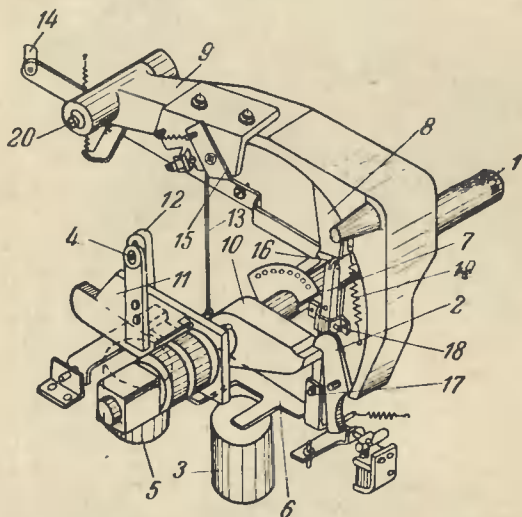


Рис. 15. Привод к отделителю.

Кинематическая схема обоих приводов одинакова, разница состоит лишь в количестве встроенных электромагнитов (в ШПК — два, а в ШПО — три).

Привод ШПК служит для автоматического *включения* короткозамыкателя, а ШПО — для автоматического *отключения* отделителя. Поэтому достаточно рассмотреть любой из приводов, например, привод ШПО.

На валу привода 1 жестко укреплен рычаг 10, а на переднем конце вала свободно вращается заводящий рычаг 11, имеющий зашелку 12.

Для включения на переднюю часть заводящего рычага, имеющего квадратный выступ, надевают съемную рукоятку. Рукоятка отворачивается сначала против часовой стрелки до отказа. При этом зашелка 12 захватывает рычаг 10, находящийся в этот момент в крайнем левом положении. Затем рукоятку вращают по часовой

стрелке. Защелка 12 тянет за собой рычаг 10, а поскольку рычаг 10 жестко связан с валом привода 1, то при повороте рычага поворачивается и вал. В конце хода рычаг 10 запирается защелкой 2. Привод оказывается взведенным и удерживается в положении «включено». Одновременно с этим рычаг 11 своим роликом 4 воздействует на планку 15 серповидного рычага 9 и поднимает его. При этом левый конец планки 15 тягой 14 переключает блок-контакты отделителя, а сам серповидный рычаг 9 остается в поднятом состоянии, так как под его зуб 8 подходит ролик 16, который укреплен на удерживающей стойке 7, поворачивающейся на своей оси 18. Стойка под действием пружины занимает нужное положение и удерживает рычаг 9 от падения.

Отключение отделителя осуществляется следующим образом. Получив определенный импульс, срабатывают отключающие электромагниты 3 или 5. Своими сердечниками они поднимают лапки отключающей планки 6, которая поворачивается и винтом 17 ударяет по удерживающей стойке 7. Удерживающая стойка отклоняется от вертикального положения. При этом ролик 16 выкатывается из-под зуба 8 серповидного рычага 9. Освободившись, серповидный рычаг под действием собственного веса и пружины 19 поворачивается вокруг оси 20 и, падая, правым концом ударяет по нижней части защелки 2. Защелка отклоняется вправо и освобождает рычаг 10, а следовательно, и вал привода.

Встроенные в приводы ШПО и ШПК электромагниты имеют те же конструктивные и электромеханические характеристики, что и аналогичные электромагниты привода ПГ-10.

Реле БРО устроено следующим образом (рис. 16). Обмотка 17, расположенная на полем каркасе 18, подключается к трансформатору тока, установленному в цепи короткозамыкателя. Кроме того, реле имеет отключающую пружину 1 и систему рычагов 2, 3, 4, 13. Указанная система рычагов и отключающая пружина помещены внутри специальной оправы.

При включении привода отделителя отключающая пружина сжимается рычагом, укрепленным на валу привода. По окончании операции включения отключающая пружина запирается во взведенном положении системой рычагов 2, 3, 4, 13. Для освобождения этой пружины надо, чтобы рычаг 13 повернулся против часо-

вой стрелки. Этому препятствует возвратная пружина 15, натяжение которой регулируется винтом 16.

Внутри каркаса обмотки реле расположены: сердечник 5, пружина 6 и стопор 7, укрепленный в обойме 8,

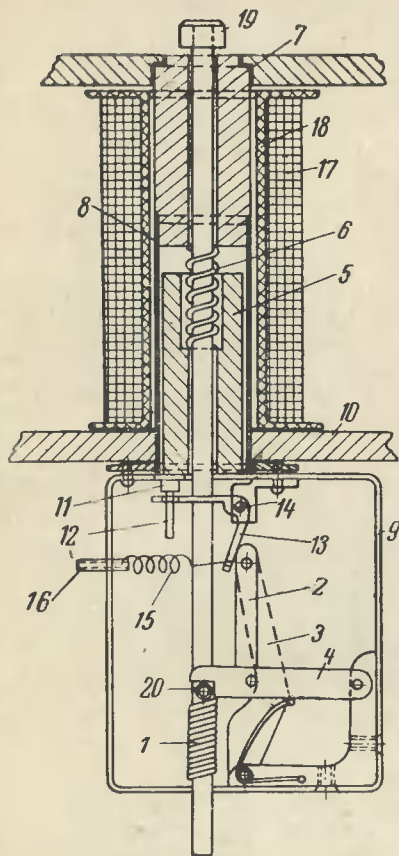


Рис. 16. Реле БРО.

которая в свою очередь прикреплена к оправе 9. Оправа крепится к полке привода 10. В своей нижней части сердечник 5 имеет специальный палец 11—12, который входит в отверстие в рычаге 13. При повреждении трансформатора его защита срабатывает и включает короткозамыкатель, по которому потечет ток искусственного короткого замыкания. Вторичный ток трансформатора тока, установленного в цепи короткозамыкателя, попадает при этом в реле БРО. Под действием этого тока сердечник реле втянется и сожмет пружину 6, упирающуюся в стопор 7. После срабатывания защиты на головном выключателе и отключения короткого замыкания ток в обмотке реле БРО прекратится. Сердечник 5 под действием пружины 6, а также собственного веса ударит по рычагу 13, вращающемуся на оси 14, своим пальцем 11—12, преодолевая сопротивление пружины 15. Поворачиваясь против часовой стрелки, рычаг 13 надавит на систему рычагов 2, 3 и 4, которые при своем перемещении освободят ролик 20. Не встречая более сопротивления, пружина 1 выбросит боек 19 вверх. Боек ударит по лапке отключающей планки, привод отделителя сработает, и отделитель будет отключен.

Требования к короткозамыкателям и отделителям. В связи с тем что короткозамыкатели и отделители находят все более широкое применение, выдвигаются определенные требования, предъявляемые к этим аппаратам.

Одним из важнейших требований является быстроедействие. Быстроедействие короткозамыкателя должно быть обеспечено для того, чтобы по возможности ограничить степень повреждения трансформатора. Ведь увеличение длительности протекания тока короткого замыкания через трансформатор может привести к тому, что вместо повреждения нескольких смежных витков обмотка и магнитопровод будут повреждены настолько, что ремонт трансформатора окажется либо совсем невозможным, либо возможным лишь на заводе. Быстроедействие короткозамыкателя бывает важно и с точки зрения обеспечения устойчивости, особенно при длинных, сильно нагруженных линиях.

Быстроедействие необходимо не только для короткозамыкателей, но и для отделителей. Это объясняется тем, что время ликвидации аварии (по существу, это время цикла АПВ) должно быть минимальным, а поскольку отделитель отключается в бестоковую паузу цикла АПВ, то, чем меньше время действия отделителя, тем меньшую паузу можно иметь.

При наличии медленнодействующих короткозамыкателей и отделителей нужно затягивать время АПВ или применять двукратные АПВ с тем, чтобы отделитель отключался в бестоковую паузу второго цикла АПВ.

Помимо требований к времени действия короткозамыкателей и отделителей, должны быть предъявлены дополнительные требования к коммутационной способности отделителей. Они должны иметь возможность

Таблица 4

Наименование показателя	Номинальное напряжение, кВ			
	35	110	154	220
Время включения короткозамыкателя, сек	0,1	0,1	0,1	0,1
Время отключения отделителя, сек	0,1	0,1	0,1	0,2
Ток, отключаемый отделителем, А	40	30	30	30

отключать ток холостого хода трансформаторов и линий, а также, в случае необходимости, и небольшую нагрузку.

Помимо требований к самим короткозамыкателям и отделителям, должны быть предъявлены дополнительные требования и к их приводам. Чтобы обеспечить большую гибкость упрощенных схем, необходимо иметь приводы отделителей двустороннего действия. Должна быть рассмотрена возможность применения пневматических, гидравлических и других приводов.

Все вышеприведенные требования сведены в табл. 4.

В настоящее время разрабатываются короткозамыкатели и отделители с параметрами, близкими к тем, которые приведены в табл. 4.

У новой серии короткозамыкателей и отделителей будут закрытые дугогасительные камеры, заполненные шестифтористой серой. Этот газ, получивший название «элегаза», имеет электрическую прочность, превышающую электрическую прочность воздуха более чем в 2 раза. Такие аппараты будут иметь, помимо улучшения всех параметров, большую надежность, поскольку все подвижные части и контактные соединения пахоятся в герметизированном фарфоровом корпусе и не будут подвержены влиянию внешних климатических условий.

Плавкие предохранители

На стороне высшего напряжения подстанций без выключателей применяются плавкие предохранители стреляющего типа серии ПСН (рис. 17).

Плавкий предохранитель (рис. 17,а) имеет корпус 1, изготовленный из винипласта и имеющий форму трубки. С одной стороны корпус закрыт металлической головкой 5, внутри которой находится плавкая вставка 3. Одним концом плавкая вставка соединена с металлической головкой, а другим концом — с гибкой связью 2. Гибкая связь заканчивается металлическим наконечником 4, который выступает из открытого конца корпуса предохранителя.

Плавкий предохранитель устанавливается в вертикальной плоскости открытым концом вниз (рис. 17,б). Металлическая головка зажимается в держателе 6 на верхнем изоляторе 7. На нижнем изоляторе 8 укреплена ось 9, вокруг которой вращается контактный нож 10,

стремящийся под действием специальной пружины занять положение $10'$. При помощи специального выреза контактный нож охватывает металлический наконечник.

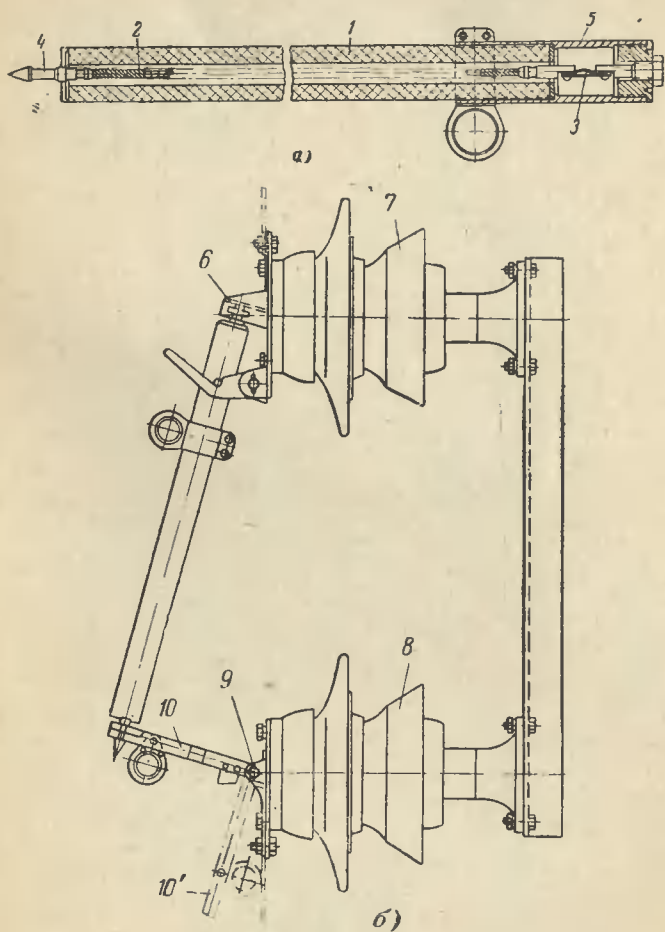


Рис. 17. Предохранитель ПСН-35.
а — разрез; б — установка предохранителя.

Таким образом, в нормальном положении плавкая вставка всегда находится в напряженном состоянии.

При перегорании плавкой вставки пружина контактного ножа, не встречая более сопротивления, начинает поворачивать нож, и вслед за этим гибкая связь вытя-

гивается из патрона. При этом дуга, возникшая в результате перегорания плавкой вставки, растягивается и втягивается внутрь патрона. А поскольку патрон выполнен из газогенерирующего материала, происходит обильное выделение газов, давление внутри патрона быстро повышается (до 100—120 ат) и образуется про-

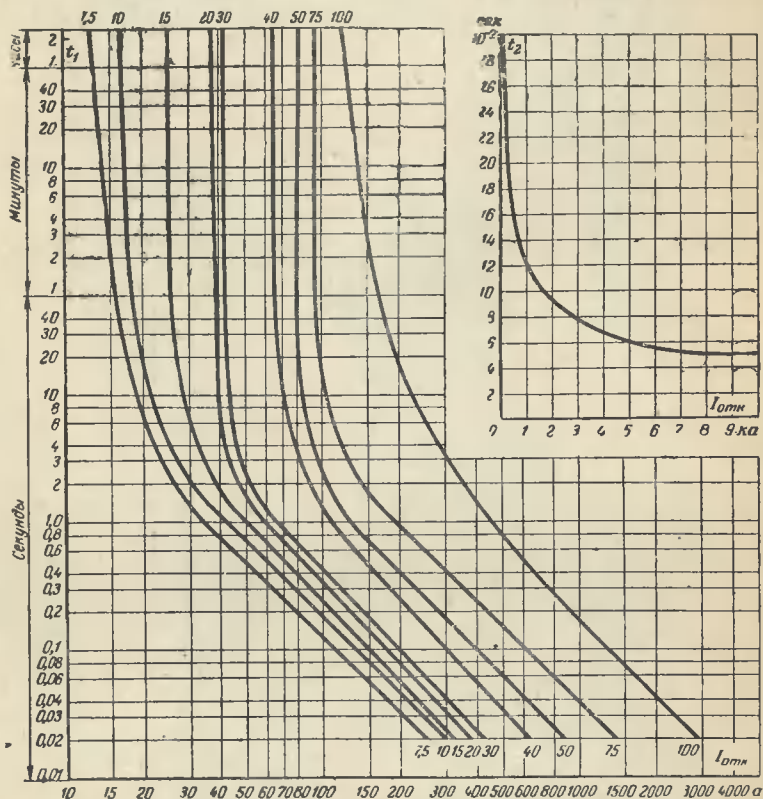


Рис. 18. Время-токовые характеристики предохранителей серии ПСН.

t_1 — длительность расплавления вставки; t_2 — длительность гашения дуги.
 $t = t_1 + t_2$.

дольное дутье. Дуга быстро деионизируется и гаснет. Причем, чем больший ток отключается предохранителем, тем меньше время гашения дуги. Время-токовые характеристики предохранителей приведены на рис. 18.

При работе предохранителя, сопровождающейся «выстрелом», происходит выброс гибкой связи, паров

металла, пламени и газов, содержащих хлор, на значительное расстояние. Поэтому такие предохранители применяются только для наружной установки. Они должны устанавливаться на высоте не ниже 2 м от земли до нижнего края трубки для предохранителей 35 кв и не ниже 4—5 м — для предохранителей 110 кв.

Расположение предохранителя должно быть таким, чтобы при его работе гибкая связь и пламя не вызывали перекрытия изоляции других элементов подстанции. Во избежание несчастных случаев зона выхлопа, находящаяся под предохранителем, должна быть ограждена.

Открытые плавкие вставки

Подстанции с открытыми плавкими вставками, впервые разработанные и внедренные в системе Челябинэнерго, очень просты. В настоящее время разработаны проекты, на основании которых подстанции с открытыми плавкими вставками могут быть выполнены на заводе в виде комплектных трансформаторных подстанций.

Вследствие своей простоты открытые плавкие вставки могут быть изготовлены собственными силами эксплуатационных и монтажных организаций.

В качестве несущих конструкций могут быть использованы стандартные металлические или железобетонные конструкции под разъединитель.

На рис. 19 приведены эскизы установки плавких вставок при напряжении 35 и 110 кв, которые конструктивно отличаются друг от друга, поскольку сети 35 кв имеют малые токи замыкания на землю, а сети 110 кв — большие.

Установка открытых плавких вставок 35 кв выполняется следующим образом.

Держатели плавких вставок 2 укреплены на опорных изоляторах 1. В двух фазах (крайней и средней) вставки имеют одинаковую длину 1200 мм и располагаются параллельно в горизонтальной плоскости. Вставка третьей фазы выполнена по-другому. Расстояние между держателями уменьшено до 600 мм. Сама вставка имеет форму V-образной петли и располагается над вставками двух других фаз на высоте 600 мм. Середина V-образной плавкой вставки укрепляется на изоляторе 1. Часть этой вставки, находящаяся над двумя другими,

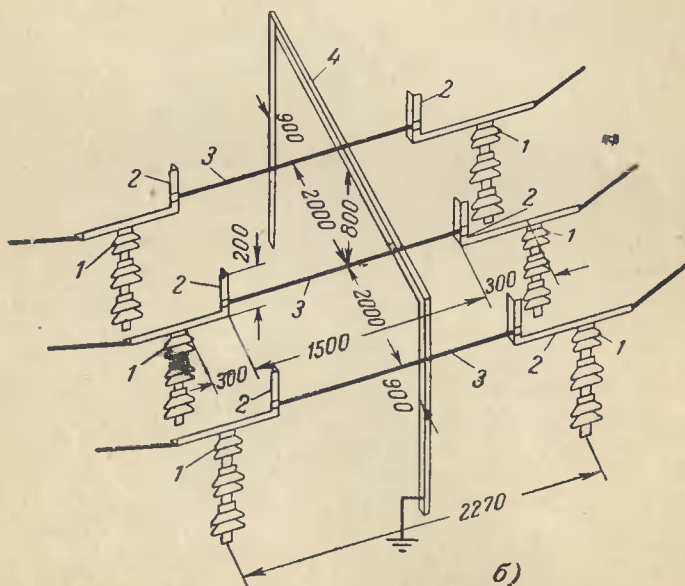
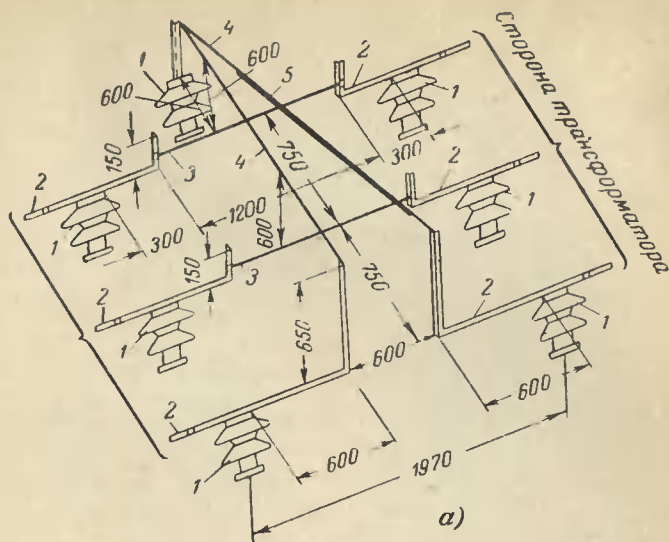


Рис. 19. Эскизы установки открытых плавких вставок.
а — в сети 35 кВ; б — в сети 110 кВ.

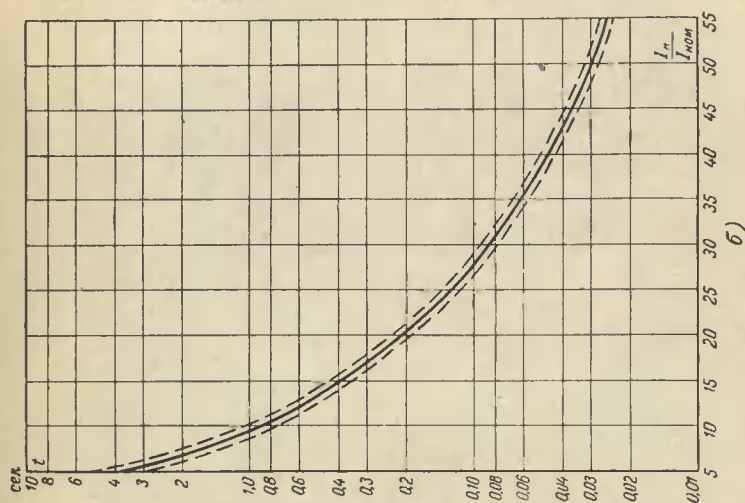
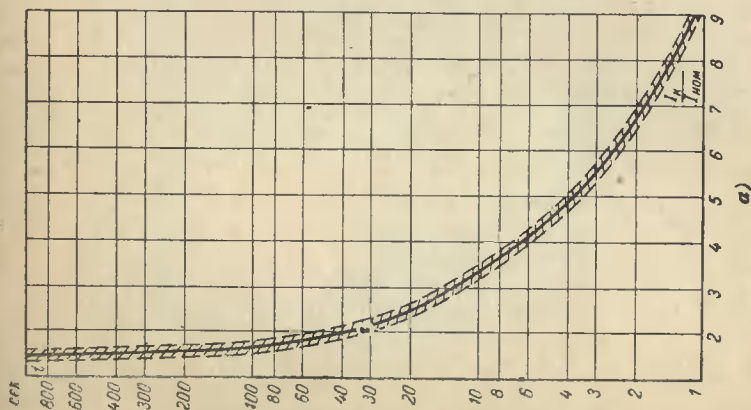


Рис. 20. Время-токовые характеристики откритых плавких вставок.
 а — при малых кратностях тока; б — при больших кратностях тока.

имеет сечение, в 5—7 раз большее требуемого по защитным характеристикам. Эта утолщенная часть вставки может быть выполнена в виде оцинкованного прутка.

Сгорание любой из нижних вставок обязательно приводит к короткому замыканию через дугу с третьей вставкой. Если сгорит третья вставка, то ее утолщенная часть упадет на нижние вставки, что также приведет к короткому замыканию.

Конструктивное выполнение плавких вставок 110 кВ несколько проще, поскольку сети 110 кВ характеризуются большими токами замыкания на землю. Здесь достаточно вызвать однофазное замыкание, чтобы установка была отключена головным выключателем.

При 110 кВ вставки всех трех фаз выполнены одинаково и имеют рабочую длину 1500 мм. Сбоку от плавких вставок установлены заземленные стойки, а на них укреплена перекладина. Стойки и перекладина выполнены из уголкового или швеллерной стали. Таким образом, оказывается, что плавкие вставки проходят внутри заземленных ворот. Перегорание любой из вставок приводит к замыканию, по крайней мере, одной из фаз через дугу на землю.

С одной из стоек перекладина соединена шарнирно, а на другой она удерживается при помощи защелки. Если трансформатор по каким-либо причинам должен быть срочно отключен, то защелка освобождается дистанционно или вручную, а перекладина падает на вставки, вызывая искусственное короткое замыкание.

В качестве плавких вставок обычно используется алюминиевая проволока, предварительно откалиброванная при помощи стальных фильер.

Сечение проволоки определяется по формуле

$$S = 0,052 I_{\text{ном}},$$

где $I_{\text{ном}}$ — ток, а;

S — сечение вставок, мм².

Зависимость времени плавления вставки от кратности тока приведена на рис. 20.

4. КОНСТРУКЦИИ И КОМПОНОВКИ ПОДСТАНЦИИ

Подстанции без выключателей имеют самые разные конструктивные решения. В последнее время все больший упор делается на комплектные трансформаторные

подстанции (КТП). Это объясняется рядом преимуществ, которыми обладают КТП. Основные из них следующие:

1. Заводы — изготовители КТП имеют в большинстве случаев более высокую культуру производства, чем монтажные организации, работающие зачастую в полевых условиях. Это в конечном итоге приводит к тому, что КТП имеют более высокую надежность в работе.

2. Изготовление КТП на заводе в условиях хорошо налаженной технологии позволяет получить все конструкции минимального веса и размеров и сократить расход материалов.

3. При заводском изготовлении осуществляется максимальная унификация и стандартизация монтажных узлов, обеспечивающая сокращение сроков проведения монтажных и ремонтных работ.

4. На заводах проводится работа по обеспечению поставки возможно более крупными узлами и блоками, что, помимо сокращения сроков монтажа, приводит к исключению комплектования аппаратуры на месте монтажа россыпью.

Ниже рассматривается ряд конструкций и компоновок КТП с высшим напряжением 35 и 110 кВ.

Комплектные трансформаторные подстанции 35 кВ и выше изготавливаются в виде одно- и двухтрансформаторных подстанций. КТП включает в себя: линейный портал, силовой трансформатор, аппаратуру стороны высшего напряжения, распределительное устройство низшего напряжения (обычно это КРУН — комплектное распределительное устройство наружной установки), а также внешнюю и внутреннюю ограды. Следует отметить, что в комплект поставки завода-изготовителя обычно не входят: силовой трансформатор, который доставляется прямо с трансформаторного завода, и строительные конструкции нулевого цикла (фундаменты, кабельные лотки и т. п.).

На рис. 21 приведены план и разрез по однострансформаторной подстанции 35/6—10 кВ с предохранителями типа ПСН-35 (схема на рис. 2,а). Такие подстанции выпускаются с трансформаторами 5 мощностью от 630 до 4 000 кВА.

КТП имеет металлический портал 1, на котором установлены: разъединители типа РЛНД-35 — 2, предохранители ПСН-35 — 3, а также разрядники РВС-35 и

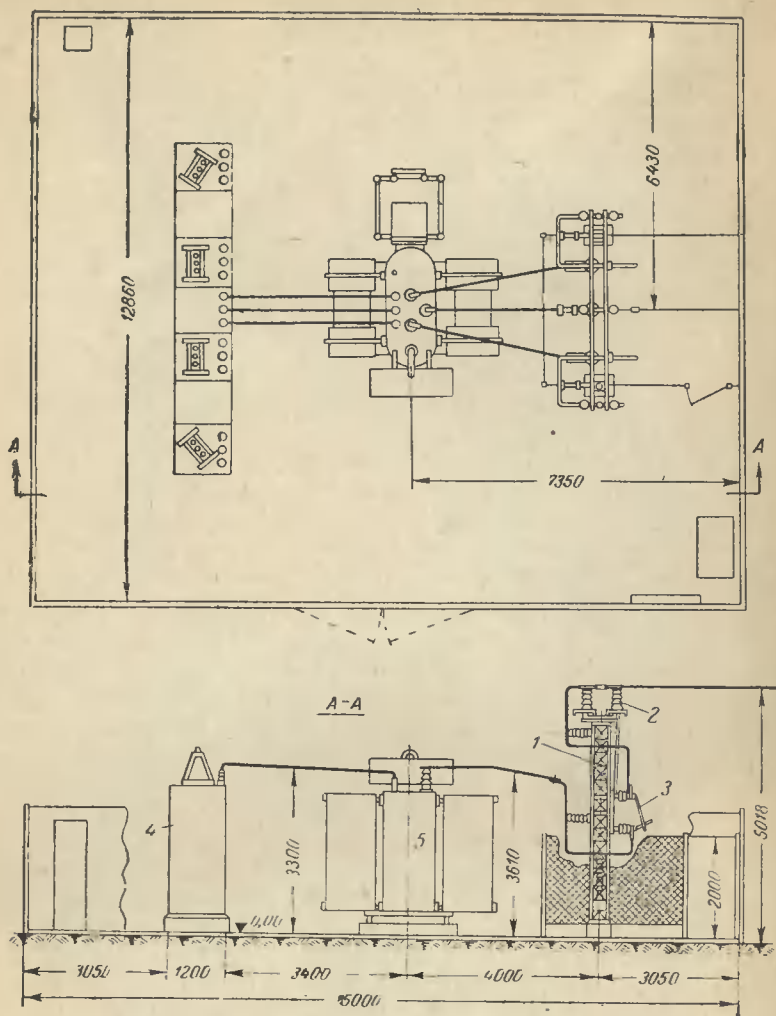


Рис. 21. Однотрансформаторная КТП 35/6-10 кВ с предохранителем (Мытищинский электромеханический завод).

опорные изоляторы. На стороне 6—10 кВ предусмотрены КРУН—4, в которых смонтирована вся аппаратура 6—10 кВ, а также устройства релейной защиты, автоматики, управления, сигнализации, собственных нужд и тому подобное.

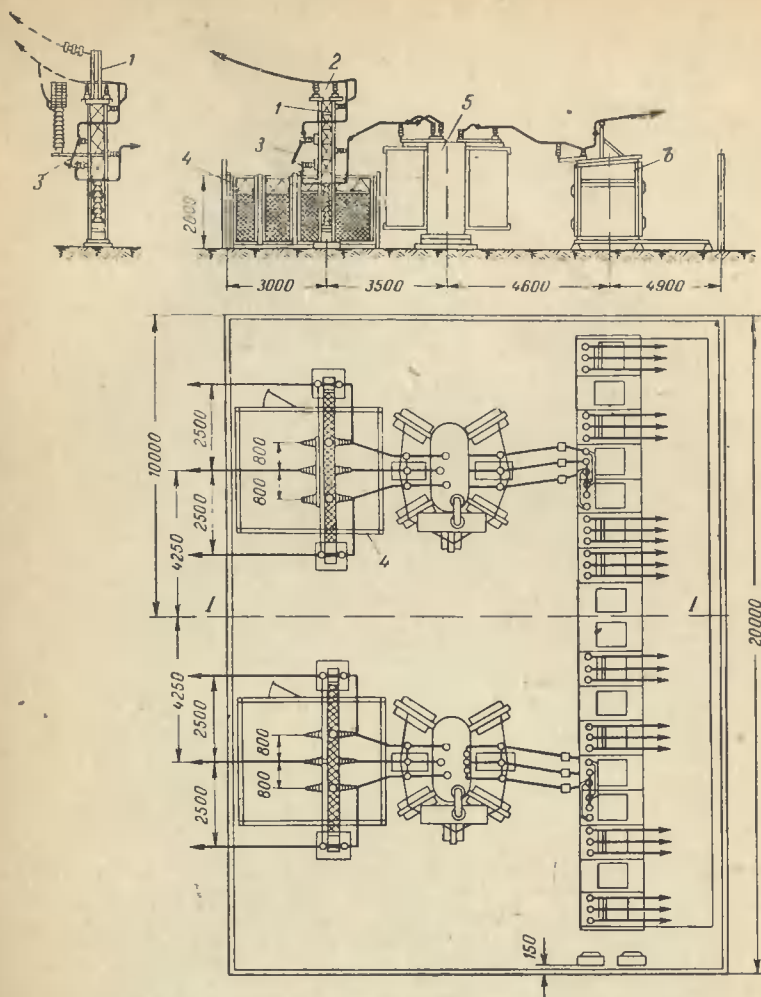
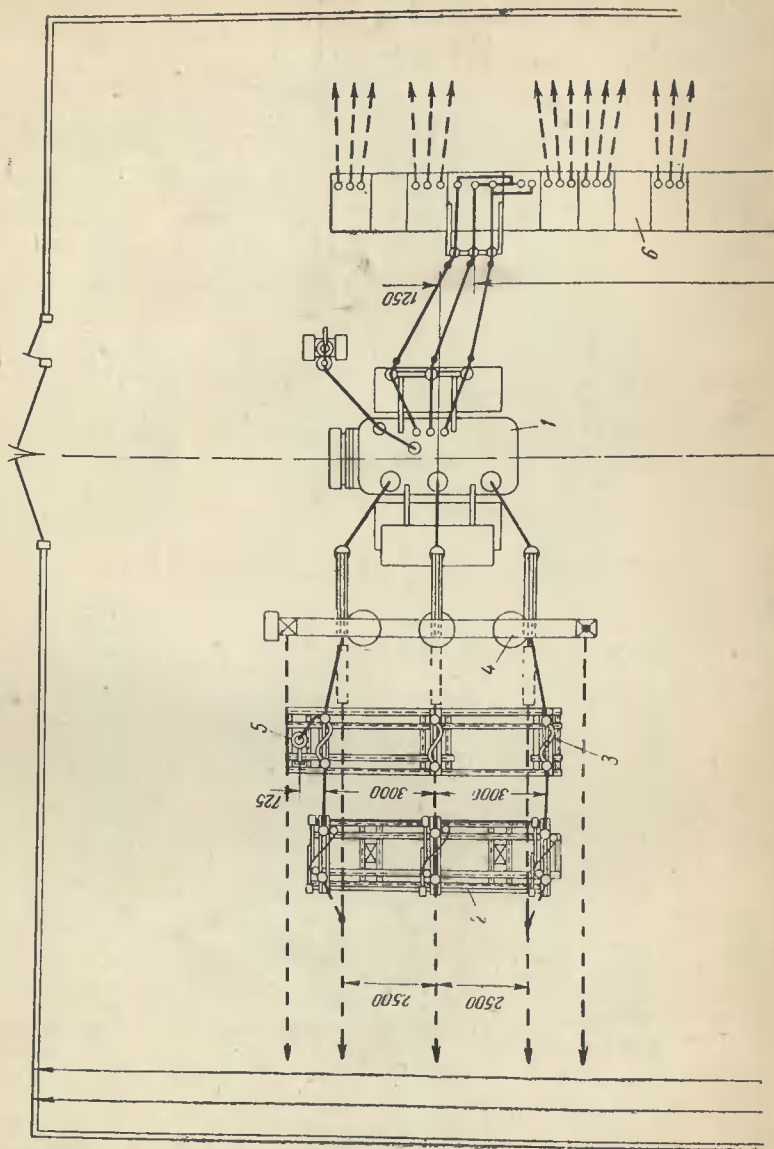


Рис. 22. Двухтрансформаторная КТП 35/6-10 кВ с предохранителями (конструкция московского завода «Электросит»).

1 — линейный портал; 2 — разъединитель; 3 — предохранитель; 4 — ограждение зоны выхлопа предохранителя; 5 — силовой трансформатор; 6 — КРУН.

Зона выхлопа стреляющих предохранителей в целях безопасности отгорожена от остальной части подстанции. Это ограждение имеет калитку, которая заблокирована с приводом линейного разъединителя, чтобы вход внутрь



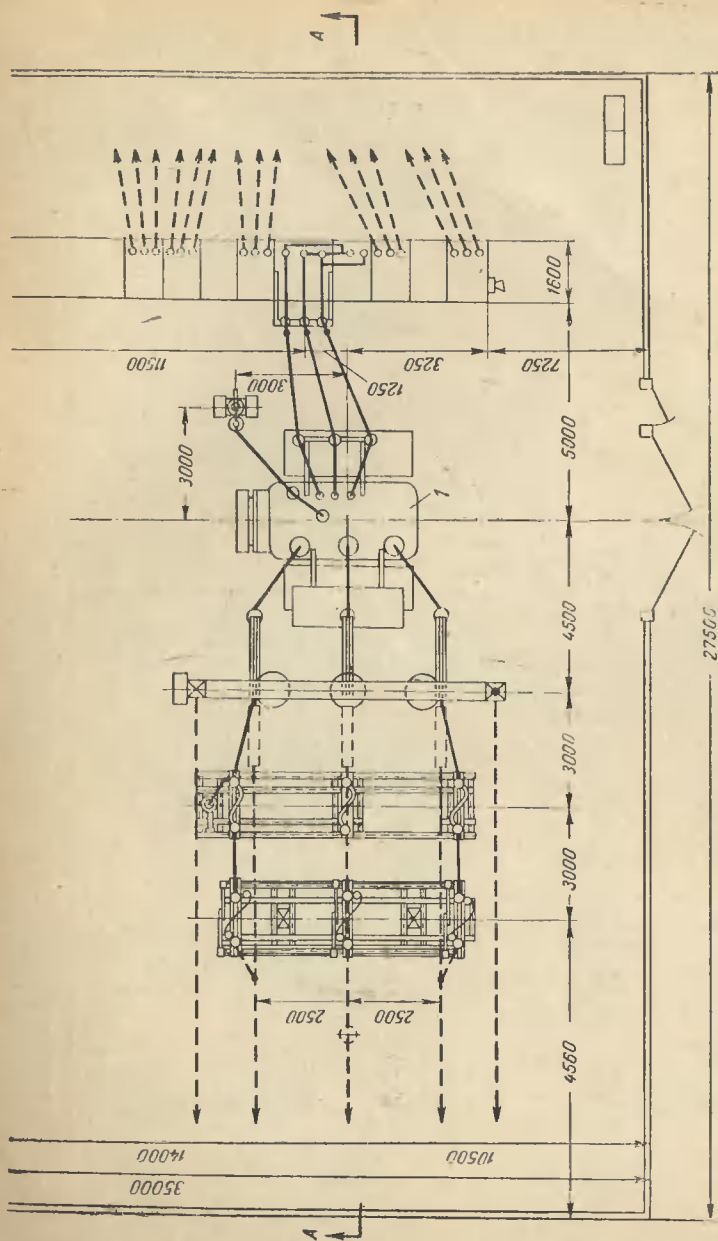


Рис. 23. Двухтрансформаторная КТП 110/6-10 кв с короткозамыкателями и отделителями (московский завод «Электроштит»).

1 — силовой трансформатор; 2 — разъединитель; 3 — отделитель; 4 — линейный портал с разрядником; 5 — короткозамыкатель; 6 — КРУН (продолжение рисунка на стр. 54).

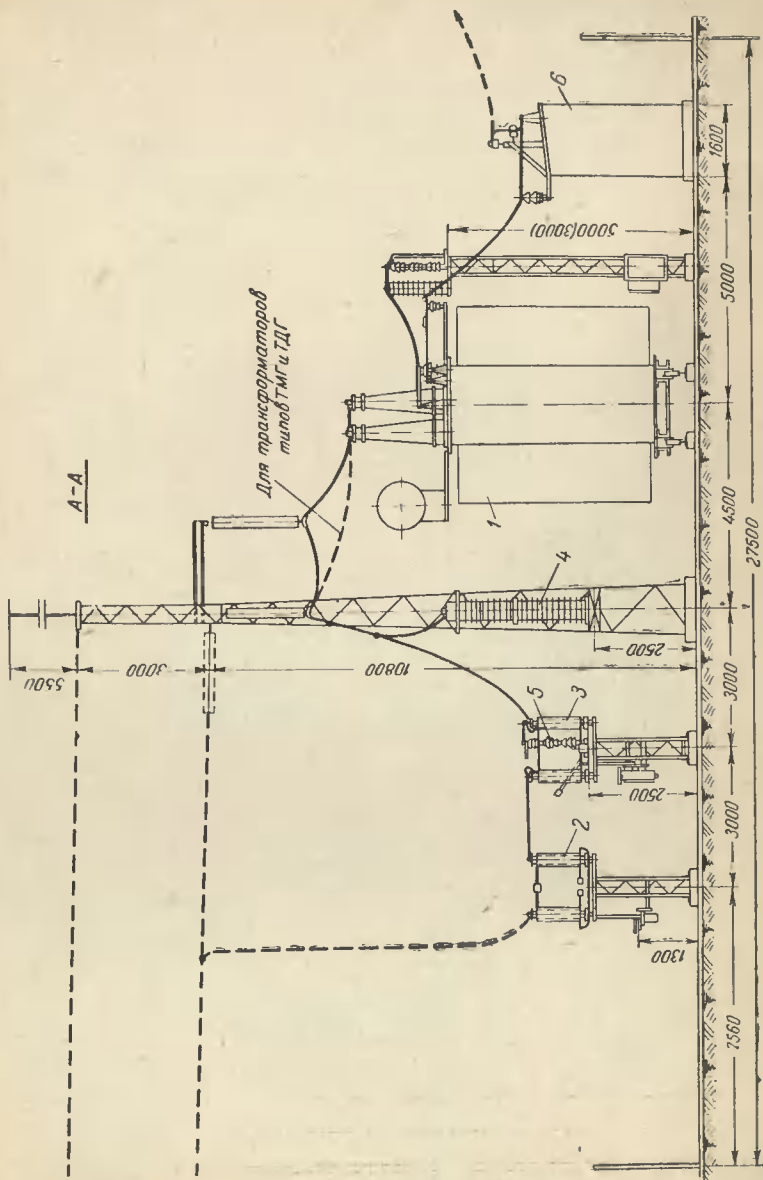


Рис. 23. (продолжение).

этого ограждения мог быть осуществлен лишь при условии, что линейный разъединитель отключен, а его заземляющий нож со стороны подстанции включен.

Приведенная на рис. 22 двухтрансформаторная подстанция 35/6—10 кВ с предохранителями (схема на рис. 2,б) также выпускается с трансформаторами мощностью 630—4000 кВА. На линейных порталах 1 смонтированы линейные разъединители 2, предохранители 3, разрядники и опорные изоляторы. При необходимости на кронштейне линейного портала может быть установлен конденсатор высокочастотной связи и высокочастотный заградитель.

Зона выхлопа стреляющих предохранителей имеет внутреннее ограждение 4.

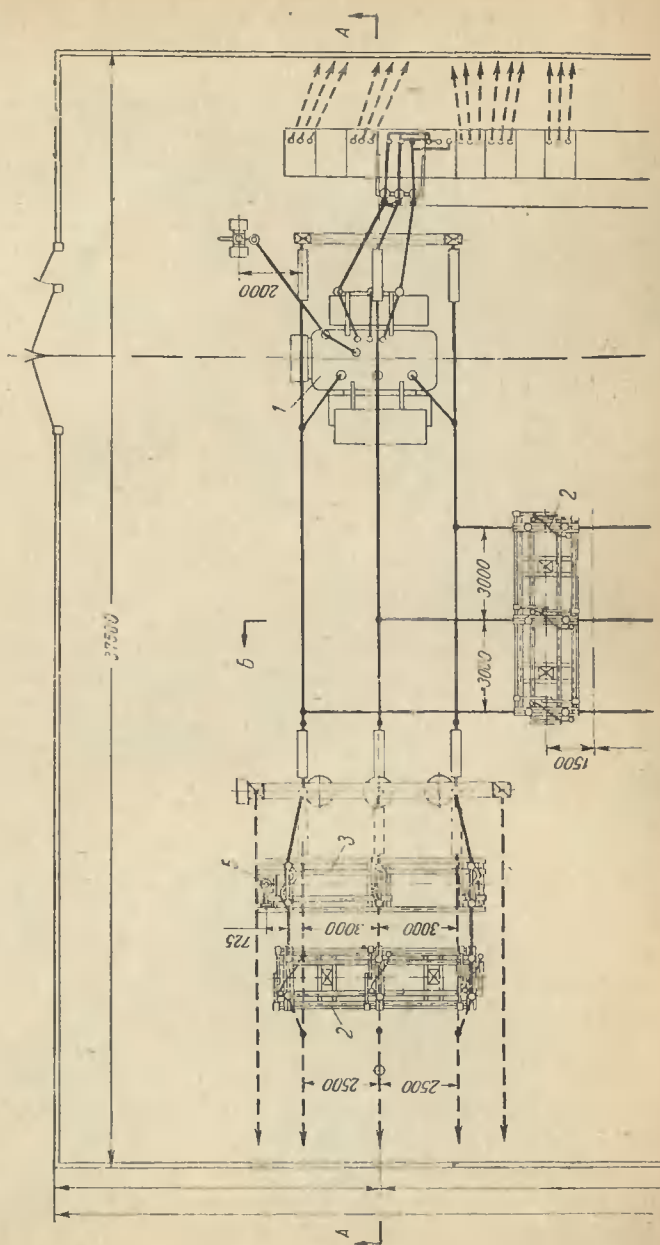
Эта же подстанция может быть и однострансформаторной. Только при этом по оси I—I устанавливается внешняя ограда, исключается из поставки шкаф 6 КРУН 6—10 кВ, при помощи которого осуществляется секционная связь, а также несколько изменяются размеры по фронту подстанции.

Подстанции с короткозамыкателями и отделителями имеют больше аппаратуры на стороне высшего напряжения, поэтому конструкция этих подстанций отличается от конструкции подстанций с предохранителями.

На рис. 23 и 24 приведены планы и разрезы по комплектным трансформаторным подстанциям 110/6—10 кВ с короткозамыкателями и отделителями (схемы на рис. 6). Эти КТП выпускаются с трансформаторами мощностью от 6300 до 16000 кВА. Такие КТП представляют собой серию, состоящую из одной однострансформаторной подстанции и двух двухтрансформаторных подстанций, из которых одна выполняется с перемычкой, а другая — без перемычки на стороне высшего напряжения. Перемычка неавтоматизированная, из двух разъединителей типа РЛНД-110. На стороне 6—10 кВ в КТП предусмотрена установка КРУН.

В комплектную поставку КТП входят линейные порталы, монтажные узлы установки высоковольтной аппаратуры (короткозамыкателей, отделителей и разъединителей) и шкафы КРУН.

Линейный портал, представляющий двухстоечную металлоконструкцию с двумя траверсами, служит не только для подвески гирлянд изоляторов. Для подвески используется лишь верхняя траверса. На нижней тра-



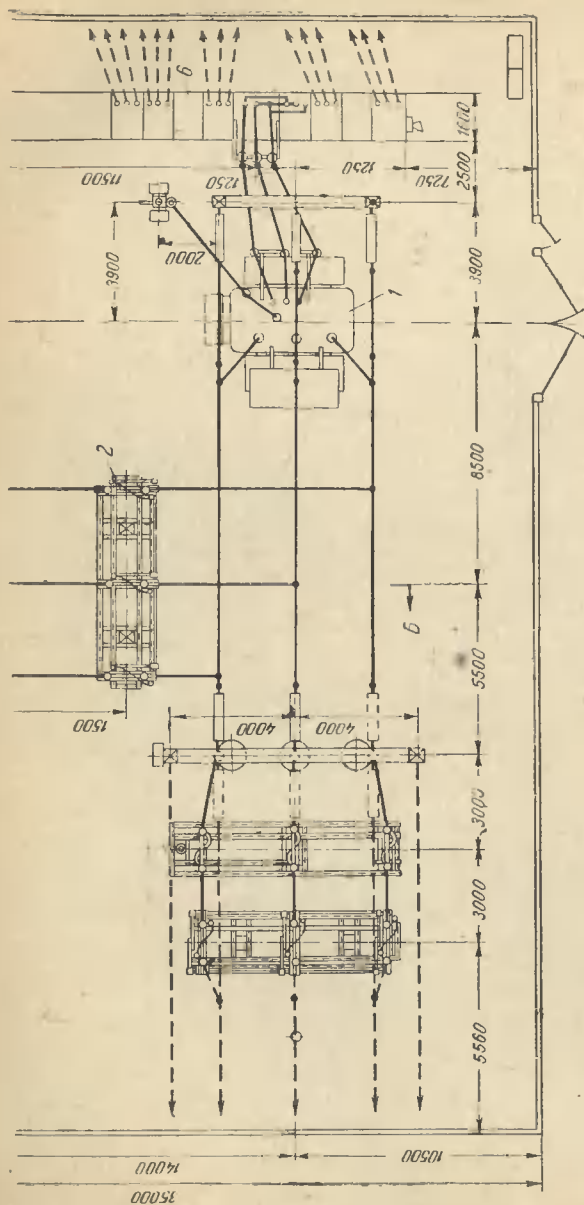


Рис. 24.

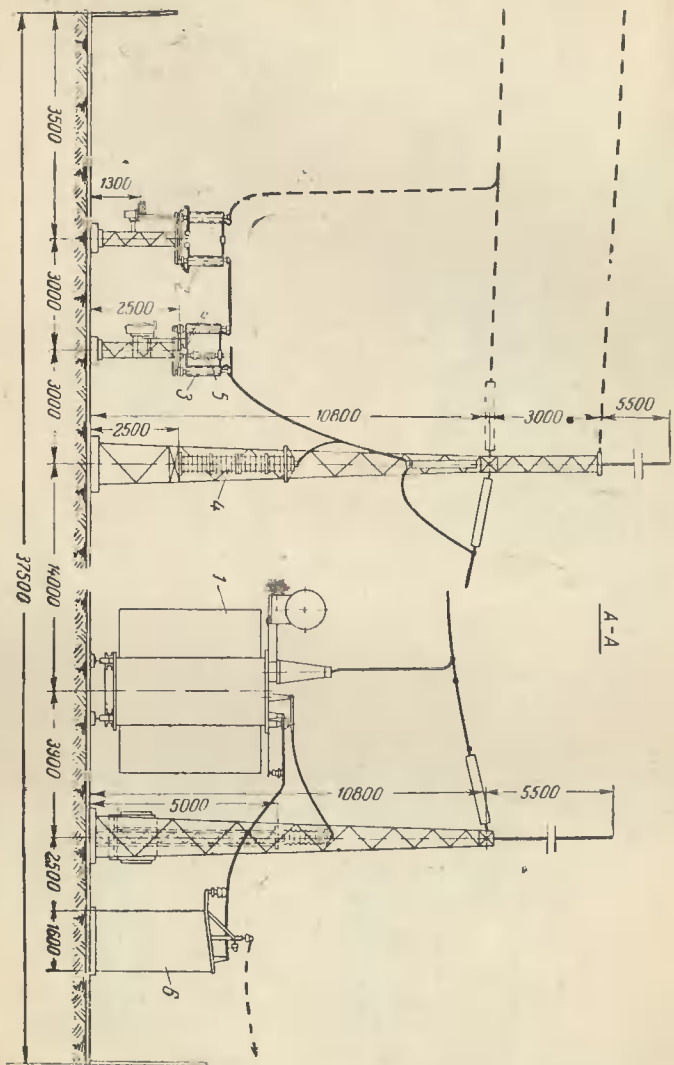


Рис. 24.

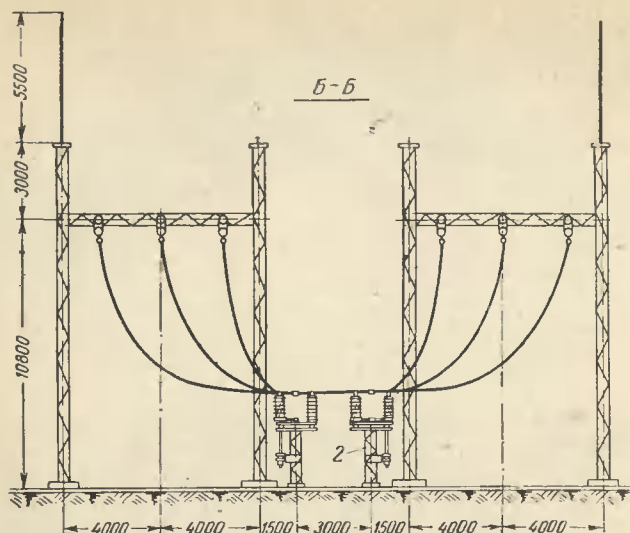


Рис. 24. Двухтрансформаторная КТП 110/6-10 кв с короткозамыкателями и отделителями и перемычкой на стороне высшего напряжения (московский завод «Электрощит»).

1 — силовой трансформатор; 2 — разъединитель; 3 — отделитель;
4 — линейный портал с разрядником; 5 — короткозамыкатель;
6 — КРУН.

версе устанавливаются вентильные разрядники типа РВС-110 с регистраторами срабатывания.

Однотрансформаторная подстанция и двухтрансформаторная подстанция без перемычки имеют аналогичное конструктивное выполнение. Цепь трансформатор—линия у обеих подстанций решена одинаково. Только в двухтрансформаторной подстанции распределительное устройство 110 кв состоит из двух распределительных устройств, входящих в состав однотрансформаторной подстанции (рис. 23).

Двухтрансформаторная КТП с перемычкой на стороне высшего напряжения (рис. 24) имеет дополнительно перемычку из двух разъединителей и трансформаторный портал. За счет наличия перемычки глубина подстанции несколько увеличивается.

Следует отметить, что в настоящее время выпуск КТП не может удовлетворить потребность в них. Поэтому проектные институты разрабатывают подстанции.

которые собираются на месте их монтажа. На рис. 25 приведены разрезы и планы двух подстанций, входящих в состав унифицированной единой серии подстанций 35—110 кВ без выключателей, разработанных институтом «Электропроект».

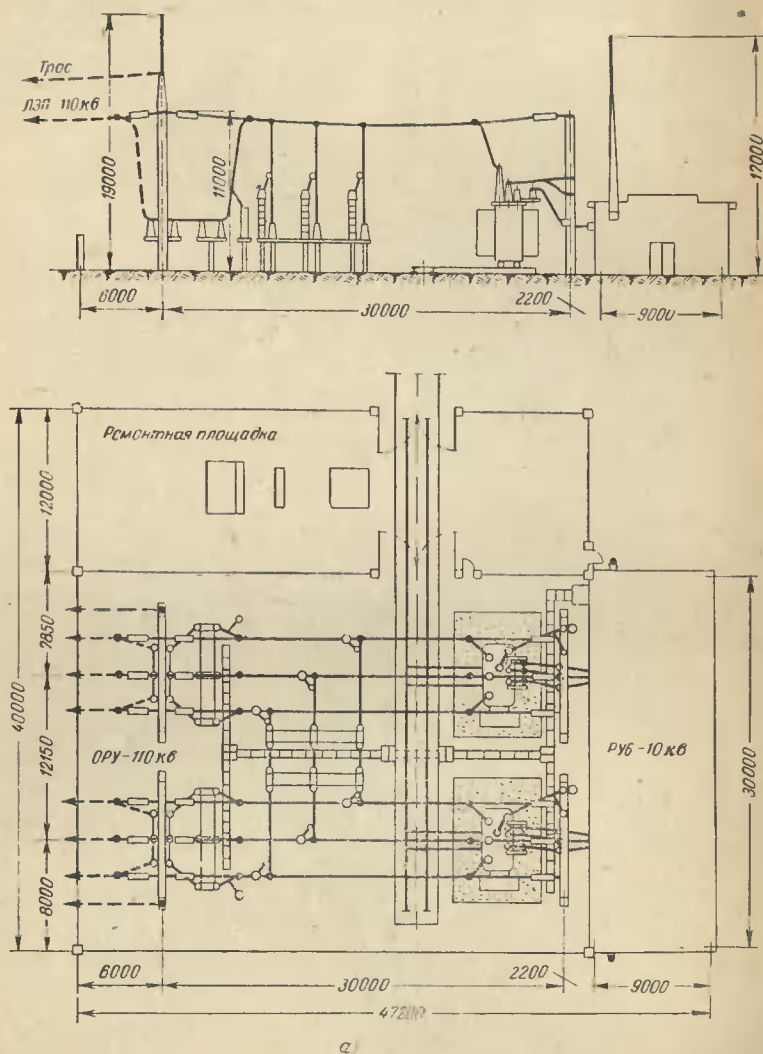
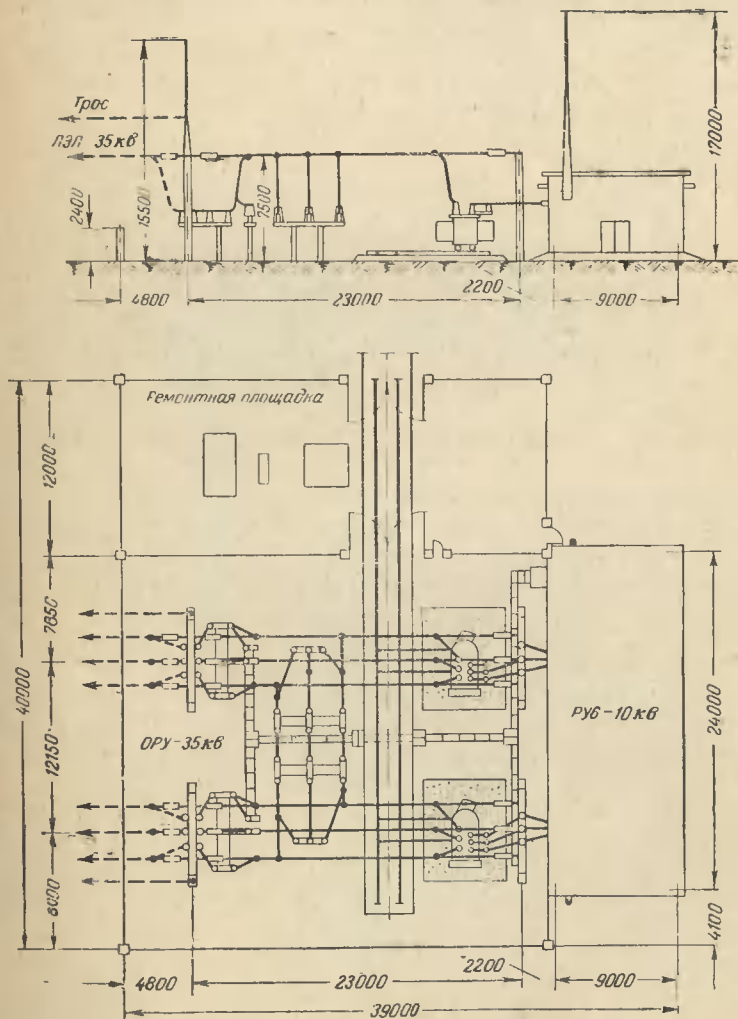


Рис. 25. Подстанции единой
а — подстанция 110/10 кВ;

Подстанции состоят из трех основных конструктивных узлов: распределительного устройства 35—110 кВ, трансформаторов и распределительного устройства 6—10 кВ. Проектом предусмотрена максимальная унификация конструктивных элементов подстанций, имею-



б)

серии («Электропроект»).

б — подстанция 35/10 кВ.

щих разные схемы, разные мощности трансформаторов и разный уровень высшего напряжения. Как видно из приведенных рисунков, подстанции 35 и 110 кВ имеют одинаковые размеры по фронту.

Все порталы выполнены из сборного железобетона. Из железобетона выполнены также основания под оборудование и внешняя ограда.

На стороне 6—10 кВ проектом предусматривается возможность применения КРУ как наружной, так и внутренней установки. Причем в последнем случае должно сооружаться здание распределительного устройства.

5. НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ МОНТАЖА И ЭКСПЛУАТАЦИИ

А. ПОДСТАНЦИИ С КОРОТКОЗАМЫКАТЕЛЯМИ И ОТДЕЛИТЕЛЯМИ

Монтаж и наладка

Установка короткозамыкателей, отделителей и приводов к ним производится по установочным чертежам, указаниям и инструкциям заводов-изготовителей. Перед монтажом все детали должны быть очищены от заводской смазки и промыты бензином.

Монтаж короткозамыкателей. Короткозамыкатель КЗ-35 имеет двухполюсное исполнение. Его полюсы должны устанавливаться на тщательно выверенной горизонтальной площадке. Перед установкой проводится осмотр короткозамыкателей с целью выявления внешних повреждений. Во время работы по установке короткозамыкателей необходимо следить за тем, чтобы не были повреждены фарфоровые и металлические части. Повреждение фарфора вообще недопустимо, а повреждение, например, основания полюсов может привести к образованию перекосов.

При монтаже особое внимание надо обратить на то, чтобы валы обоих полюсов были соосны. Для обеспечения соосности валов под основания полюсов допускается вводить жесткие прокладки.

Соосность валов и отсутствие перекосов проверяются точностью вхождения ножей в неподвижные контакты.

При этом следует соблюдать осторожность и не забывать о том, что вытянутый из контакта нож стремится вернуться во включенное положение под действием включающей пружины.

Затем производится установка и наладка привода ШПК. Все трущиеся части механизма короткозамыкателя и его привода смазываются специальной смазкой, которая наносится тонким слоем. При этом используются смазки: ЦИАТИМ-201, смешанная с графитом марки П по ГОСТ 10555-40 (до 10% по весу); графитная смазка ГОСТ 3333-55; а в зимнее время — ГОИ-54.

После этого привод соединяется с короткозамыкателем при помощи тяги и производится несколько пробных включений и отключений. Цель этих операций состоит в выявлении возможных недостатков, которые могут помешать нормальной работе короткозамыкателя.

Короткозамыкатели 110 кВ и выше имеют однополюсное исполнение. Их монтаж производится аналогично монтажу одного полюса короткозамыкателя КЗ-35.

Монтаж отделителей. Монтаж отделителя, как и короткозамыкателя, начинается с внешнего осмотра. Если внешний осмотр не выявил каких-либо повреждений, то можно приступать к установке отделителя.

Отделитель должен быть установлен на предназначенной для этого конструкции, которая должна быть тщательно выверена с целью обеспечения ее горизонтальности. При установке необходимо следить за отсутствием перекосов, что проверяется правильностью и точностью вхождения ножей в контакты. Для ликвидации перекосов под основания полюсов можно вводить жесткие прокладки.

Затем полюсы закрепляют и приступают к наладке отделителя, для чего необходимо выполнить следующие операции:

1. Медленно вращая полюса отделителя, осуществить включение. При полном включении зазор между торцами полуножей должен быть не более 3 мм. Регулирование величины этого зазора производится введением прокладок под изоляторы.

2. Соединить отдельные полюсы тягами.

3. Включить отделитель и убедиться в том, что у всех полюсов точка соединения ножей перешла за плоскость, проходящую через оси изоляторов, на 5 мм. При отклонениях от этой величины необходимо отрегу-

лизовать длину соединительных тяг (главным образом, внутрив полюсных).

4. Добиться одновременности замыкания и размыкания полуножей во всех фазах. Неодновременность не должна превышать 3 мм. Это также регулируется путем изменения длины тяг.

5. Установить, закрепить и отрегулировать привод и промежуточную передачу. Привод регулируется таким образом, чтобы включение и отключение отделителя были плавными, без заеданий и без ударов в тягах и контактных соединениях.

6. Проверить величину свободного хода, которая не должна превышать 3% всего хода.

7. Проверить правильность положения отделителя и всех рычагов передачи. В случае выявления возможных отклонений произвести дополнительную регулировку при помощи тяг, соединяющих привод и промежуточную передачу.

8. Проверить контактное давление в каждом полюсе отделителя. Для этого взять медную шину такого же, что и нож отделителя, сечения, вставить ее в контакты и динамометром замерить выдергивающее усилие, приложенное вдоль ножа. Величина выдергивающего усилия должна быть 16—18 кг. Если измерения дадут другую величину, то контактное давление должно быть подрегулировано при помощи стяжных болтов в контактном соединении.

9. Смазать все шарнирные соединения механизмов отделителя смазкой ЦИАТИМ-201 с графитом или графитной смазкой ГОСТ 3333-55, а в зимнее время—смазкой ГОИ-54.

Контактные соединения смазывают также смазкой ЦИАТИМ-201 или техническим вазелином.

10. Произвести несколько пробных включений и отключений отделителя, чтобы проверить работу всех элементов установки и выявить возможные недостатки. Обратить внимание на возможные заедания в шарнирных соединениях всего механизма.

Наладка механизмов приводов. Перед вводом в эксплуатацию, а также в процессе эксплуатации возникает необходимость в наладке привода короткозамыкателя или отделителя. Особенно важно правильно отладить привод перед вводом в эксплуатацию, а по мере рабо-

ты привода нужно производить только необходимую регулировку.

Все сказанное ниже относится в равной мере к приводам ШПО и ШПК, которые имеют одинаковое исполнение в кинематической части.

После получения привода с завода и поступления его на место монтажа необходимо произвести полную разборку привода с выемкой вала и разборкой реле. Все детали привода нужно тщательно очистить от заводской смазки и промыть бензином.

Поскольку заводной рычаг вращается в игольчатых подшипниках, то необходимо принять меры предосторожности, чтобы не растерять иголки при снятии заводного рычага. Особое внимание надо обратить на задний подшипник.

После очистки надо проверить исправность всех деталей. Неисправные детали заменить.

Затем можно приступить к сборке деталей привода. В процессе сборки производится смазка деталей. Для этой цели используется смазка ЦИАТИМ-201 по ГОСТ 6267-52 с добавлением 10% по весу графита марки П по ГОСТ 10555-40, а также графитная смазка по ГОСТ 3333-55. В зимнее время используется смазка ГОИ-54.

Смазке подлежат оси и подшипники всех деталей. Смазка наносится тонким слоем и в небольших количествах.

Не подлежат смазке подшипники отключающей планки и удерживающей стойки, а также механизм реле БРО.

По мере сборки надо особенно следить за тем, чтобы отключающая планка была правильно установлена и при вращении не изгибалась и не задевала за корпус привода. Планка не должна иметь продольного перемещения, но также она не должна касаться опор пальцев, на которых вращается. Для возможности регулировки положения планки один из пальцев эксцентрично укреплен в специальном винте. Этот винт имеет свою контргайку.

Не меньшее внимание надо обратить на установку серповидного рычага на своей оси. Рычаг, с одной стороны, должен плотно сидеть на оси, не качаясь, а с другой — должен свободно вращаться на своей оси. Кроме того, рычаг должен точно садиться на ролик удержи-

вающей стойки. Правильная установка серповидного рычага осуществляется перемещением цилиндра, в котором он закреплен.

После окончания сборки необходимо выполнить следующие операции (см. рис. 15):

1. Проверить работу привода на включение, для чего, медленно включая привод вручную, добиться четкого захвата рычага 10 защелкой 12, довести рычаг до включенного положения и проверить надежность захвата и удерживания рычага во включенном положении защелкой 2.

2. Проверить захват роликом 4 планки 15 серповидного рычага 9, подъем этого рычага и надежность удерживания его во взведенном положении. Ролик 16 удерживающей стойки 7 должен находиться под зубом 8 серповидного рычага таким образом, чтобы, с одной стороны, он самопроизвольно не выкатывался из-под зуба при сотрясениях привода и конструкции, на которой привод установлен, а с другой стороны, усилие бойка реле, необходимое для выкатывания ролика, было минимальным. Такая регулировка производится при помощи специального винта, имеющегося в удерживающей стойке.

3. Для привода типа ШПО с блокирующим реле БРО необходимо проверить завод отключающей пружины реле и прохождение заводящего рычага в конечное положение. После того как пружина реле БРО будет взведена, заводящий рычаг не должен мешать движению бойка реле.

4. Проверить положение ножей короткозамыкателя или отделителя. При положении привода ШПО «Включен» отделитель должен быть в положении «Включен» и один нож отделителя должен полностью входить в губки другого ножа. При положении привода ШПК «Включен» короткозамыкатель должен полностью дойти до положения «Отключен».

5. Проверить работу привода на отключение, для чего, медленно поднимая вручную сердечники реле и электромагнитов, убедиться в том, что серповидный рычаг легко освобождается и при падении четко выбивает защелку 2, освобождая рычаг 10.

6. При помощи винта 17 отрегулировать ход сердечников электромагнитов и реле таким образом, чтобы в момент выкатывания ролика 16 из-под зуба 8 шайба,

укрепленная на сердечнике, не доходила до своего предельного положения на расстояние порядка 2 мм, так как при этом сердечник будет развивать наибольшее усилие. Необходимо отметить, что сердечник до соприкосновения с лапками отключающей планки 3 должен иметь по возможности больший путь.

Свободный ход сердечника осуществляется с помощью специального регулировочного винта в отключающей планке.

При поставке отделителей и короткозамыкателей в составе КТП они должны быть отревизованы и отрегулированы на заводе.

Эксплуатация и ремонт

Правильная эксплуатация электрооборудования во многом определяет надежность его работы.

Основная задача эксплуатации состоит в надлежащей организации надзора и ухода за оборудованием, в проведении систематического наружного осмотра и устранении мелких неисправностей.

Наружный осмотр имеет своей целью выявление нежелательных явлений и нарушений нормальной работы до того, как они приведут к серьезным последствиям. Сюда относятся: загрязнение изоляции, начинающееся ее повреждение, нагрев контактных соединений, утечка масла или его недостаток и т. п.

Периодичность осмотров устанавливается в соответствии с требованиями ПТЭ. Согласно ПТЭ (§ 738) осмотр подстанций с постоянным дежурным персоналом или с персоналом, дежурящим на дому, производится 1 раз в сутки, а также не реже 1 раза в месяц — в темноте, чтобы выявить наличие разрядов коронирования и т. п. На подстанциях, не имеющих постоянного дежурного персонала, осмотры должны производиться от 1 раза в месяц до 1 раза в шесть месяцев, в зависимости от важности подстанции.

Осмотры также обязательно производить после коротких замыканий.

При внешних осмотрах надо обращать внимание на состояние фарфоровых изоляторов и контактных соединений. В случае выявления трещин или сколов на поверхности фарфоровых изоляторов, а также при обнаружении сильного обгорания контактов необходимо произвести текущий ремонт дефектных аппаратов.

При текущем ремонте следует проводить следующие операции:

1. Осмотреть фарфоровые изоляторы. Изоляторы с трещинами или сколами заменить.

2. Чистыми тряпками, смоченными в бензине, очистить поверхность изоляторов и промыть их бензином (тряпки должны быть мягкими и не иметь ворса).

3. Осмотреть и зачистить контакты. В случае сильного их повреждения или обгорания необходимо заменить либо поврежденную деталь (если это возможно), либо весь контакт.

4. Осмотреть пружины, создающие нажатие контактов. При обнаружении следов побежалости пружины необходимо заменить новыми, так как обычно пружины отпускаются, если они хотя бы 1 раз были нагреты.

5. Проверить контактное давление в разъемном контакте отделителя. При отклонениях от требуемой величины контактное давление надо подрегулировать при помощи стяжных болтов.

6. Проверить состояние всех тяг и рычагов механической части. Устранить возможную слабость.

7. Обновить смазку трущихся частей и контактных соединений отделителя, короткозамыкателя и их приводов (там где смазка предусмотрена), для чего старую смазку смыть керосином и нанести новую. Ни в коем случае не следует разогревать смазку, так как от нагрева она портится и теряет свои свойства.

8. Подтянуть болты и гайки во всех местах крепления как токоведущих частей, так и конструктивных элементов.

9. Проверить работу приводов короткозамыкателя и отделителя, а также их блок-контактов и при необходимости произвести дополнительную регулировку.

10. Произвести несколько пробных включений и отключений, чтобы убедиться в надежности работы всей установки.

Опыт эксплуатации, накопленный в энергосистемах, показывает, что в ряде случаев отделители и короткозамыкатели работают ненадежно. Снижение надежности при эксплуатации подстанций с короткозамыкателями и отделителями часто происходит в связи с тем, что эксплуатационный персонал уделяет этим аппаратам недостаточное внимание. Практика показывает, что

к короткозамыкателям и отделителям необходимо подходить с той же степенью ответственности, что и к выключателям.

В энергосистемах, где к эксплуатации подстанций без выключателей на стороне ВН подходят внимательно, где установлена и четко осуществляется периодичность капитальных ремонтов и профилактических испытаний аппаратов, где подготовлена соответствующая документация, определяющая объем ремонтов и контролируемые при измерениях параметры, надежность работы подстанций без выключателей находится на высоком уровне, что, несомненно, является следствием повышения уровня требований к эксплуатации короткозамыкателей и отделителей.

В процессе эксплуатации необходимо следить за теми узлами, которые являются наиболее слабым местом в конструкции короткозамыкателей и отделителей. Сюда относятся открытые или недостаточно защищенные от возможных загрязнения и обледенения пружины, контактные системы и шарнирные соединения, а также незащищенные подшипники, выступающие с задней стороны привода.

Очень важную роль в надежной работе отделителей и короткозамыкателей играет качество смазки. Рекомендовавшаяся заводом-изготовителем смазка приводила в условиях суровой зимы к отказам в работе аппаратов. Выявилось, что ряд смазок со временем высыхает и осыпается и приводит к коррозии металлов. Поэтому многие организации ведут работу по улучшению качества смазки. В настоящее время завод-изготовитель короткозамыкателей и отделителей рекомендует для смазки контактных соединений применять дисульфид молибдена (торговое название — молибден сернистый по ТУ 3-544-63). Это покрытие наносится натираанием обрабатываемых поверхностей порошком, спрессованным в виде карандаша, или путем намазывания водного раствора порошка. Можно наносить указанные покрытия путем кипячения контактных деталей в водной суспензии дисульфида молибдена. Нанесенное одним из этих способов покрытие обладает высокими упрочняющими и антифрикционными свойствами.

В системе Мосэнерго нашла широкое применение смазка ГОИ-54п, которая получена путем улучшения смазки ГОИ-54 присадкой МНИ-7.

В ряде энергосистем ведутся работы по усовершенствованию приводов отделителей. Так, например, для осуществления схем автоматического резервирования необходим привод двустороннего действия. Промышленность в настоящее время такие приводы не выпускает.

Рационализаторами Ленинградских высоковольтных сетей предложено использовать для этих целей привод типа ПП-61. Для этого плечо промежуточного рычага отделителя было увеличено на 50 мм в сторону привода (до 160 вместо 110 мм в заводском исполнении).

Дополнительно к этому отключающая пружина отделителя была усилена установкой поверх заводской пружины одной пружины от камеры воздушного выключателя ВВ-110. Кроме этого, к выключающим пружинам привода был добавлен груз весом 25 кг.

Б. ПОДСТАНЦИИ С ОТКРЫТЫМИ ПЛАВКИМИ ВСТАВКАМИ

При монтаже, а также при эксплуатации надо иметь в виду, что плавкие вставки при небольшом сечении имеют достаточно большую длину и даже при незначительном ветре могут вибрировать. Вибрация вставок может привести к их повреждению. Может произойти обрыв вставки в месте крепления, если оно неправильно сделано.

Для обеспечения надежной работы вставок необходимо принять следующие меры.

Вставки должны быть установлены свободно, с небольшим натягом, обеспечивающим естественный для данной длины провес (примерно, 30—40 мм на каждый метр длины вставки). Это позволит предотвратить возникновение вибраций, а также обрывы при температурных колебаниях.

Концы вставки должны заделываться под контактные болты таким образом, чтобы проволока не могла повредиться как непосредственно под шайбой, так и в месте ее выхода из-под шайбы. Иными словами, вставка по концам должна иметь достаточную жесткость. По одному из способов, предложенному Челябэнерго, это достигается путем навива на основную проволоку вставки такой же проволоки в виде бандаж. Бандаж должен иметь длину порядка 150—200 мм, причем первые витки его должны укладываться вплотную, виток к витку, а в дальнейшем,

с удалением от конца, витки можно класть свободнее, постепенно увеличивая шаг намотки (рис. 26,а).

Можно использовать при заделке и способ, предложенный Крымэнерго. На вставке наматывается бандаж длиной 220—270 мм, который делается из той же проволоки, что и вставка. Затем изготавливается специальная алюминиевая пластина (рис. 26,б), толщина которой

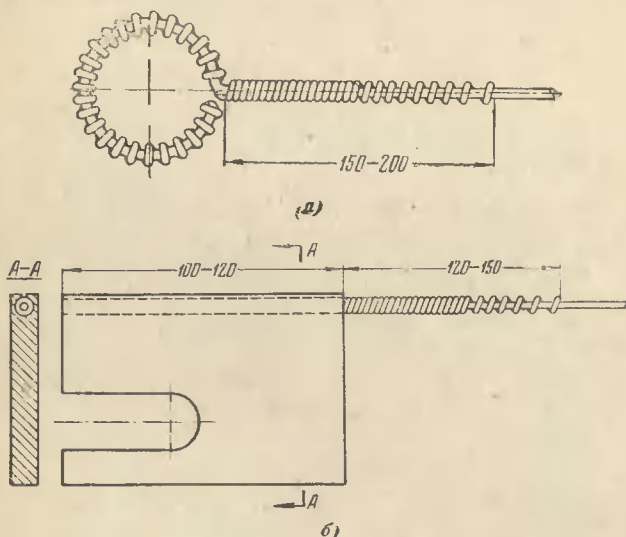


Рис. 26. Способы заделки открытых плавких вставок.

зависит от наружного диаметра бандажа. В пластине по одной из длинных сторон делается канавка, в которую вставляется, а затем и запрессовывается конец вставки с бандажом. На пластине должен быть сделан специальный вырез или отверстие, при помощи которых вставка закрепляется контактными болтами держателей.

Для предохранения вставок от различных внешних воздействий, которые могут привести к повреждению или изменению сечения вставки, последние должны быть покрыты соответствующим лаком или эмалью (например, эмалью ПХВ-26).

ЛИТЕРАТУРА

1. Гогичайшвили П. Ф., Подстанции без выключателей на высшем напряжении, «Высшая школа», 1965.

2. Булитко А. Д., Дерюгин Ф. Ф., Открытые плавкие вставки на стороне высшего напряжения понизительных подстанций, «Электрические станции», 1960, № 1.

3. Булитко А. Д., Дерюгин Ф. Ф., Опыт эксплуатации открытых плавких вставок, «Электрические станции», 1964, № 4.

4. Теплоэлектропроект. Руководящие указания по релейной защите. Защита понижающих трансформаторов и автотрансформаторов. Выпуск 4, Госэнергоиздат, 1962.

5. ОРГРЭС. Наладка и эксплуатация зарядных устройств УЗ-400, УЗ-400А и блоков конденсаторов БК-400, «Энергия», 1965.

6. Юренков В. Д., Ейвин В. И. Увеличение отключающей способности отделителей и разъединителей 35—220 кВ, «Электрические станции», 1964, № 5.

7. Тяжпромэлектропроект. Инструктивные указания по проектированию электротехнических промышленных установок, № 5, 6, «Энергия», 1965.

8. Грудинский П. Г. и др., Техническая эксплуатация электрической части станций и подстанций, Госэнергоиздат, 1961.

9. Голубев М. Л., Релейная защита и автоматика подстанций с короткозамыкателями и отделителями, «Энергия», 1965.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
1. Схемы электрических соединений понижающих подстанций без выключателей на стороне высшего напряжения	5
2. Автоматика элементов высшего напряжения	17
3. Оборудование на стороне высшего напряжения	27
4. Конструкции и компоновки подстанций	48
5. Некоторые вопросы монтажа и эксплуатации	62
Литература	72

Цена 13 коп.