

6п2.11
4-491



Библиотека ЭЛЕКТРОМОНТЕРА

К.К. ЧЕРНЕВ

ОБСЛУЖИВАНИЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ

ГОСЭНЕРГОИЗДАТ

с 1043494



К. К. ЧЕРНЕВ

ОБСЛУЖИВАНИЕ
РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ
УСТРОЙСТВ
ВЫСОКОГО НАПРЯЖЕНИЯ



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА 1961 ЛЕНИНГРАД

В брошюре даются указания по техническому обслуживанию распределительных устройств высокого напряжения станций и подстанций.

Описаны методы контроля за работой оборудования (изоляторов, выключателей, разъединителей, реакторов и др.) и порядок выполнения текущих эксплуатационных работ и операций с коммутационными аппаратами. Брошюра рассчитана на электромонтеров станций и подстанций.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Краткая характеристика распределительных устройств . . .	3
2. Виды обслуживания распределительных устройств . . .	7
3. Осмотр состояния шин и изоляторов	10
4. Надзор за разъединителями	19
5. Обслуживание выключателей	23
6. Надзор за масломполненной аппаратурой	32
7. Надзор за сухими реакторами	34
8. Режим отопления и вентиляции закрытых распределительных устройств	35
9. Осмотры распределительных устройств	38
10. Выполнение оперативных переключений	42
11. Ввод оборудования в эксплуатацию из ремонта	54
Литература	56

6П2. 11. Чернев Константин Константинович

Ч 49 Обслуживание распределительных устройств
высокого напряжения. М.-Л., Госэнергоиздат, 1961.
56 с. с черт. (Б-ка электромонтера. Вып. 47).

6П2. 11

Редактор С. В. Алексеев

Техн. редактор К. П. Воронин

Сдано в набор 1/III 1961 г.

Подписано к печати 23/V 1961 г.

Т 05959 Бумага 84×108¹/₃₂

2,87 печ. л.

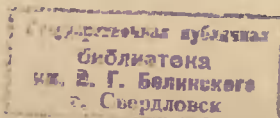
Уч.-изд. л. 3,2

Тираж 25000 экз.

Цена 11 коп.

Заказ 110

Типография Госэнергоиздата. Москва, Шлюзовая наб., 10.



1. КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Распределительное устройство представляет собой совокупность сооружений, конструкций и оборудования, предназначенных для приема электрической энергии от генераторов, трансформаторов или линий и распределения между трансформаторами и линиями.

Распределительные устройства состоят из электрического оборудования: масляных или воздушных выключателей, реакторов, разъединителей, измерительных трансформаторов тока и напряжения, изоляторов, разрядников, соединительных и сборных шин и кабелей, а также из строительных сооружений: зданий, металлических или железобетонных конструкций, каналов, туннелей и т. п.

Распределительные устройства могут быть разделены на три вида:

а) закрытые, в которых все оборудование располагается внутри здания;

б) комплектные, состоящие из закрытых металлических шкафов с установленным в них оборудованием, устанавливаемые как внутри здания, так и на открытом воздухе;

в) открытые, в которых все оборудование располагается на открытом воздухе.

Закрытые распределительные устройства обычно применяются для установок, работающих при напряжениях до 20 кВ, но в отдельных случаях при наличии в окружающей атмосфере веществ, вредно действующих на части оборудования, такой вид распределительных устройств применяется и для установок напряжением 35 и 110 кВ.

Вредно действующими веществами являются газы или пары, вступающие в химическое соединение с ме-

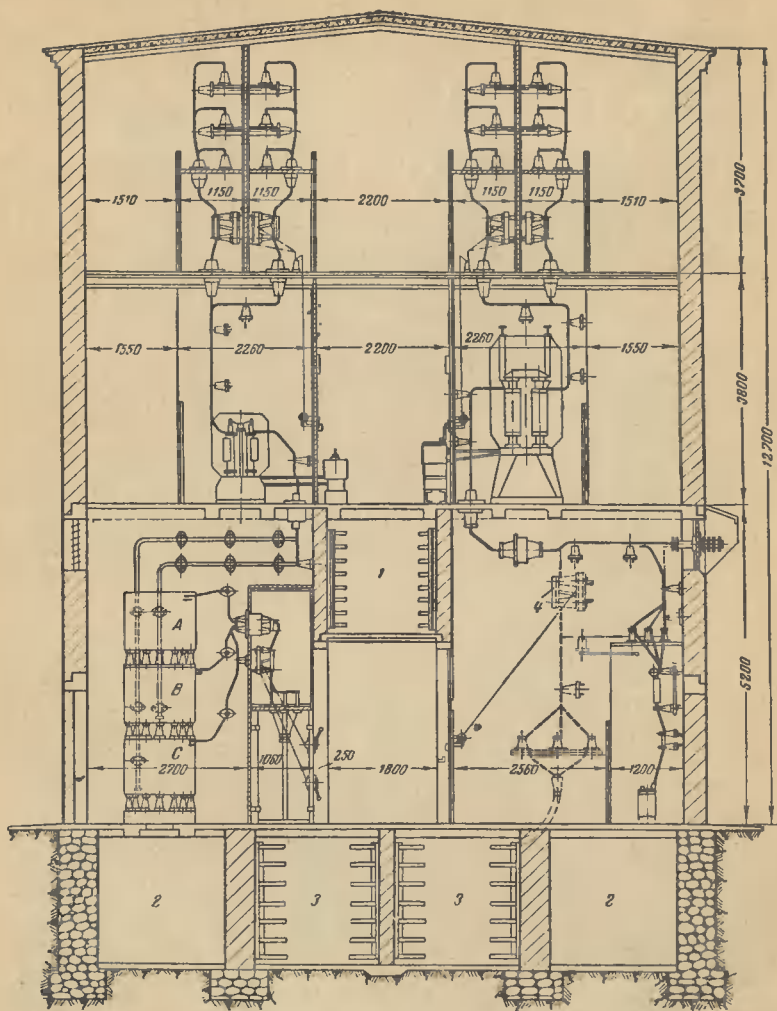


Рис. 1. Разрез закрытого распределительного устройства 6 — 10 кВ.

таллами и разъедающие их, а также пыль, дым или осадки, загрязняющие изоляцию. Сооружение зданий предохраняет оборудование от воздействия вредно действующих веществ.

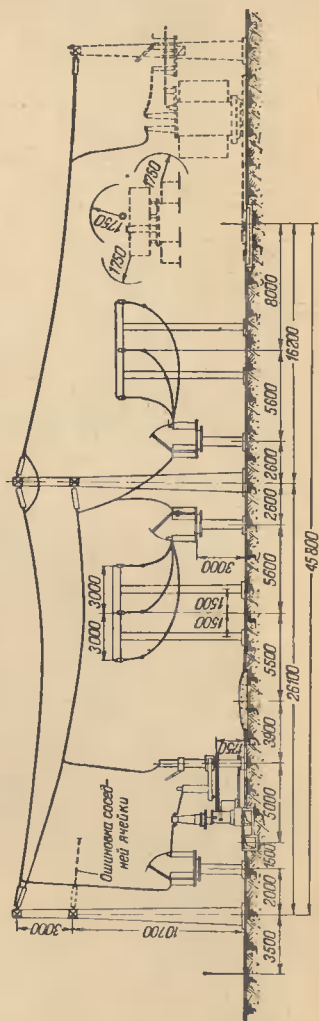
Комплектные распределительные устройства изготавливаются в виде отдельных собранных на заводе шкафов с оборудованием, из которых на строительной площадке собирается распределительное устройство. Заводами выпускаются комплектные распределительные устройства (КРУ) для внутренней установки и для наружной установки (КРУН) на напряжение до 10 кВ включительно.

Открытые распределительные устройства сооружаются на напряжения от 6 до 500 кВ включительно. Они собираются на месте из отдельных конструкций, изготовление которых может быть осуществлено на заводе.

Напряжение, выбираемое для распределительного устройства, зависит от передаваемой мощности: напряжение тем выше, чем больше передаваемая мощность.

Конструкции распределительных устройств сильно различаются по расположению и параметрам оборудования, по размерам отдельных узлов (камеры, проходы, туннели) и их расположению, по общим габаритам и т. п. Поэтому описывать наиболее распростра-

Рис. 2. Разрез открытого распределительного устройства 110 кВ с двумя системами сборных шин.



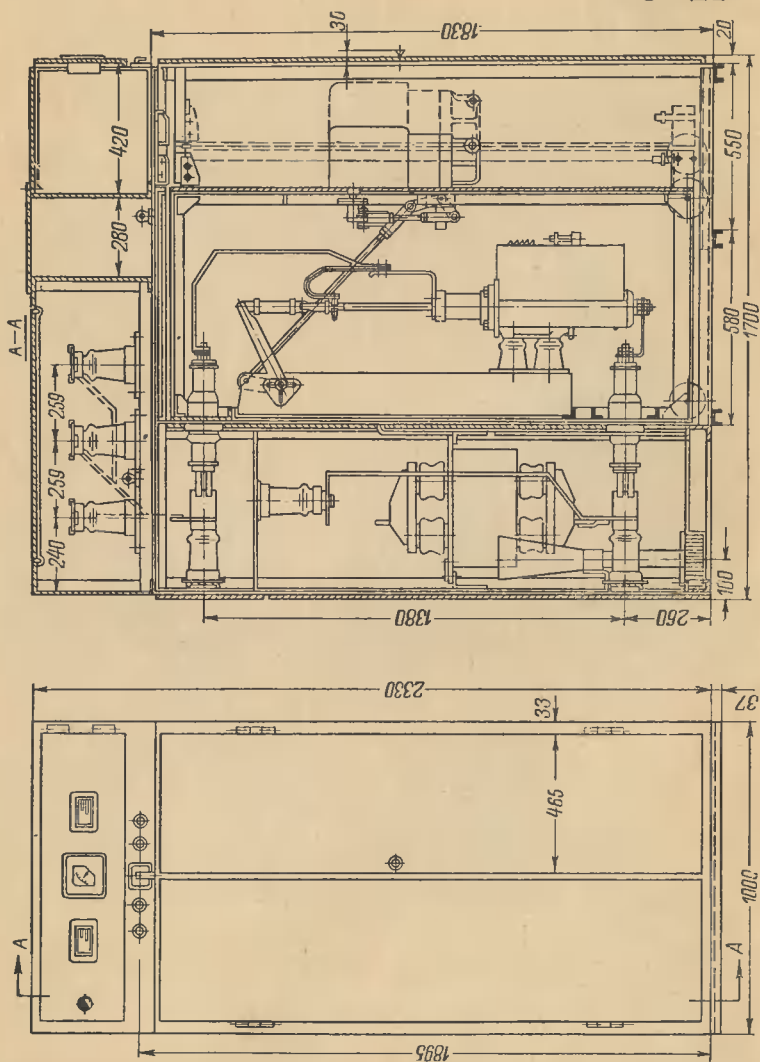


Рис. 3. Разрез и
фасад шкафа
комплектного
распределитель-
ного устройства
10 кв.

ненные типы и отмечать их достоинства и недостатки с точки зрения их обслуживания не представляется возможным.

В виде примера приведены поперечные разрезы по закрытому распределительному устройству 6—10 кВ довольно распространенного на электростанциях так называемого «трехкоридорного» типа (рис. 1), по открытому распределительному устройству 110 кВ (рис. 2) и по комплектному распределительному устройству (КРУ) 10 кВ завода «Электроштит» (рис. 3).

Несмотря на большое число различных типов распределительных устройств одного и того же назначения, обслуживание их сводится к одним и тем же операциям с той только разницей, что изменяются порядок и способы выполнения операций в зависимости от принятого вида обслуживания, компоновки распределительного устройства и типов установленного оборудования.

2. ВИДЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Обслуживание распределительных устройств дежурным персоналом заключается в надзоре за состоянием и работой оборудования, выполнении оперативных переключений в нормальных и аварийных условиях и в производстве мелких работ текущей эксплуатации.

При эксплуатации распределительных устройств высокого напряжения применяются различные виды обслуживания в зависимости от местных условий и требований по обеспечению надежной и бесперебойной работы электроустановки.

На тепловых электростанциях и на крупных гидроэлектростанциях распределительные устройства — главные и собственных нужд — обслуживаются при постоянном круглосуточном дежурстве персонала. На станции постоянно находится дежурный персонал, в обязанности которого входит надзор за работой оборудования и осуществление необходимых оперативных переключений. Персонал находится на щите управления станции, откуда управляет работой агрегатов и следит за режимом работы основного оборудования главных распределительных устройств. Персонал, обслуживающий распределительное устройство собственных нужд станции, мо-

жет находиться и в самом помещении устройства, но в таком случае в его ведении находятся только данное распределительное устройство и принадлежащие к нему электродвигатели собственных нужд.

Такой же порядок обслуживания осуществляется на крупных подстанциях напряжением 220 кВ и выше. Ряд подстанций 154, 110 и в отдельных случаях 35 кВ также могут обслуживаться с постоянным дежурством, но это определяется местными условиями.

Для большинства подстанций 110 и 35 кВ и, как правило, для распределительных устройств гидроэлектростанций применяются другие виды обслуживания, не требующие постоянного нахождения персонала в пределах территории устройства или станции. Это — дежурство на дому, односменное дежурство или бездежурное (централизованное) обслуживание.

Дежурство на дому заключается в том, что одиночный дежурный находится в течение суток без права отлучки на обслуживаемом объекте или на своей квартире, расположенной вблизи от обслуживаемого объекта. В течение суток 7 ч он несет так называемое активное дежурство, т. е. выполняет различные эксплуатационные работы — осмотры, подготовку рабочего места и допуск к работе (если работает приезжая ремонтная бригада), выполняет оперативные переключения по указанию вышестоящего оперативного дежурного, производит уборку помещения и территории и выполняет работы, разрешенные для одиночного дежурного согласно «Правилам техники безопасности при эксплуатации электроустановок» [Л. 1].

Остальное время суток дежурный проводит на своей квартире и только по распоряжению вышестоящего оперативного дежурного идет на объект для выполнения операций. В случае возникновения каких-либо неполадок на объекте на квартире появляется сигнал о неисправности, после чего дежурный обязан пойти на объект, выяснить в чем дело и принять необходимые меры (выполнить операции разъединителями, привести в надлежащее состояние сработавшие устройства защиты и автоматики и восстановить нормальную схему питания потребителей после устранения повреждений). Последующие сутки дежурит второй дежурный, а первый — сутки отдыхает.

Большинство районных подстанций, телемеханизированных и управляемых с районного диспетчерского пункта (РДП), обслуживаются с использованием односменного дежурства. Днем в течение 7 ч дежурный (вернее обслуживающий) электромонтер выполняет все функции одиночного дежурного по производству оперативных переключений, подготовке рабочего места и допуску к работе бригады. При отсутствии ремонтной бригады он сам выполняет мелкие ремонтные работы, уборку, осмотр оборудования и т. п. В остальное время суток на подстанции персонала нет и при необходимости выполнения каких-либо переключений дежурный по сети высылает для этой цели оперативную выездную бригаду (ОВБ) в составе двух человек.

Наконец, для подстанций, как телемеханизированных, так и не имеющих телеуправления, применяется так называемое централизованное обслуживание. В этом случае на подстанции, как правило, ни днем, ни ночью персонал не находится. Все оперативные работы, как-то: оперативные переключения, допуски к работе, осмотры оборудования, ликвидация аварийного состояния, оперативные измерения и т. п., выполняются оперативной выездной бригадой, обслуживающей целый участок сети в радиусе от своей базы до 10—25 км (в отдельных случаях и более). Расстояние зависит от проходимости дорог, густоты расположения подстанций и других местных особенностей. При таком методе обслуживания требуется наименьшее количество персонала, загрузка его более равномерная и исключительно оперативными функциями. Ремонтные работы выполняются специальными ремонтными бригадами, которые согласно графику поочередно ремонтируют оборудование, сооружения и здания всех подстанций участка.

На подстанциях, не имеющих постоянного надзора, своевременное выявление возникающих неполадок, дефектов, ненормальных режимов производится оперативным персоналом, выездным или посещающим подстанцию периодически (при дежурстве на дому). На подстанциях с централизованным обслуживанием при отсутствии оперативных переключений персонал может не появляться значительное время. Поэтому должны производиться периодические осмотры оборудования не реже 1 раза в месяц, а в ТП городской электросе-

ти — не реже 1 раза в 6 мес. В зависимости от состояния оборудования, режима работы, внешних условий (запыление, загрязнение химическими уносами) и т. п. осмотры могут производиться более часто.

3. ОСМОТР СОСТОЯНИЯ ШИН И ИЗОЛЯТОРОВ

Сборные шины распределительного устройства предназначены для распределения электроэнергии, вырабатываемой генераторами станции или получаемой от трансформаторов подстанции или линий между отходящими линиями и трансформаторами.

Соединительные шины служат для соединения отдельных аппаратов распределительного устройства между собой и присоединения их к сборным шинам.

Шины распределительных устройств представляют собой токоведущие части, укрепленные на изоляторах.

При большой длине сборных шин они делятся на секции длиной около 15 м, между которыми для компенсации линейного расширения вследствие нагрева вставляются гибкие компенсаторы, обычно выполняемые из пакета тонкой фольги или из изогнутых тонких полос.

Сборные шины рассчитываются на максимальный рабочий ток, могущий протекать при различных режимах станции или подстанции и различных схемах соединения распределительного устройства без превышения допустимого нагрева.

Для шин допустимая температура нагрева принимается равной 70°C при температуре окружающего воздуха 25°C (т. е. перегрев допускается не более 45°C). Кроме того, шины, как и все оборудование, должны выдерживать нагрев и динамические воздействия от токов короткого замыкания.

Следует отметить, что шины в закрытых распределительных устройствах до 20 кВ находятся в значительно более тяжелых условиях, чем шины открытых устройств, ввиду того, что при меньших расстояниях между шинами закрытых распределительных устройств большее влияние оказывает взаимный нагрев при токе нагрузки и большие значения имеют динамические усилия при протекании тока короткого замыкания. Кроме того, в

закрытом помещении вентиляция шин хуже и, следовательно, нагрев сильнее.

Слабыми местами шин, наиболее подверженными воздействию протекающих токов нагрузки и токов короткого замыкания, являются соединения шин между собой и с аппаратурой (если они выполнены не сваркой) и крепления шин к изоляторам, а также сами изоляторы.

Если болтовое соединение участка шин или ответвления от сборных шин выполнено недостаточно хорошо или в процессе эксплуатации ослабло, то контакт между соединенными шинами ухудшается, т. е. переходное сопротивление контакта возрастает. При прохождении тока через такое соединение мощность, теряемая на сопротивлении, увеличивается, вследствие чего усиливается нагрев соединения. Усиление нагрева влечет за собой интенсивное окисление металла и, следовательно, еще большее увеличение переходного сопротивления соединения. Таким образом, начавшийся процесс ухудшения контакта прогрессирует и в ряде случаев может привести к расплавлению шины в соединении, так как выделение тепла значительно превысит отвод тепла в окружающую среду. Расплавление, т. е. разрыв шины при протекании по ней тока, приведет к возникновению дуги, которая, как правило, перебрасывается на другие фазы, вызывая короткое замыкание на шинах, являющееся наиболее тяжелым повреждением, сопровождающимся выходом из работы всего распределительного устройства или даже всей подстанции или станции.

При болтовом соединении медных шин ухудшение соединения случается редко, так как медь достаточно жестка, что способствует сохранению сильного нажатия болтов соединения.

Перед сболчиванием алюминиевых шин концы шин покрывают вазелином, затем под слоем вазелина зачищают оксидную пленку и, не удаляя вазелина, производят сболчивание. Такой порядок обуславливается тем, что алюминий при зачистке на воздухе мгновенно покрывается оксидной пленкой. Однако следует заметить, что алюминий имеет свойство со временем сжиматься от постоянного нажатия болтов, чему может также способствовать вибрация шин от действия протекаю-

щих токов, поэтому не исключается возможность ослабления нажатия в соединении, что приводит к ослаблению контакта.

Наиболее слабыми местами являются соединения плоских шин к стержневым выводам аппаратуры.

Явление ухудшения контакта в соединении может иметь место и в болтовых соединениях гибких проводов ошиновки открытого распределительного устройства. Если применены бронзовые зажимы на алюминиевых проводах, в местах соприкосновения в присутствии влаги воздуха возникают электрохимические процессы, нарушающие контакт и выводящие зажим из строя. Такие зажимы должны быть обязательно заменены.

При протекании тока по параллельно расположенным шинам от взаимодействия токов в разных фазах шины испытывают усилия, меняющиеся по направлению одновременно с изменением направления тока, т. е. шины соседних фаз или притягиваются, или отталкиваются. При токах нагрузки усилия невелики, но, действуя постоянно с частотой тока, вызывают вибрацию шин. Жесткие шины, будучи прочно закреплены в шинодержателях, передают усилия на изоляторы. Вибрация может вызвать ослабление креплений шин, что приведет к их дребезжанию.

На опорных и проходных изоляторах внутренней установки от воздействия динамических усилий токов короткого замыкания могут появляться трещины.

В штыревых изоляторах наружной установки трещины появляются при резких изменениях температуры наружного воздуха вследствие того, что фарфор и металл имеют различные коэффициенты температурного расширения. Наиболее слабым местом является соединение фарфора с металлом. На глазури изоляторов открытых устройств иногда появляются мелкие трещины, являющиеся следствием температурного воздействия прямых лучей солнца в холодное время года. На границе света и тени благодаря плохой теплопроводности воздуха возникает значительная разность температур, которая и вызывает трещины. На изоляторах с полупроводящей глазурью, применяемых в загрязненной атмосфере, появляются трещины вследствие местных нагревов токами утечки. На шинных мостах наружной установки (на напряжение до 11 кВ) с изоляторами ИШД-10

при заносе снегом с загрязнением уносами золы могут быть перекрытия изоляторов, вызывающие трещины, оплавления и сколы фарфора.

Обслуживание шин и изоляторов сводится к осмотрам с целью своевременного обнаружения каких-либо ненормальностей или повреждений и проведения профилактических испытаний и проверок. Шины в закрытых распределительных устройствах осматриваются периодически — 1 раз в сутки (при круглосуточном дежурстве) или в соответствии с графиком проведения осмотров (в установках без постоянного дежурства).

При осмотрах шин особое внимание следует уделять местам их соединений для обнаружения нагревов.

Наиболее простым методом визуального контроля нагрева является использование термопленок. Термопленки наклеиваются на места, нагрев которых необходимо контролировать. При нагреве до определенной температуры цвет пленки не меняется или меняется обратимо, т. е. при остывании принимает первоначальную окраску. Если же температура превысит этот предел, цвет пленки не восстанавливается.

Из выпускаемых в настоящее время промышленностью термокрасок для пленок используются термокраски на два предела температуры: 85° и 120° С. Изменение цвета этих красок приведено в табл. 1.

Таблица 1

№ крас- ки	Температура изме- нения цвета $\pm 10^\circ \text{C}$	Цвет краски	
		до нагрева	после нагрева
3	85	Розовый	Серый
4	120	Светло-зеленый	Фиолетовый

Кроме того, применяется термопленка многократного действия на базе термопигмента, изготовленного в химлаборатории [Л. 7].

Обратимое изменение цвета пленки в зависимости от температуры нагрева происходит следующим образом: до 60° С — красный, 60—70° С — оранжевый, 70—80° С — вишневый, 90—100° С — черный.

При нагреве до 120—130° С в течение 1—2 ч пленка разрушается и становится бледно-желтой.

Проверку нагрева контактов, не снабженных термопленкой, производят касанием к ним свечи из парафина или стеарина, укрепленной на изолирующей штанге. Учитывая, что температура плавления парафина в среднем 55, а стеарина 50° С, определить температуру нагретшегося контакта нельзя (шины могут быть нагреты до 70° С в нормальном состоянии), но по степени расплавления свечи можно определить относительно более нагретое место.

Для более точного контроля нагрева применяется набор специальных термосвечей с разной температурой плавления: № 1—55° С, № 2—70° С, № 3—80° С, № 4—100° С и № 5 — 130° С [Л. 3].

Наиболее точное измерение температуры токоведущих частей выполняется посредством термоштанги. Термоштанга представляет собой изолирующую штангу, на конце которой укреплена термобатарей, состоящая из нескольких термопар, присоединенная к милливольтметру, также укрепленному на конце штанги. От нагрева горячего спая термопар при соприкосновении с нагретой шиной в цепи термобатареи возникает ток, который отклоняет стрелку милливольтметра, градуированного в градусах. Таким образом производится измерение перегрева шины над воздухом. Чтобы определить температуру нагрева шины, к показанию прибора следует прибавить температуру окружающего воздуха. Общий вид термоштанги, разработанной Центральной высоковольтной лабораторией Мосэнерго, показан на рис. 4.

Наличие чрезмерного нагрева при отсутствии термопленок и других приспособлений может быть определено визуально по потемнению окраски шин в месте соединения по сравнению с другими местами. Если краска на шинах полопалась, частично обуглилась, то это свидетельствует об аварийном состоянии данного участка шин. Сильные нагревы могут быть также обнаружены по свечению нагретых мест при осмотре распределительного устройства в темноте.

При выявлении недопустимого нагрева контактного соединения необходимо принять меры для уменьшения тока, а затем вывести шины в ремонт для восстановления контакта.

На открытых распределительных устройствах нагре-

вы шин и контактных соединений из-за удаленности от наблюдателя непосредственно обнаружены быть не могут. Поэтому для их контроля применяются «флажки», припаиваемые к зажиму или месту контакта легкоплавким сплавом.

При осмотре изоляторов необходимо контролировать целостность их, т. е. отсутствие трещин, сколов, подпалов от перекрытия дугой, царапин и трещин на глазури, загрязнений поверхности и т. п. Трещины фарфора, даже несквозные, приводят если не к пробою изолятора, то

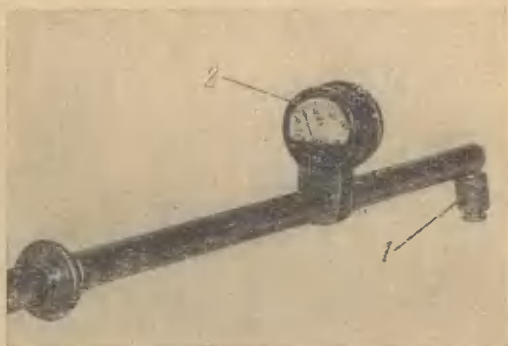


Рис. 4. Общий вид термоштанги.
1 — термобатарея; 2 — измерительный прибор.

к его разрушению, что обычно вызывает перекрытие на землю. Поэтому изоляторы с трещинами должны немедленно заменяться. Сколы, царапины на глазури, загрязнение поверхности золой, копотью, пылью или химическими наносами снижают изоляционные качества изоляторов, так как сокращают изоляционное расстояние или снижают сопротивление изоляции и могут привести к перекрытию при рабочем напряжении. Наиболее часто имеет место загрязнение пылью или химическими наносами изоляторов на открытых распределительных устройствах, но в ряде случаев и в закрытое помещение проникают газы или пары. Источниками загрязнений являются химические, нефтеперегонные, цементные, металлургические заводы, а также и котельная самой электростанции.

Большинство загрязнений в сухом виде не вызывает снижения сопротивления изоляции, но при их увлажнении возникают перекрытия изоляции.

Сильный дождь менее опасен, так как он частично смывает загрязнения, а нижняя часть штыревых изоляторов остается сухой. Более опасными являются туман, тающий гололед, которые покрывают всю поверхность изолятора снизу и сверху.

Всякие загрязнения изоляторов должны периодически очищаться. В ряде случаев это может быть выполнено только при ремонте, т. е. при снятом напряжении. Однако иногда удается производить очистку под напряжением в тех случаях, когда налет пыли или загрязнений легко удаляется специальной щеткой с помощью пылесоса. Это выполняется только в закрытых помещениях. Щетки и всасывающая насадка пылесоса должны укрепляться на изолирующей штанге, рассчитанной для соответствующего напряжения. Полая штанга пылесоса должна перед работой и в процессе чистки периодически очищаться от пыли во избежание перекрытия. Персонал должен работать только с пола, устойчивых подмостей и в диэлектрических перчатках. Периодичность очистки оборудования определяется местными условиями от 1—2 до 10—12 раз в год.

На открытых распределительных устройствах иногда производится обмывание изоляторов водой под напряжением. Обмывка производится с нижних изоляторов (колонки), причем вода должна иметь сопротивление не менее 2000 ом/см^3 , диаметр струи не должен быть более 6 мм и человек должен находиться не ближе 10 м от изоляторов. Практика показала, что при обмывке изоляторов имели место случаи перекрытия, поэтому этот способ не нашел широкого применения.

Трещины на опорных изоляторах внутренней установки чаще всего бывают у нижнего фланца. На штыревых изоляторах наружной установки типа ШТ-35, ИШД-35 и др. радиальные трещины появляются на ребрах и кольцевые трещины в местах армировки фланца на головке изолятора.

На опорных изоляторах открытого распределительного устройства, установленных высоко, трудно заметить трещины на ребрах, особенно при загрязненной поверхности. Трещины на изоляторах гирлянд обнаружить

еще труднее из-за большей высоты подвеса и тесного расположения отдельных элементов. Поэтому основным способом контроля целостности штыревых изоляторов и гирлянд является измерение распределения напряжения по элементам колонки штыревых изоляторов и элементам гирлянд измерительной штангой под рабочим напряжением.

При нормальном состоянии изоляции всех элементов гирлянды или колонки штыревых изоляторов на каждый элемент приходится определенная величина рабочего

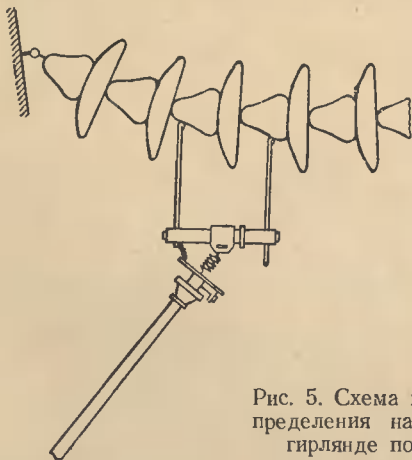


Рис. 5. Схема измерения штангой распределения напряжения на натяжной гирлянде подвесных изоляторов.

напряжения. Если же какой-либо элемент пробит, то напряжение на нем будет равно нулю, а если изоляция понижена, то меньше нормального. На остальных элементах при этом напряжение превысит нормальную величину. Построив кривую распределения напряжения по гирлянде, можно выявить элемент с пониженной изоляцией; «нулевые» же изоляторы выявляются сразу при измерении. Следует, однако, иметь в виду, что при измерении загрязненных изоляторов эффект повреждения изоляции может получиться из-за загрязнения поверхности при полной исправности самого изолятора. Поэтому измерение следует делать при чистой поверхности изоляторов, приурочивая его к чистке.

Принцип измерения с помощью штанги состоит в том, что рогами штанги ее искровой промежуток включается на напряжение, приложенное к измеряемому изоля-

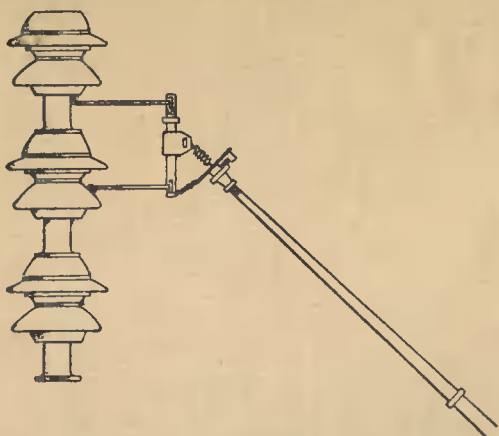


Рис. 6. Схема измерения штангой распределения напряжения на колонке штыревых изоляторов.

тору или отдельному элементу (у изоляторов типа ШТ, ИШД), и по величине искрового промежутка, при котором происходит пробой, определяется величина этого напряжения. Размер искрового промежутка изменяется сближением электродов с помощью изолирующего стержня, проходящего внутри полой изолирующей части штанги. Схемы измерения на гирлянде и на колонке изоляторов показаны на рис. 5 и 6.

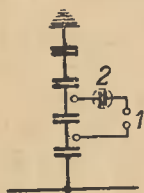


Рис. 7. Схема головки измерительной штанги с конденсатором.

1 — искровой промежуток; 2 — конденсатор.

Штанга, применяемая для измерений изоляторов на напряжении 35 кВ, имеет в головке разделительный конденсатор, который препятствует короткому замыканию во время замера в случае наличия поврежденного изолятора в гирлянде при шунтировании искровым промежутком другого изолятора. Для замеров на напряжении 110 кВ и выше, где изоляторов в гирлянде не менее шести и шунтирование одного при наличии пробоя в другом не приведет к перекрытию остальных и замыканию на землю, допустимо применять штангу без разделительного конденсатора. Благодаря отсутствию конденсатора не имеется паразитной утечки тока и погрешности при

измерении уменьшаются. Кроме того, результаты измерения не зависят от положения штанги на изоляторе, в то время как штанга с конденсатором должна располагаться так, чтобы конденсатор был со стороны изолятора, ближайшей к земле (рис. 7).

4. НАДЗОР ЗА РАЗЪЕДИНИТЕЛЯМИ

Основным назначением разъединителей является снятие напряжения с участка электрической цепи, после того как эта цепь отключена посредством выключателя. Разъединители, устанавливаемые в цепях без выключателей (например, в цепях трансформаторов напряжения, разрядников) служат для отключения этих цепей, ток которых небольшой по величине. Подробнее о допустимости отключения токов разъединителями будет сказано в § 10.

Токи нагрузки силовых трансформаторов, генераторов, электродвигателей и большинства линий ни в коем случае не могут быть отключаемы разъединителями.

Причина такого запрещения состоит в том, что при разрыве тока нагрузки возникает мощная дуга, которая сильно ионизирует окружающее пространство, вследствие чего по мере отхода ножа разъединителя от губок дуга не гаснет, а растягивается (рис. 8). Неорганизованная дуга, т. е. не ограниченная каким-либо дугогасительным устройством, имеет возможность благодаря движению воздуха отклоняться в любом направлении, и так как при этом дуга может приближаться к токоведущим частям соседней фазы (к губке разъединителя или к присоединенной ошиновке) или даже к аналогичной дуге на соседней фазе, то произойдет короткое замыкание между двумя или тремя фазами. Это вызовет разрушение аппаратуры, шин и вывод из строя распределительного устройства.

Разъединители состоят из опорных изоляторов, токоведущих ножей и губок. На опорных изоляторах имеются неподвижные контактные соединения с подходящей к аппарату ошиновкой.

На трехполюсных разъединителях внутренней установки передача усилий от рычага привода к токоведущему ножу осуществляется посредством изолирующей тяги из фарфора, дерева или бакелита, причем дерево

и бакелит встречаются на разъединителях старых выпусков.

На трехполюсных разъединителях наружной установки передача усилий от привода к ножу осуществляется обычно через одну или две поворотных колонки изоляторов, состоящих в зависимости от рабочего напряжения и конструкции из одного или более изоляторов.



Рис. 8. Отключение разъединителем тока холостого хода трансформатора.

Требования, которые предъявляются к разъединителям, сводятся к следующим:

а) токоведущие части (нож, губки, места соединения с ошиновкой) при длительном протекании номинального тока не должны нагреваться свыше 75°C , т. е. при температуре окружающего воздуха $+35^{\circ}\text{C}$ (принимаемой за расчетную для всей аппаратуры) перегрев должен быть не более 40°C ;

б) при сквозных коротких замыканиях нож не должен выходить из губок под действием электродинамических усилий (на однополюсных разъединителях с этой целью устраивается специальная защелка, запирающая нож во включенном положении); кроме того, ножи и изоляторы должны выдерживать эти усилия без поломок;

в) токоведущие части должны выдерживать токи сквозного короткого замыкания, не перегреваясь сверх допустимого предела (300°C) и не теряя механических свойств.

Наиболее слабыми местами разъединителей внутренней установки являются контакты в губках. В ряде случаев, несмотря на сильное нажатие, контакт осуществляется не по всей плоскости губки, а в отдельных точках ее. При значительных величинах тока плотность тока может оказаться больше допустимой, контакт начнет нагреваться; при нагреве переходное сопротивление увеличивается, что приводит к дальнейшему усилению нагрева за счет большей выделяющейся в сопротивлении контакта энергии. Увеличение сопротивления может происходить и за счет окисления поверхности контакта вследствие нагрева. Прогрессирующий нагрев контакта в губке может привести к ослаблению нажатия пружины, что в свою очередь увеличит переходное сопротивление в контакте. Все это в конечном счете приводит к нагреву контакта до высокой температуры и в некоторых случаях даже к его расплавлению и выгоранию.

Для того чтобы избежать повреждений разъединителя из-за перегрева контактов, следует при монтаже или ремонте разъединителя, во-первых, обеспечить плотное и полное соприкосновение поверхностей ножа и губки разъединителя и достаточно сильное нажатие пружины и, во-вторых, покрыть контакт слоем технического бескислотного вазелина для предохранения от окисления контактных поверхностей.

Для исключения нагрева болтовых соединений в местах присоединения ошиновки к разъединителю поверхности соприкосновения должны быть тщательно обработаны и надежно соединены.

Наиболее часто в этих местах нарушается контакт, если алюминиевая ошиновка присоединяется болтовым зажимом к медному выводу разъединителя. В месте соприкосновения меди и алюминия при наличии влажности воздуха возникает электрохимическая коррозия, разрушающая металл.

При осмотре разъединителей нагрев контактных соединений выявляется по термопленкам. Можно также использовать и другие методы, описанные в предыду-

щем параграфе. В случае выявления нагрева необходимо уменьшить протекающий через разъединитель ток, например разгрузить генератор. При нагреве шинного разъединителя надежнее всего перевести присоединение на другую систему шин, отключив после этого дефектный разъединитель.

Надзор за опорными изоляторами разъединителей не отличается от надзора за изоляторами сборных шин, описанного выше. Необходимо только отметить, что изоляторы разъединителей чаще выходят из строя из-за появления трещин, поскольку они испытывают ударные нагрузки при включении ножа разъединителя. На изоляторах разъединителей внутренней установки от ударов может выкрошиться цементная армировка головки изолятора, что повлечет поломку изолятора.

Кроме опорных изоляторов, необходимо обращать внимание на изолирующие тяги разъединителей внутренней установки. Сплошные фарфоровые тяги могут иметь поперечные трещины. Если тяги полые, через неплотности армировки внутрь может попадать влага, что приведет к перекрытию тяги. Неплотность можно иногда обнаружить по ржавым потекам на колпачке тяги. На деревянных и бакелитовых тягах следует проверять наличие и целостность лакового покрытия. Следы разрядов на тяге свидетельствуют об отсыревании тяги, что может вызвать перекрытие. Дефектные тяги следует заменять.

Все, что было сказано в § 3 относительно загрязнения и очистки изоляторов сборных шин, может быть целиком отнесено и к изоляторам разъединителей. То же самое следует сказать и о проверке штыревых изоляторов с помощью штанги.

Если при осмотре разъединителя будет обнаружено, что нож вошел в губки неполностью или с перекосом, ни в коем случае не следует пытаться улучшить контакт или положение ножа, воздействуя на привод разъединителя, хотя бы и червячный, так как возможно случайное отведение ножа или нарушение контакта, что приведет к появлению дуги и повреждению разъединителя.

С целью предотвращения операций разъединителями, при которых может быть отключен или включен рабочий ток присоединения, что, как было указано выше,

является недопустимым, приводы разъединителей снабжаются блокировкой, не позволяющей оперировать разъединителем при включенном положении выключателя данного присоединения. При двойной системе шин при включенном положении одного из шинных разъединителей данного присоединения второй шинный разъединитель блокировка позволит включать и отключать лишь при условии замыкания обеих систем шин шиносоединительным выключателем. Блокировочный замок застопоривает привод разъединителя. Замки электромагнитной блокировки, допускающие деблокировку вручную (в случае какой-либо неисправности в электрических цепях блокировки), должны быть запломбированы. При осмотрах необходимо обращать внимание на целостность пломб и правильное положение стопорозамков.

5. ОБСЛУЖИВАНИЕ ВЫКЛЮЧАТЕЛЕЙ

Выключатели являются аппаратами, предназначенными для включения и отключения тока нагрузки цепи при полном рабочем напряжении и для отключения тока короткого замыкания при аварийном состоянии цепи.

Выключатели применяются масляные, в которых дуга гасится маслом или парами масла, и воздушные, в которых для гашения дуги используется сжатый воздух.

Масляные выключатели в свою очередь разделяются на две группы: многообъемные или баковые, которые имеют баки на каждую фазу или общий бак на все три фазы с большим количеством масла, используемого в качестве дугогасящей среды и изоляции, и малообъемные, которые имеют по одному или по два бака на каждую фазу со значительно меньшим количеством масла, используемого только в качестве дугогасящей среды.

Вследствие сложности конструкции и ответственности назначения выключатели требуют наибольшего внимания и ухода со стороны эксплуатационного персонала. Неудовлетворительное состояние отдельных, на первый взгляд незначительных, элементов выключателя приводит к его неправильной работе или даже к

отказу в действии, что в большинстве случаев вызывает очень тяжелые последствия (взрыв, пожар и разрушение всего распределительного устройства).

Основными дефектами, приводящими к серьезным повреждениям выключателей, но которые можно своевременно обнаружить при работающем выключателе, являются: ненормальное количество масла, течь масла, повреждение или загрязнение фарфоровой изоляции вводов, перегрев контактов (на некоторых типах выключателей), отсутствие подачи воздуха к воздушным выключателям, снижение рабочего давления воздуха, неисправности цепи отключения или включения и пр.

Выключатели, установленные в камерах закрытого распределительного устройства 6—10 кВ, могут осматриваться только с порога камеры и через сетчатое ограждение, вследствие чего осмотр должен производиться внимательно. В комплектных распределительных устройствах осматривается указатель уровня масла в выключателе. Выключатели открытых распределительных устройств в этом отношении находятся в более благоприятном положении, поскольку возможно осмотреть выключатель со всех сторон.

Масляные выключатели снабжаются маслоуказательными стеклами или другими указателями уровня масла. На различных типах выключателей маслоуказатели устанавливаются в разных местах бака, что зависит от места нахождения нормального уровня масла. Так, например, на баковых выключателях типа МКП-110 или ВМ-35 маслоуказатель установлен в верхней части бака, а на малообъемных выключателях типа ВМГ-133 или МГГ-10—примерно на середине бака. Однако во всех случаях уровень масла должен находиться примерно в середине стекла с небольшими отклонениями в обе стороны.

Если масло заполняет все стекло, уровень масла поднялся недопустимо высоко. Повышение уровня масла в баке выключателя уменьшает объем воздушного пространства (воздушную подушку над маслом) и тем самым уменьшает возможность расширения масла за счет газов, образующихся при гашении дуги. Так как контакты расходятся очень быстро и в короткий промежуток времени (несколько сотых долей секунды) выделяется большая энергия дуги, то образование газа в вы-

ключателе за счет разложения масла при высокой температуре происходит весьма быстро и в значительном количестве. Расширение газа в газовом пузыре вокруг горячей на контактах дуги заставляет масло подниматься вверх в воздушное пространство. Если это пространство мало или отсутствует, давление газа будет передаваться на дно и стенки бака, которые могут не выдержать и произойдет взрыв выключателя. Наличие газоотводной трубы в данном случае не поможет, так как нарастание давления происходит очень быстро, и если даже масло поднимается в трубу, оно не успеет выйти наружу в достаточном количестве, поскольку сечение трубы рассчитано на выброс газа или воздуха, а не масла. Для предотвращения взрыва на некоторых выключателях имеется аварийный клапан, предназначенный для выпуска газов при чрезмерном повышении давления в баке.

В случае, если уровень масла будет недопустимо низок (не виден в стекле), то также может произойти взрыв бака. При низком уровне над газовым пузырем слой масла меньше, и поэтому газ скорее прорвется вверх, не успев охладиться. Поскольку при разложении масла в основном (до 70% по объему) выделяется водород, он, смешиваясь с большим количеством кислорода воздуха, может создать опасную концентрацию гремучего газа, который, имея высокую температуру или от пламени дуги может взорваться и разрушить бак. Снижение уровня масла особенно опасно в малообъемных выключателях, в которых количество масла невелико.

Таким образом, в эксплуатации необходимо внимательно следить за уровнем масла, а также проверять отсутствие течи или капли масла из мест уплотнений баков, люков, сливных труб и вентилях, пробок, кранов для отбора проб и т. п. Если обнаруженную течь устранить немедленно невозможно, выключатель должен быть выведен в ремонт в срок, зависящий от интенсивности течи. Если течь значительная и есть подозрения, что масла ушло много, необходимо прежде всего исключить возможность отключения выключателем тока нагрузки и тем более тока короткого замыкания, так как это неминуемо приведет к взрыву выключателя. Для этого необходимо отключить питание оперативным

током катушки отключения, вынуд соответствующие предохранители. Электрическую цепь с выведенным из работы выключателем следует включить через шиносоединительный или обходной выключатель или через последующий выключатель в цепи, питающей шины (генератора, трансформатора). В последнем случае выключатель присоединения должен быть в кратчайший срок выведен для ремонта, так как оставление в работе выключателя, с которого снят оперативный ток в цепи отключения при коротком замыкании на присоединении, приведет к аварийному обесточению сборных шин.

При необходимости доливку масла на ряде выключателей можно выполнять без вывода их из работы. Для этого необходимы специальные приспособления и работа должна вестись в строгом соответствии с Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок. Например, на выключателях типа МКП на 110—220 кВ можно доливать масло с помощью насоса через маслосливную трубку, расположенную в верхней части бака. Бачковые выключатели, не имеющие маслосливной трубки сверху, допустимо доливать через вентиль на сливной трубе с помощью электронасоса. Электрическая прочность масла должна быть не менее указанной в табл. 2.

Таблица 2

Номинальное напряжение аппарата, кВ	Электрическая прочность масла, кВ
До 15 включительно	Не ниже 25
От 15 до 35 включительно	" " 30
От 60 до 220 включительно	" " 40
330 и выше	" " 50

Из бачковых выключателей, где это допустимо по правилам техники безопасности, можно без снятия напряжения производить отбор проб масла через нижние краны (выключатели 35—220 кВ).

Доливка и отбор проб масла на малообъемных выключателях, баки которых находятся под напряжением, при работе выключателя допущены быть не могут.

При наблюдении за уровнем масла следует также обращать внимание на цвет масла в бачковых выключате-

лях. Если выключатель отключал ток короткого замыкания или были затяжные гашения, в масле увеличивается содержание взвешенного углерода — масло потемнеет. Это может привести к загрязнению и перекрытию внутрибаковой изоляции. Поэтому для контроля за состоянием масла в баковых выключателях всех напряжений и в малообъемных выключателях напряжением 110 кВ и выше после отключения выключателем короткого замыкания мощностью более половины паспортного значения разрывной мощности выключателя следует отобрать пробу масла с целью проверки содержания взвешенного угля. В малообъемных выключателях напряжением до 35 кВ включительно загрязнение масла не играет такой роли и проба может не отбираться.

Необходимо обращать внимание на наличие выброса масла из бака через аварийный клапан. Как было сказано выше, при гашении дуги в баке выключателя образуются газы. При нормальном количестве масла они охлаждаются, проходя через слой масла, и выходят через газоотводную трубу наружу. Однако в некоторых случаях газов может образоваться больше (вследствие большей величины тока короткого замыкания или длительного горения дуги), и тогда из-за повышения давления возможен выброс газов вместе с маслом через аварийный клапан, который имеется у баковых выключателей типа МКП. Выявить имевший место выброс можно по расположению лужи или пятна масла против аварийного клапана. Вырванная при выбросе масла через аварийный клапан диафрагма должна быть в кратчайший срок заменена во избежание попадания в масло влаги из воздуха.

Выброс масла из бака указывает на неполадки с выключателем (если ток короткого замыкания не превышал гарантийного). Такими неполадками могут быть: недостаточная скорость отключения вследствие заедания в приводе, дефект в гасительной камере, электрический пробой или перекрытие внутри бака. Поэтому при осмотрах следует также обращать внимание на наличие тресков или шумов в баке выключателя вследствие перекрытия внутренней изоляции.

В некоторых типах выключателей могут перегреваться контакты. Это относится главным образом к малообъемным выключателям, у которых малый объем

масла не может обеспечить отвод тепла из контактов. Чаще нагрев отмечается у выключателей ВМГ-133 на 1 000 а, имеющих розеточный контакт на полный рабочий ток, если не устроено присоединение ошиновки усиленного сечения для лучшего теплоотвода. Нагрев контакта можно обнаружить по нагреву ошиновки, присоединенной к нижнему выводу ВМГ-133, а также по запаху перегретого масла.

На маслонаполненных вводах выключателей 110 кВ и выше должны проверяться целостность стеклянных расширителей, уровень масла в расширителе и цвет масла. Потемнение масла свидетельствует об ухудшении качества масла за счет окисления. Во вводах масло играет роль основной изоляции, и при неудовлетворительном его качестве или недостаточном количестве ввод может быть поврежден. Там, где расширители вводов стеклянные, они должны быть закрашены, чтобы не подвергать масло действию солнечных лучей, которые способствуют окислению. Следует оставлять незакрашенной узкую полоску для наблюдения за уровнем масла. Если вводы снабжены воздухоосушительными фильтрами, следует следить за состоянием воздухоосушителя, и если цвет адсорбента в смотровом окошке изменился с голубого на розовый, следует в кратчайший срок заменить адсорбент, так как во влажном состоянии (на что указывает розовый цвет) он не способен осушать воздух, проходящий во ввод.

Все фарфоровые изоляторы как вводов, так и опорные, тяги или покрышки камер (в малообъемных выключателях 35 и 110 кВ) должны быть совершенно целыми, без трещин, сколов, царапин и т. п. Загрязнение изоляторов вводов на открытых распределительных устройствах следует очищать либо в период ремонта, либо по мере необходимости, если пыль или другие осадки от загрязненной атмосферы проводящие или становятся такими при увлажнении. В последнем случае следует следить за степенью загрязнения, так как оно может привести к перекрытию изоляции.

У выключателей ВМГ-133 случаются поломки изолятора тяги, вследствие чего при отключении выключателя одна из фаз может остаться под напряжением. Необходимо внимательно осматривать тяги и при обнаружении поломки вывести выключатель в ремонт.

В баковых выключателях на открытых распределительных устройствах в зимних условиях при снижении температуры воздуха ниже -25°C значительно ухудшаются условия гашения дуги. Из-за низкой температуры масло загустевает и оказывает большее сопротивление движению подвижных контактов, замедляет движение их, т. е. замедляет отключение, что может привести к чрезмерному выделению газа и разрыву бака. Поэтому, чтобы сохранить отключающую способность выключателя при низких температурах, масло подогревается установленными внутри бака электрическими подогревателями. Необходимо следить, чтобы подогрев включался в случаях, когда температура -25°C или ниже держится в продолжение не менее суток. Объем масла в баке обладает значительной тепловой инерцией, и поэтому температура масла следует за колебаниями температуры наружного воздуха с отставанием на несколько часов и, кроме того, она несколько (на $3-7^{\circ}\text{C}$) выше температуры воздуха. При повышении температуры выше -20°C подогрев следует отключать.

В малообъемных выключателях загустевшее масло может значительно ухудшить условия гашения дуги, так как не будет быстро протекать в каналах гасительной камеры. Поэтому и для малообъемных выключателей, установленных в шкафах КРУН, требуется подогрев, включаемый при снижении температуры воздуха до -30°C .

Понижение температуры наружного воздуха оказывает влияние и на работу электромагнитных приводов выключателей, замедляя их движение при застывании смазки. Поэтому сердечник электромагнита и другие движущиеся части (в зимних условиях) для уменьшения трения покрываются незамерзающей смазкой, имеющей температуру застывания не выше -40°C (например, АФ-70, ГОИ-54, ЦИАТИМ-201, НК-30). Если шкафы приводов уплотнены, может быть применен и подогрев привода электронагревателем, включаемым при температуре -5°C .

При осмотрах необходимо проверять отсутствие посторонних предметов на приводе, целостность основных деталей, в частности пружин, наличие шплинтов в осях вращения рычагов, защелок. Следует обращать внимание на состояние блок-контактов (правильность положе-

ния, наличие обгорания или окисления), так как неудовлетворительное состояние блок-контактов может привести к отказу в работе выключателя из-за нарушения цепи управления. Следует также проверять правильность положения указателя включенного или отключенного состояния выключателя. Во время осмотра трогать руками детали привода запрещается как на включенном, так и на отключенном выключателе.

В воздушных выключателях сжатый воздух, являющийся гасящей средой и рабочим телом для приводного механизма, поступает внутрь камер гашения по изолирующим фарфоровым трубам. Во избежание выделения из воздуха влаги, осаждающейся на изоляции, что приводит к перекрытию и повреждению выключателя, воздух должен быть совершенно сухим. Воздух, поступающий от компрессоров в баки выключателя, достаточно осушен. Однако, поскольку гасительные камеры через выхлопные окна связаны с атмосферой, внутрь может попасть влажный атмосферный воздух. Для того чтобы внешний воздух не попадал внутрь, должна осуществляться постоянная продувка внутренней полости выключателя сухим воздухом. Наличие продувки контролируется специальным указателем, установленным на корпусе выключателя и состоящим из стеклянной трубки, внутри которой струей проходящего воздуха поддерживается во взвешенном состоянии легкий алюминиевый шарик. Расход на продувку должен быть отрегулирован по манометру согласно указаниям завода. При этом шарик должен находиться примерно в середине стекла. Опускание шарика будет свидетельствовать об уменьшении или полном прекращении продувки.

Расход воздуха на продувку не должен вызывать снижения давления в резервуаре выключателя более 1 кг/см^2 в час (при закрытых вентилях от магистрали) и не должен превышать, по заводским данным, на все три фазы выключателя:

ВВН-35 — 500 л/ч;	ВВН-154 — 1 200 л/ч;
ВВ-2503 — 960 л/ч;	ВВ-220 — 2 700 л/ч*;
ВВ-110/600 — 600 л/ч;	ВВН-220 — 3 000 л/ч*;
ВВН-110 — 1 200 л/ч;	ВВ-400 — 7 500 л/ч;
	ВВ-500 — 3 600 л/ч.

* По данным эксплуатации для надежной работы рекомендуется расход на продувку увеличить в 1,5 раза.

Необходимо следить за целостью и загрязнением фарфоровых покрышек гасительных камер, шунтирующих сопротивлений, опорных колонок.

Для очистки воздуха, поступающего к выключателю, устанавливаются фильтры, которые периодически, по мере загрязнения следует очищать. Наиболее часто это необходимо делать в весенний и осенний период при наибольшей влажности воздуха.

Система клапанов выключателя, расположенная в шкафу управления каждого полюса выключателя, оборудована электроподогревом во избежание обледенения клапанов в зимнее время. Обледенение происходит вследствие замерзания конденсирующихся из воздуха водяных паров. Обледенение клапанов нарушает работу выключателя, ухудшает условия гашения дуги и может привести к повреждению выключателя. Для предотвращения обледенения при снижении температуры наружного воздуха до $+5^{\circ}\text{C}$ подогрев должен быть включен и не отключаться до тех пор, пока температура не будет устойчиво держаться выше $+5^{\circ}\text{C}$. Для надежной работы аппаратуры пневматического управления выключателя, установленной в агрегатном шкафу, также предусматривается обогрев, включаемый одновременно с обогревом выключателя.

Водоспускные вентили воздухоотборников компрессорной также снабжаются нагревателями, которые включаются в работу в зимнее время непосредственно в момент удаления скопившейся влаги во избежание намерзания льда на вентиле. Спуск влаги должен производиться не реже 1 раза в трое суток (при наличии постоянного дежурного персонала) или по графику, одновременно с осмотром.

При осмотре необходимо контролировать величину рабочего давления воздуха по манометрам. У выключателей, предназначенных для работы с АПВ, давление должно быть в пределах 19—21 *ати*, а у выключателей, работающих без АПВ, — в пределах 16—19 *ати*. Необходимо обращать внимание на целостность уплотнений гасительной камеры — не выдуты ли они во время операций, на плотность заслонок выхлопных козырьков гасительных камер и на обледенение козырьков в зимнее время. Значительное обледенение и образование сосулек не допускается. Следует также обращать внимание

на отсутствие течи масла из демпфера привода отделителя.

Утечку воздуха можно иногда обнаружить на слух, не приближаясь, однако, к токоведущим частям.

При отключенном выключателе следует проверять правильность положения отделителя — он должен устанавливаться под углом $70\text{—}75^\circ$ к горизонтали. Оставление ножа под другим углом свидетельствует о неисправности привода. При включенном отделителе нож должен целиком входить в губки контакта. Толщина льда на контактах допускается не более 10 мм; при большей толщине следует сбить лед посредством изолирующей штанги.

6. НАДЗОР ЗА МАСЛОНАПОЛНЕННОЙ АППАРАТУРОЙ

К маслонаполненной аппаратуре, кроме выключателей, можно отнести трансформаторы напряжения, трансформаторы тока напряжением 35 кВ и выше, маслонаполненные вводы, масляные реакторы, конденсаторы связи.

Уход за трансформаторами тока напряжением 35 кВ и выше, состоит в наблюдении за уровнем масла, который нормально должен быть на середине маслоуказателя. Следует обращать внимание на отсутствие течи масла как через прокладки, так и через армировочные швы на фланцах; на состояние фарфоровой крышки в отношении загрязнений, трещин, сколов и следов перекрытия изоляции и на выброс масла через предохранительный клапан на крышке трансформатора, что свидетельствует о повреждении витковой изоляции и перекрытии внутри трансформатора. Такой трансформатор следует немедленно вывести из работы.

Режим работы трансформаторов напряжения практически соответствует режиму холостого хода, и трансформатор находится в холодном состоянии. Поэтому старения масла и изоляции от нагрева практически не происходит. Однако иногда возникают витковые замыкания в обмотках и повреждение изоляции магнитопровода и стяжных болтов. Это влечет разложение масла и снижение температуры вспышки масла.

Надзор за трансформаторами напряжения состоит в контроле уровня масла по маслоуказателю, обнару-

жении течи масла через прокладки на фланцах или через армировку фарфоровых изоляторов. Уровень масла должен находиться в нормальных пределах (вблизи середины стекла маслоуказателя). Необходимо также следить за состоянием адсорбента во влагопоглотителе и своевременно заменять его. Для контроля за состоянием масла необходимо периодически брать пробу масла, обращая внимание на электрическую прочность его и на температуру вспышки. Снижение температуры вспышки более чем на 5°C от первоначальной указывает на наличие повреждения в трансформаторе. При снижении уровня масла ниже нормального следует произвести доливку сухого масла, имеющего электрическую прочность, указанную в табл. 2. Доливка производится при отключенном трансформаторе напряжения. В небольших трансформаторах напряжения до 20 кВ вместо отбора проб масло может подвергаться полной замене на свежее.

При осмотрах трансформаторов напряжения нужно проверять, нет ли в баке повышенного шума, треска, перекрытий. При обнаружении таких явлений трансформатор должен быть немедленно отключен от шин. Следует, однако, перед этим вывести из действия релейные защиты и другие устройства, могущие ложно сработать при отключении трансформатора напряжения. У трансформаторов напряжения до 35 кВ, имеющих предохранители и добавочные защитные сопротивления, необходимо следить за исправностью предохранительных патронов, опорных изоляторов. Целость плавких вставок предохранителей может быть определена только по показаниям приборов, питаемых от трансформатора напряжения, или по сигнализации целости предохранителей на щите управления. Необходимо следить за исправностью контакта патронов с губками, целостью фарфора патрона, чистотой и целостью опорных изоляторов.

Маслонаполненные вводы на напряжение 110 кВ и выше нашли широкое применение для трансформаторов, масляных реакторов и выключателей. Реже они применяются в качестве проходных изоляторов для ввода линий 110 кВ и выше в закрытое распределительное устройство. Надзор за вводами сводится к контролю по маслоуказателю уровня масла, отсутствия утеч-

ки масла, состояния прокладок, стеклянного расширителя, армировки, состояния адсорбента в воздухоосушителях; состояния внешней поверхности фарфоровых покрышек (в части наличия трещин, сколов, загрязнения и т. д.).

Масляные реакторы мало отличаются от силовых трансформаторов, поэтому надзор за их работой почти такой же, как и за трансформаторами. Кроме наблюдения за состоянием фарфоровых изоляторов и контактных соединений, следует вести надзор за температурой масла и обеспечивать нормальную работу вентиляторов обдува или других охлаждающих устройств. Необходимо следить за газовым реле, проверять отсутствие газа или воздуха по смотровому окну; при получении сигнала о появлении газа должна быть взята проба газа для химического анализа и проверки на горючесть. При наличии горючих газов необходимо отключить реактор. Следует проверять состояние воздухоосушителей и своевременно заменять адсорбент. При осмотрах необходимо обращать внимание на ненормальный шум реактора, треск от внутреннего перекрытия, ненормальную вибрацию.

При обнаружении таких ненормальностей реактор следует вывести из работы.

Надзор за высоковольтными конденсаторами связи сводится к контролю целости фарфоровой изоляции и наличия герметичности, что может быть обнаружено по появлению течи масла. При обнаружении трещин фарфора или течи масла конденсатор должен быть выведен из работы и отсоединен от ошиновки, так как снижение уровня масла может привести к повреждению конденсатора (пробою).

7. НАДЗОР ЗА СУХИМИ РЕАКТОРАМИ

Сухие реакторы, предназначенные для ограничения тока короткого замыкания, выполняются в виде обмотки из изолированного провода, закрепленной на бетонных колонках.

Реакторы устанавливаются в отдельных камерах распределительного устройства с естественной вентиляцией. Бетон колонок реактора должен быть просушен и покрыт слоем олифы и лака, защищающего его от

увлажнения. Увлажнение бетонных колонок недопустимо, так как вследствие возникновения на витках реактора при коротком замыкании значительной величины напряжения, наличие влаги в бетоне может явиться причиной перекрытия между витками обмотки.

Бетонные реакторы являются весьма простыми аппаратами и требуют минимального ухода. Надзор сводится к контролю нагрева контактов с подведенной ошиновкой. Следует иметь в виду, что при размещении реакторов в камерах не все контакты хорошо видны и доступны для контроля без отключения напряжения. Обмотка реактора также нагревается при протекании тока нагрузки. Необходимо следить, чтобы вентиляция камер действовала исправно. Обычно воздух поступает из кабельного туннеля или канала и после омывания реактора выбрасывается через жалюзи в верхней части стены камеры реактора.

Необходимо следить, чтобы в зимнее время жалюзи закрывались во избежание заноса снега в камеру и попадания влаги на обмотку реактора или бетонные колонки. Наоборот, в теплое время года жалюзи следует держать открытыми, чтобы не допускать перегревов реактора.

Необходимо также обращать внимание на состояние изоляторов — их целостность, чистоту и т. п. Следует проверять запыленность реакторов. В ряде случаев через жалюзи ветром заносится пыль, осаждающаяся на обмотке, бетоне реактора, на изоляторах. При осмотрах следует проверять отсутствие трещин в бетоне и в лаковом покрытии бетона, а также состояние изоляции витков реактора. Необходимо обращать внимание на наличие шума, дребезжания, тресков и т. п., что свидетельствует о ненормальном состоянии реактора. После коротких замыканий за реактором следует осматривать реактор, чтобы убедиться в отсутствии деформации витков, трещин в бетоне и других дефектов.

8. РЕЖИМ ОТОПЛЕНИЯ И ВЕНТИЛЯЦИИ ЗАКРЫТЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

В закрытых распределительных устройствах, построенных в виде отдельных зданий, отопление не предусматривается, и поэтому зимой температура воздуха

в здании может не отличаться от температуры наружного воздуха. Закрытые распределительные устройства, расположенные внутри производственных зданий (главного корпуса электростанции и т. п.), имеют температуру значительно выше, чем наружный воздух. В зимнее время все оборудование закрытых распределительных устройств может работать при любых температурах, которые практически могут быть в помещении. Только в особо суровых климатических условиях может потребоваться обогрев помещений, причем до температуры не выше чем -25 или -20°C , при которой аппаратура может работать нормально.

Вентиляция распределительного устройства должна быть достаточной. Естественная вентиляция обеспечивается наличием в наружных стенах вентиляционных проемов, расположенных на разных отметках. Нагретый воздух уходит через верхние отверстия и заменяется холодным воздухом, поступающим через нижние вентиляционные проемы снаружи. Однако, когда температура воздуха летом высока, сила тяги ослабляется и, кроме того, охлаждающее действие воздуха уменьшается. Это влечет повышение температуры воздуха в здании, особенно в верхних этажах, за счет нагрева шин, что нежелательно для токоведущих частей. В распределительном устройстве летом температура не должна быть выше наружной более чем на 15°C , в противном случае необходимо улучшать вентиляцию.

В холодное время года в распределительном устройстве может происходить отпотевание изоляции вследствие того, что при охлаждении воздуха из него выделяются водяные пары, которые, осаждаясь на холодных поверхностях, конденсируются в виде росы.

Такое явление может произойти, если после долгого периода стояния низких температур наружного воздуха наступит резкое потепление и при отсутствии вентиляции воздух в помещении будет холоднее, чем снаружи. Тогда при попадании наружного теплого и влажного воздуха на холодную поверхность изоляторов (при открытии дверей) на них выпадет роса. Наиболее сильное отпотевание происходит при малой подвижности воздуха. Осаждение влаги на гигроскопичной (деревянной и бакелитовой) изоляции приводит к повышенным токам утечки, которые нагревают изоляцию и постепенно при-

водят к подгоранию и перекрытию ее. Аналогичное явление может иметь место и в осенний период, когда оставшийся в помещении теплый влажный воздух начинает охлаждаться от резкого похолодания наружного воздуха. В данном случае отпотевание (в виде инея) будет на наружных стенах и оборудовании, установленном на них.

Выпадение росы на чистую поверхность фарфоровой изоляции не вызывает особых неприятностей, поскольку токами утечки влага быстро высушивается и ток прекращается. Однако в распределительных устройствах, расположенных в районах загрязненной атмосферы, отпотевание может вызвать перекрытие и фарфоровой изоляции, так как осадки с влагой создают проводящие мостики, не пропадающие при высушивании.

В распределительных устройствах, расположенных в зонах с атмосферой, загрязненной пылью или химическими веществами, вентиляция должна быть искусственной. Все проемы, окна, двери должны быть уплотнены, а забор воздуха для вентиляции следует производить через фильтры. Можно также предотвратить попадание пыли в помещение, если постоянно поддерживать в нем с помощью вентиляторов давление немного (на несколько сантиметров водяного столба) выше, чем снаружи.

Таким образом, с целью предотвращения отпотевания изоляции необходимо поддерживать температуру воздуха в распределительном устройстве на таком уровне, чтобы не происходило выпадения росы. При осеннем похолодании в начале зимы, перед уплотнением вентиляционных проемов на зиму, необходимо производить проветривание помещений распределительного устройства в ясную сухую погоду с тем, чтобы летний воздух с большой абсолютной влажностью был заменен на менее влажный холодный воздух. Вентиляция продолжается до полной смены воздуха и понижения температуры воздуха в распредустройстве не ниже чем до $+1 \div +2^\circ \text{C}$, но должна происходить быстро, чтобы не было охлаждения оборудования и стен. При резком потеплении во время зимы следует исключать попадание внутрь наружного воздуха, если он теплее внутреннего [Л. 4].

Обычно в больших распределительных устройствах благодаря нагреву шин и реакторов температура внутри помещения поддерживается не ниже $-10 \div -15^\circ \text{C}$ или

на 10—12°С выше температуры наружного воздуха. Это позволяет зимой не опасаться попадания теплого воздуха снаружи при резких потеплениях.

Распредустройства, не имеющие бакелитовой или деревянной изоляции и расположенные в незагрязненной атмосфере, перед наступлением холодов можно не вентилировать, поскольку отпотевание для них менее опасно. Если же в таких распредустройствах смонтирована и аппаратура вторичных соединений (релейная защита, приборы и т. п.), то отпотевания следует не допускать, так как оно может нарушить работу вторичных цепей.

В распределительном устройстве электрофильтров при работе механических выпрямителей в воздухе вследствие искрового разряда появляются окислы азота и озон, являющиеся вредными для обслуживающего персонала. Для очистки воздуха предусматривается искусственная приточно-вытяжная вентиляция, обеспечивающая 5-кратный обмен воздуха в час. Необходимо следить, чтобы вентиляция работала все время в течение работы механических выпрямителей.

9. ОСМОТРЫ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Осмотры распределительных устройств производятся периодически в сроки, зависящие от принятого вида обслуживания. На объектах с постоянным дежурством персонала (станции, подстанции), а также на объектах с дежурством на дому (подстанции, гидроэлектростанции) осмотр следует производить 1 раз в сутки. При этом осмотр открытых распределительных устройств следует производить в светлое время суток, так как днем легче заметить различные мелкие дефекты изоляторов (трещины, царапины и т. п.). Если в дневное время производятся ремонтные работы, то желательно осмотр производить после ухода ремонтной бригады. Если на станции имеется несколько больших распределительных устройств и производится большое количество оперативных работ, то целесообразно закрепить за каждой дежурной сменой определенное устройство, так как обойти все распределительные устройства в течение смены, обеспечив внимательный осмотр, затруднительно. Наибольший объем осмотров следует переносить на ночное время, свободное от работ. Целесообразно также время от времени менять персонал, осматривающий данное распре-

делительное устройство, так как со временем человек привыкает к виду оборудования, внимание притупляется и ряд появившихся дефектов может остаться незамеченным.

Кроме осмотров в дневное время, не реже 1 раза в месяц следует производить осмотр распределительных устройств в темноте с тем, чтобы проверить наличие коронирования, разрядов, перегревов контактов и т. п.

На объектах без постоянного дежурного персонала (ГЭС, подстанции) осмотр выполняется в сроки, совпадающие со сроками осмотра трансформаторов, т. е. не реже 1 раза в месяц, а в трансформаторных пунктах не реже 1 раза в 6 мес.

После отключения короткого замыкания необходимо произвести внеочередной осмотр распределительного устройства с целью проверки состояния оборудования, по которому протекал ток к. з.

Открытые распределительные устройства, расположенные в местностях с загрязненной атмосферой, кроме осмотров по графику, необходимо осматривать при неблагоприятной погоде (мокрый снег, дождь и т. п.). При резких изменениях температуры воздуха, особенно в зимнее время, необходимо обращать особое внимание на фарфоровую изоляцию, так как фарфор от резких перемен температуры может трескаться.

Поскольку осмотры оборудования распределительных устройств преследуют цель своевременного выявления недостатков и ненормальностей в работе, они должны проводиться тщательно, без торопливости, иначе ряд недостатков не будет обнаружен. Каждый элемент оборудования должен быть осмотрен в пределах видимости из проходов, по возможности с разных сторон.

При осмотрах необходимо соблюдать правила техники безопасности, т. е. не снимать и не открывать сетчатых ограждений с целью подойти поближе к оборудованию; камеры с выключателями и другим оборудованием, имеющие сплошные двери без смотровых окон, следует осматривать, стоя на пороге камеры, не протягивая рук и не наклоняя головы внутрь камеры. При осмотре нельзя иметь в руках каких-либо предметов, кроме ключей от дверей.

Только в распределительных устройствах, где нижние фланцы изоляторов расположены на высоте не менее

2 м от пола, а неогражденные токоведущие части расположены не ниже 2,75 м при напряжении 35 кВ или 3,5 м при напряжении 110 кВ, разрешается одиночному дежурному при осмотрах входить за ограждение камер.

Для каждого распределительного устройства желательно придерживаться определенного маршрута обхода для сокращения времени на повторные проходы мимо уже осмотренного оборудования. Так, например, в трехкоридорном распределительном устройстве при осмотре среднего коридора следует, идя в одном направлении, осматривать только одну сторону, а при возвращении — противоположную сторону, чтобы не пропустить какой-либо камеры. Точно так же последовательно следует обходить этажи многоэтажного распределительного устройства.

Особенно важно иметь определенный маршрут при осмотре сетевых ТП, разбросанных по городу и находящихся на значительных расстояниях друг от друга. То же самое следует сказать и о подстанциях с централизованным обслуживанием.

При осмотрах оборудования распределительного устройства необходимо обращать внимание на состояние отдельных узлов и деталей оборудования, которые были указаны выше при описании обслуживания отдельных видов оборудования.

Кроме указанного, следует обращать внимание на следующее оборудование.

Вентильные разрядники — следует проверять целостность фарфора покрышек разрядных дисков и шунтирующих сопротивлений и показание регистраторов срабатывания (РВР).

В закрытых распределительных устройствах, а также на сборках у трансформаторов необходимо проверять концевые заделки силовых кабелей напряжением выше 1000 В на отсутствие вытекания массы, нагрева контактов с ошиновкой, следов влаги на заливке, трещин (в холодное время года), следов разрядов на поверхности массы в воронках, а также наличие бирок и надписей.

В распределительных устройствах, где аппаратура релейной защиты и измерительные приборы установлены в шкафах, расположенных в коридоре или на стенках камер, или же встроена в конструкцию, как, например

в КРУ, следует обращать внимание на состояние приборов и реле, видимых с прохода. При осмотре проверяется, нет ли выпавших блинкеров, разбитых стекол приборов и реле, заскочивших за упор стрелок приборов, целостность сигнальных ламп, соответствие сигнализации положению выключателей, действие счетчиков и т. п.

Необходимо проверять исправность освещения, как общего (рабочего и аварийного) — в коридорах и проходах, так и в каждой камере. Если в камерах, например, шинных разъединителей от освещения коридора не получается достаточной видимости оборудования (могут быть тени от стенок камер), следует при осмотре применять переносные фонари. При осмотрах допустимо заменять перегоревшие лампы, если при этом не приходится приближаться к токоведущим частям.

При осмотрах, особенно после проведенных ремонтов, следует проверять целостность и наличие присоединения корпусов аппаратов к сети заземления.

При осмотрах распределительного устройства следует проверять наличие защитных средств (оперативные штанги, указатели напряжения, клещи для снятия предохранителей, диэлектрические перчатки, галоши, защитные переносные заземления, переносные плакаты), их пригодность (по сроку, указанному на наклейке или штампе защитного средства) и исправное состояние по внешнему виду (прочность крепления деталей, целостность изоляторов). Также проверяются наличие и целостность переносных фонарей (если они должны быть), противопожарных средств и средств подачи первой помощи. Должно быть проверено наличие переносных заземлений на местах их хранения и соответствие количества отсутствующих заземлений числу установленных в распределительном устройстве согласно оперативной суточной схеме.

Необходимо обращать внимание на чистоту помещений и территории распределительного устройства, наличие свободного подхода и подъезда и исправность строительных конструкций.

В помещениях следует проверять при дожде или таянии снега отсутствие течи в крыше и целостность штукатурки стен и потолка. При наличии трещин, отставании от стен и потолка штукатурки не исключена возможность падения ее на токоведущие части, что может

вызвать замыкание на землю или между фазами. Особенно это опасно для сборных шин, обычно находящихся на верхнем этаже распределительного устройства.

Необходимо также проверять исправность дверей основных и запасных выходов, замков, целостность стекол в окнах, наличие сеток на вентиляционных проемах (во избежание попадания внутрь птиц), а также отсутствие отверстий в стенах и полу, особенно в местах прохода кабелей.

Следует обращать внимание на наличие и исправность надписей на отдельных камерах на приводах оборудования и на дверях распределительного устройства.

При осмотрах распределительных устройств следует закрывать за собой дверь или калитку во избежание случайного проникновения внутрь посторонних лиц или животных.

Особенно тщательно должны осматриваться помещения распределительных устройств без постоянного дежурного персонала, поскольку осмотры таких помещений производятся редко.

При осмотрах открытых распределительных устройств следует обращать внимание на состояние фундаментов под оборудованием и металлоконструкций. Бетон не должен иметь трещин, на фундаменты не должно попадать масло, которое при длительном воздействии разрушает наружный слой бетона. Следует также проверять целостность бетонных плит, перекрывающих кабельные каналы.

Кабельные туннели и каналы должны содержаться в чистоте и сухими. При появлении воды (грунтовой, дождевой) следует принимать меры к откачке насосом. Следует проверять целостность боковых стенок каналов, отсутствие незаделанных отверстий, через которые ливневые воды с поверхности площадки могут стекать в каналы. В кабельных туннелях проверять исправность освещения, наличие ламп, отсутствие посторонних предметов, особенно горючих.

10. ВЫПОЛНЕНИЕ ОПЕРАТИВНЫХ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЙ

Изменение схемы распределительного устройства, т. е. включение или отключение того или иного присоединения, деление сборных шин на отдельные секции,

перевод присоединений с одной системы шин на другую и т. п., производимое с помощью коммутационных аппаратов, называется оперативным переключением. Для выполнения оперативных переключений служат выключатели и разъединители. Выше было сказано, для каких операций предназначены те и другие. На тех присоединениях, где в цепи находятся выключатель и разъединитель, операции по отключению присоединения начинаются выключателем, а операции по включению присоединения завершаются выключателем. В цепях, где выключателя не имеется, операции производятся разъединителем.

Включение выключателей, имеющих электромагнитный привод, посредством ключей или кнопок управления должно производиться поворотом ключа управления или нажатием кнопки до отказа с задержкой в таком положении до загорания сигнальной лампы «включено». Время включения большинства выключателей невелико и не превышает 0,4 сек, но большие баковые масляные выключатели (110 кВ и выше) включаются через 0,9 — 1,1 сек, поэтому необходимо задерживать ключ до полного включения привода.

Отключение выключателей ключами управления не требует никакой задержки ключа или кнопки после поворота или нажатия до отказа, так как импульс мгновенно передается электромагниту отключения, который ударом сердечника сбивает удерживающую собачку. Отключение же производится под действием отключающих пружин выключателя.

Отключение может быть произведено воздействием вручную на кнопку отключения непосредственно на приводе.

У приводов ПВС-150, ШПС-30 и им подобных кнопка отключения выведена наружу из шкафа привода, и, так как требуется преодолеть значительное натяжение пружины, для отключения необходим довольно сильный удар рукой по отключающей кнопке.

Включение выключателей ручным (рычажным или штурвальным) приводом следует производить быстро и до загорания лампы «включено». Отключение производится без особого усилия, поворотом штурвала в обратном (по отношению к операции включения) направлении до отказа.

После выполнения операции отключения выключателя, если она выполняется в случае необходимости отключения разъединителя в той же цепи, необходимо проверить отключенное положение выключателя. На выключателях, у которых рабочие контакты или отключающая часть расположены снаружи (МГГ-10, МГГ-229, ВМГ-133, ВВН-110 и др.), отключенное положение контролируется по положению этих частей. Положение баковых выключателей проверяется по указателю, связанному с валом выключателя и расположенному на корпусе выключателя.

Если выводится в ремонт сам выключатель или цепи вторичных соединений и релейной защиты присоединения, должны быть сняты предохранители как в силовой цепи электромагнита включения, так и в цепи электромагнита отключения.

При переводе присоединения с одной системы шин на другую с помощью шиносоединительного выключателя также необходимо отключить оперативный ток цепей управления и защиты с этого выключателя во избежание ошибочного или автоматического отключения его, что может привести к ненормальным режимам и обесточению ряда присоединений или даже к короткому замыканию в момент разрыва разъединителем тока нагрузки.

В ряде электрических сетей, оборудованных выключателями, не имеющими электромагнитных приводов, для обеспечения автоматического включения резерва и в других случаях, когда требуется автоматическое включение выключателя, используются приводы типа УППП, ПГ-10, ПГМ-10 и др. Выключатели, снабженные такими приводами, могут включаться оперативно или автоматически только посредством падающего груза. Для заводки привода, т. е. для подъема груза, необходимо повернуть штурвал до отказа против часовой стрелки. Чтобы включить выключатель, необходимо, нажимая на кнопку «включить» (или дистанционно через катушку включения), освободить защелку, удерживающую груз, который, падая, включает выключатель. В приводах, снабженных автоматическим электродвигательным редуктором (АМР) для подъема груза, после каждой операции включения груз автоматически поднимается снова в верхнее положение от действия АМР. Отключение

производится обычно кнопкой или через катушку отключения посредством освобождения удерживающей собачки.

Операция с разъединителями, имеющими дистанционное управление электродвигательным приводом, отличается от операций с выключателями только тем, что ключ или кнопка не задерживается в положении на включение до получения сигнала о закончившейся операции, так как завершение операции обеспечивается самой схемой управления. Что касается операции посредством ручного привода, то поскольку в ряде случаев отключаемый или включаемый разъединитель находится в непосредственной близости от лица, выполняющего операцию, следует соблюдать определенный порядок и необходимые меры предосторожности.

Прежде чем начинать операцию ручным приводом разъединителя, необходимо, применяя блокировочный ключ, отпереть замок блокировки, запирающий привод в данном положении. Если ключ не освобождает стопор замка, что может быть вследствие ошибочности операции или неисправности блокировки, необходимо внимательно разобраться в причине этого, а не деблокировать замок вручную. Как показала практика, в большинстве случаев отказ замка блокировки был вызван тем, что ключ ошибочно вставлялся в замок другого присоединения и блокировка, действуя совершенно правильно, запрещала операцию. Однако персонал, не выяснив причины отказа и считая виною неисправность блокировки, деблокировал замок вручную и производил ошибочную операцию, приводившую к повреждению оборудования и в ряде случаев к поражению оператора световым и тепловым действиями дуги. Поэтому при всяких отказах блокировки в первую очередь следует проверить правильность выбора присоединения для выполнения операции.

Если блокировка отсутствует или выведена из действия, следует до производства операции тщательно проверить правильность ее выполнения, чтобы избежать ошибки.

В распределительных устройствах, где привод разъединителя расположен на фронтальной стенке камеры, а разъединитель — в той же камере на задней стене и камера имеет сетчатое ограждение, при операции

с разъединителем следует стоять не против камеры, а несколько в стороне (справа или слева, в зависимости от расположения рукоятки привода).

Если с места установки привода разъединитель виден, нужно следить при операции за ходом ножей. При отключении или включении разъединителей с помощью рычажного привода приходится прикладывать значительное усилие, особенно для тяжелых разъединителей (на большие токи или разъединители наружной установки 110 кВ и выше), и поэтому невозможно осуществить движение ножа на небольшое расстояние и сразу остановить движение (при отключении). Таким образом, не удастся заметить по появлению дуги, что отключение производится неправильно, и вовремя прекратить неправильную операцию. Если же используется червячный привод, который позволяет передвигать нож на небольшое расстояние, причем медленно, с небольшим усилием, возможно, глядя на отключаемые ножи, обнаружить по появлению дуги, что происходит неправильное отключение и сразу же, приостановив движение, вернуть ножи в прежнее положение. Однако возвращать ножи при операции включения, если в конце хода возникнет дуга, ни в коем случае не следует, и необходимо даже неправильную операцию довести до конца, потому что возникшая дуга при отводе ножа не гаснет, а наоборот, растянется и вызовет повреждение разъединителя. При включении разъединителя на короткую релейная защита во всех случаях отключит и обесточит шины как при замыкании через дугу, так и без дуги, но в последнем случае будет меньше повреждение оборудования и меньше потребуются время для восстановления нормальной работы.

Таким образом, оперируя разъединителем посредством рычажного привода, нужно все операции быстро доводить до конца, уменьшая, однако, усилие в конце хода во избежание удара, могущего вызвать поломку изоляторов.

При операциях с разъединителями 110 кВ и выше с поворотными колонками, составленными из штыревых изоляторов, необходимо следить за ходом ножей и состоянием изоляторов, которые могут во время операции поломаться. Особенно в зимних условиях при обледенении контактов операции следует производить осто-

рожно, без резких рывков, постепенно, несколькими толчками раскачивать нож до его свободного выхода из контактов, если на ноже нет устройства для ломки льда. Также и при включении, если нож из-за наледи сразу не входит в губки, нужно легкими толчками ножа сбить лед и затем включить нож полностью.

Операции с однополюсными разъединителями, выполняемые с помощью оперативной штанги, обычно производятся в сетях 6—10 кВ с изолированной нейтралью. При ошибочном отключении одной фазы при смешанной нагрузке сети на отключенной фазе остается напряжение и при отведении ножа появится дуга, которая указывает на неправильную операцию. Так как усилия при операциях штангой вручную прикладываются достаточно большие, нож оказывается отведенным на значительное расстояние, тем не менее, если при отводе ножа обнаружится дуга, следует нож включить обратно. Если этого не сделать, отключение последующей фазы приведет к разрыву тока нагрузки и будет сопровождаться повреждением разъединителя.

При перекрытии дугой разъединителей в случае ошибочного отключения играет роль их взаимное расположение. Так, например, при отключении тока разъединителем, находящимся в средней фазе, возможность перекрытия увеличивается в 2 раза по сравнению с отключением крайней фазы. На сборках с вертикальным расположением фаз (шин и разъединителей) в наиболее опасном положении находятся разъединители нижних фаз, так как дуга свободно перебрасывается вверх, но почти никогда не перебрасывается вниз. Следовательно, при расположении разъединителей в горизонтальном ряду следует в первую очередь отключать средний (рис. 9,а). При вертикальном расположении по той же причине следует первым отключать также средний, затем верхний и, наконец, нижний (рис. 9,б).

Разъединителями, установленными в цепях, где не имеется выключателя, разрешается [Л.6] производить отключение и включение:

а) измерительных трансформаторов напряжения на всех напряжениях, поскольку токи их нагрузки весьма малы;

б) зарядного тока сборных шин и оборудования всех напряжений, обладающих малой емкостью, т. е. малым

зарядным током (выключатели, вентильные разрядники, бетонные реакторы);

в) зарядного тока воздушной линии электропередачи напряжением до 20 кВ включительно любой протяженности, напряжением 35 кВ протяженностью до 30 км (при условии отсутствия замыкания на землю в сети в момент производства операции) и напряжением 110 кВ протяженностью до 20 км;

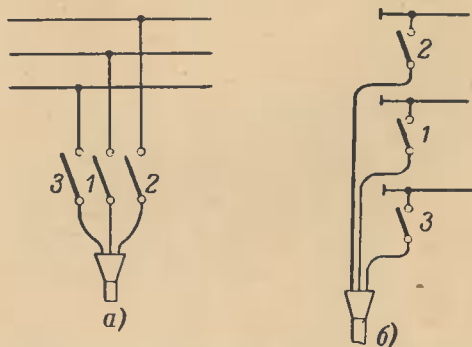


Рис. 9. Схема последовательного отключения однополюсных разъединителей при горизонтальном (а) и при вертикальном (б) расположении.

г) зарядного тока кабельной линии напряжением до 10 кВ включительно протяженностью не более 10 км при условии отсутствия в сети в момент операции замыкания на землю; это требование вызвано тем, что в разветвленных сетях 6—10 кВ с изолированной нейтралью может быть значительный ток однофазного замыкания на землю и поэтому отключение такого тока может вызвать значительную дугу; однако практика показывает, что ток порядка 25 А при однофазном замыкании в некомпенсированной сети 6 кВ в сухую погоду может быть отключен разъединителем с механическим приводом;

д) уравнительного тока до 70 А в кабельных и воздушных сетях напряжением до 10 кВ включительно; уравнительные токи появляются вследствие перераспределения нагрузок при включении или отключении транзитных линий или линий кольцевого питания;

е) тока нагрузки до 15 а воздушных линий электропередачи в сетях напряжением не выше 10 кв при операции трехполюсными разъединителями с механическим приводом (желательно наличие гасительных рогов);

ж) обходных цепей при включенном положении шунтирующего выключателя; в этом случае замыкается или размыкается одна из параллельных цепей с почти одинаковыми малыми сопротивлениями, как, например, при переводе с одной системы шин на другую;

з) нейтрали трансформатора; если в нейтрали трансформатора, работающего в компенсированной сети, имеется дугогасящая катушка, операция может быть произведена только при отсутствии замыкания на землю, так как при замыкании на землю через дугогасящую катушку и нейтраль может протекать компенсирующий ток значительной величины, опасной для отключения разъединителем; в сетях с глухим заземлением через включенный разъединитель в нормальном режиме никакого тока не протекает, а при замыкании на землю включение разъединителя в этот момент явится включением на короткое замыкание, однако сразу при возникновении дуги защита отключит поврежденный участок и дуга погаснет;

и) тока холостого хода силовых трансформаторов мощностью:

при напряжении до	10 кв	включительно	не более	750	кв
"	20	"	"	5 600	"
"	35	"	"	20 000	"
"	110	"	"	31 500	"

Отключение и включение тока холостого хода трансформаторов при напряжении 20 кв и выше может производиться только горизонтально установленными трехполюсными разъединителями наружной установки всех типов с управлением посредством механического или электрического привода. Применять для операций штангу недопустимо, так как это опасно для оперативного персонала. Возможность отключения тока холостого хода трансформатора разъединителями наружной установки объясняется тем, что на открытом воздухе деионизация за счет течения воздуха и ветра происходит более интенсивно и дуга не растягивается.

Разъединители должны быть с горизонтальным расположением ножей, так как разъединители с вертикальным расположением ножей при напряжении 20 кВ и выше не обеспечивают гашение токов холостого хода трансформаторов указанных выше мощностей. Расстояния между полюсами разъединителей напряжением 20 кВ и выше, предназначенных для таких операций, должны быть 1,6 м при 20 — 35 кВ и 2,5 м при 110 кВ (а у разъединителей с горизонтально поворотными ножами — соответственно 2 и 3 м), в противном случае отключаемая мощность должна быть снижена до 3 200 кВА при 20 — 35 кВ и до 15 000 кВА при 110 кВ.

Для защиты персонала, оперирующего разъединителем, от светового воздействия дуги над ручным приводом должен быть сооружен козырек или навес из листовой стали или асбоцементных плит.

Нейтраль трансформаторов 110 кВ мощностью 20 000 кВА и выше, работающих с заземленной нейтралью, перед отключением тока холостого хода должна при возможности быть заземлена для уменьшения интенсивности дуги. На трансформаторах с присоединенной дугогасящей катушкой при отключении тока холостого хода катушку следует отключать во избежание появления значительных перенапряжений.

Все вышеуказанные ограничения свидетельствуют о том, что эти операции ответственные и производить их нужно с осторожностью. Совершенно недопустимо производить такие операции при неблагоприятных метеорологических условиях: туман, изморозь, дождь.

После отключения выключателя и разъединителя иногда требуется наложить заземление с помощью стационарных заземляющих ножей. Эта операция проста, но при неправильном выполнении может привести к тяжелым последствиям. Ошибочное наложение заземления на необесточенные шины или присоединение приводит к повреждению оборудования и к полному обесточению установки. Поэтому для исключения ошибок необходимо непосредственно перед наложением заземляющих ножей на напряжении до 10 кВ включительно проверять отсутствие напряжения на шинах с помощью указателя напряжения, а на напряжении 35 кВ и выше — при помощи штанги «на искру» и в сырую погоду — по схеме в натуре.

Смена предохранителей напряжением выше 1 000 В

производится с помощью специальных изолирующих клещей, рассчитанных на определенное напряжение (10 или 35 кВ). Снятие и установка предохранителя производится при отключенном разъединителе в цепи предохранителя. Отключение тока нагрузки посредством снятия предохранителя ни в коем случае не допускается. При установке патронов предохранителей следует обращать внимание на то, чтобы была правильно установлена дужка, удерживающая патрон от самопроизвольного выхода из губок при протекании токов короткого замыкания.

Кроме операций, выполняемых с помощью коммутационных аппаратов, производятся операции вспомогательного характера, выполняемые с помощью переносных приспособлений. К таковым относятся: установка переносных заземлений, проверка отсутствия напряжения, измерение тока, фазировка.

Проверка отсутствия напряжения производится обычно перед установкой переносного заземления для обеспечения безопасности выполнения работы на токоведущих частях и выполняется с помощью указателя напряжения, действующего на принципе протекания емкостного тока. При использовании указателя напряжения, рассчитанного для напряжения 10 кВ, в распределительстве 35 или 110 кВ он должен быть укреплен на оперативной штанге, рассчитанной на применение в данной установке. Кроме того, в открытых распределительных устройствах 35 и 110 кВ к рабочей части указателя должен быть пристроен искровой промежуток на разрядное напряжение 8—10 кВ, который, кроме горения лампы указателя, при наличии напряжения создает треск разряда. Применение штанг в открытых распределительных устройствах всех напряжений разрешается только в сухую погоду.

Установка переносных заземлений производится совместно с проверкой отсутствия напряжения и составляет как бы одну операцию. Порядок операции должен быть следующим. К месту работы приносятся заземления, штанги, указатель напряжения. Заземление присоединяется барашком к заземляющей проводке. Надев на руки диэлектрические перчатки, лицо, производящее операцию, проверяет исправность указателя напряжения поднесением его к токоведущим частям, заведомо находящимся под напряжением. Горение лампочки ука-

зывает на исправность. Вслед за этим указателем напряжения проверяется отсутствие напряжения на ошиновке, куда намечено установить заземление. Отсутствие горения лампы при касании к трем фазам указывает на отсутствие напряжения. Затем лицо, производящее операцию, специально предназначенной для этого штангой, укрепив на ней один из концов заземления, должно коснуться поочередно всех трех фаз ошиновки, чтобы снять

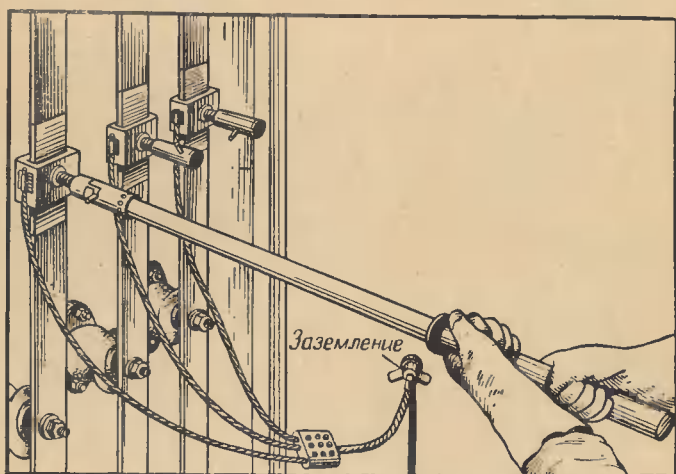


Рис. 10. Установка переносного заземления.

заряд, отведя его в землю. С помощью штанги заземление устанавливается на специальное незакрашенное место на ошиновке и штангой же закрепляется на месте. Таким же порядком устанавливаются и укрепляются заземления на других фазах. В ряде случаев может быть использовано заземление с пристроенными к зажимам изолированными ручками, которые позволяют обходиться без штанги, оперируя руками в диэлектрических перчатках. При установке заземлений необходимо следить, чтобы зажимы были приспособлены к ошиновке, на которую они укрепляются, т. е. для плоской ошиновки зажим должен иметь плоские зажатия, а для круглой — соответствующего диаметра цилиндрические.

Это требуется для обеспечения надежного плотного контакта, так как в противном случае при подаче напряжения на неснятое заземление оно в месте контакта может быть сожжено током или сорвано с места вследствие динамического усилия тока короткого замыкания. В таком случае вместо отключения установки выключателем при действии релейной защиты может получиться значительное повреждение оборудования от дуги короткого замыкания на месте установки заземления, а на месте работ могут быть поражены током люди.

Измерение тока нагрузки на напряжении 6—10 кВ (не выше) производится с помощью токоизмерительных клещей, снабженных встроенным амперметром. Измерение удобнее всего производить на участках кабеля в местах выхода жил из воронок, если при этом лицо, производящее операцию, не должно сгибать или наклонять корпус над прибором. Измерение разрешается производить на изолированных жилах кабеля, расстояние между которыми не менее 250 мм. При производстве операции следует стоять на полу или на прочных подмостях и токоизмерительные клещи держать на весу, не опирая на какие-либо конструкции, шины, изоляторы. На руках должны быть надеты диэлектрические перчатки. Если в измеряемой цепи имеется выключатель (с автоматическим отключением) или предохранитель, измерение следует производить после них, считая от шин.

Фазировкой называется проверка совпадения по фазе напряжений на зажимах двух соединяемых между собой цепей.

Для фазировки применяется прибор, состоящий из соединенных проводом указателя напряжения и трубки с дополнительным сопротивлением, выполненной из указателя напряжения, в котором лампа и конденсатор заменены сопротивлением. При фазировке каждый из указателей крючком присоединяется к точкам, между которыми необходимо проверить фазировку. Фазировать приходится линии (главным образом кабельные) и трансформаторы. Фазировку кабеля производить в месте присоединения его к ошиновке, а трансформатора — на разъединителе (на ножах одно напряжение, на губках другое). Напряжение, измеряемое указателем напряже-

ния для фазировки, может быть равно нулю, фазовому или линейному. Поэтому по яркости горения лампы можно определить, какое напряжение измеряется. Точное измерение напряжения делается с помощью измерительных трансформаторов и приборов.

При фазировке кабеля или трансформатора определяются зажимы, между которыми нет разности потенциалов и поэтому они могут быть соединены между собой.

II. ВВОД ОБОРУДОВАНИЯ В ЭКСПЛУАТАЦИЮ ИЗ РЕМОНТА

При вводе в эксплуатацию того или иного оборудования из состояния ремонта обслуживающий персонал обязан убедиться, во-первых, в исправном действии данного аппарата и, во-вторых, в возможности подключения его на рабочее напряжение.

После окончания ремонта выключателя или разъединителя следует, не снимая заземлений, проверить действие аппарата на включение и отключение. Проверка должна производиться посредством привода. Для уверенности в надежной работе аппарата при различных режимах проверка действия привода производится как при нормальном, так и при повышенном и пониженном значениях напряжения.

Эти проверки производятся при участии обслуживающего (или дежурного) персонала.

Включение масляного выключателя производится по 2—3 раза при 115, 100 и 90% номинального напряжения, если производился капитальный ремонт выключателя, или 2—3 раза при 100%-ном напряжении после текущего ремонта выключателя.

Отключение масляного выключателя производится 2—3 раза при 100% и 5 раз при 80% напряжения после капитального ремонта или 2—3 раза при 100% и 1 раз при 80% напряжения после текущего ремонта выключателя.

Включение и отключение воздушного выключателя производится по 2—3 раза при номинальном давлении и при 80% номинального давления воздуха.

При опробовании разъединителя от ручного привода следует проверить плавность хода, отсутствие значительных люфтов и заеданий в приводном механизме.

При использовании как электромеханического или пневматического, так и ручного привода должны быть проверены правильность, полнота и одновременность вхождения ножей всех полюсов в губки контактов (без перекосов, ударов и т. п.). То же самое следует проверять в отношении ножа отделителя воздушных выключателей.

Проверка выключателей сводится к опробованию привода и заключается в контроле правильного действия приводного механизма, сигнализации, целости или наличия предохранителей в цепи оперативного тока.

При проверке исправного состояния аппарата должно быть обращено внимание на наличие нормального уровня масла, давления воздуха, действие продувки воздушных выключателей и других условий нормальной работы, описанных в предыдущих параграфах.

Если проверка действия аппарата не выявила каких-либо ненормальностей или недостатков, следует проверить возможность включения под напряжение аппарата или участка распределительного устройства.

Проверка производится одновременно со снятием переносных заземлений, причем на месте работ внимательно осматривается все оборудование и помещение или территория, чтобы убедиться в отсутствии посторонних предметов (остатков материала, деталей, инструмента, приспособлений, обтирочного материала, мусора и т. п.) в пределах камеры и особенно непосредственно на оборудовании.

Если было выведено в ремонт присоединение, оборудование которого расположено в нескольких камерах или этажах, необходимо осмотреть все камеры присоединения, а при расположении оборудования в двух или трех распределительных устройствах (трехобмоточный трансформатор) следует осмотреть камеры присоединения во всех устройствах.

Особое внимание должно быть обращено на токоведущие части. Если нет возможности просмотреть всю ошиновку (например, в КРУ или в бронированных устройствах), необходимо проверить изоляцию каждой фазы мегомметром.

При ремонте системы сборных шин в закрытых устройствах, помимо осмотра, также следует проверять изоляцию мегомметром, так как, кроме установленных пе-

реносных заземлений, могут остаться куски проводов, применяемые, например, при испытании изоляции повышенным напряжением, не замеченные при осмотре.

Проверку изоляции мегомметром следует производить в месте установки заземления, соблюдая при этом требования Правил техники безопасности. Если на шинах установлено несколько заземлений, необходимо снять их все, кроме одного, около которого измеряется изоляция шин. Оставшееся заземление на шинах поочередно снимается с каждой фазы и непосредственно после снятия заземления изоляция этой фазы проверяется мегомметром. При исправном состоянии изоляции шин они могут быть поставлены под напряжение.

Проверка состояния изоляции линий как воздушных, так и кабельных в обязанность персонала, обслуживающего распределительное устройство, не входит и не должна производиться.

В случае выявления каких-либо ненормальностей, неполадок и неустраненных при ремонте недостатков дежурный персонал обязан сообщить об этом вышестоящему оперативному персоналу, а также начальнику электроцеха, подстанции или участка и не включать оборудование в работу до приведения его в нормальное состояние.

ЛИТЕРАТУРА

1. Правила техники безопасности при эксплуатации электроустановок станций и подстанций, Госэнергоиздат, 1961.
2. Правила технической эксплуатации электростанций и сетей, Госэнергоиздат, Изд. 9-е, 1960.
3. Иоффе Е. Ф., Оперативная работа на подстанциях высокого напряжения, Госэнергоиздат, 1954.
4. Кедрин В. И., Станиславский Д. А., О мерах борьбы с отпотеванием изоляции в неотапливаемых распредустройствах, «Электрические станции», 1944, № 6.
5. Грудицкий П. Г., Техническая эксплуатация электрической части станций и подстанций, Госэнергоиздат, 1961.
6. Решение № 5/Э от 24/X 1959 г. Союзглавэнерго.
7. Информационное сообщение № Э-3/58 Технического управления МЭС.
8. Инструкция по эксплуатации и ремонту масляных выключателей типа МКП-160, МКП-160П, МКП-180, МКП-274 и МКП-274П, Госэнергоиздат, 1953.
9. Инструкция по эксплуатации и ремонту воздушных выключателей 220 кв типов ВВ-220 и ВВН-220, Госэнергоиздат, 1960.

БИБЛИОТЕКА ЭЛЕКТРОМОНТЕРА

ВЫШЛИ ИЗ ПЕЧАТИ

Ермолин Н. П., Как рассчитать маломощный силовой трансформатор (выпуск 33)

Севастьянов М. И., Техника безопасности при производстве такелажных работ на монтаже энергоустановок (выпуск 34)

Анастасиев П. И., Сооружение и монтаж воздушных линий электропередачи напряжением до 1000 в (выпуск 35)

Ключев В. И., Выбор электродвигателей для производственных механизмов (выпуск 36)

Мишустина Л. И., Воздушные автоматические установочные выключатели серии АЗ100 (выпуск 37)

Кожин А. Н., Релейная защита линий 3—10 кВ на переменном оперативном токе (выпуск 38)

Карпов Ф. Ф., Козлов В. Н., Лоодус О. Г., Автоматизация насосных установок (выпуск 39)

Авиновицкий И. Я., Соединение кабелей (выпуск 40)

Якобсон И. А., Опрессование контактных соединений проводов и тросов (выпуск 41)

Булавин Н. П., Селеновые выпрямители (выпуск 42)

Ермолаев И. Н., Магнитные пускатели переменного тока (выпуск 43)

Каминский Е. А., Звезда и треугольник (выпуск 44)

Киселев П. Л., Вибрация электрических двигателей и методы ее устранения (выпуск 45)

Гринберг Г. С. и Дейч Р. С., Электромонтажные изделия (выпуск 46)

ГОТОВЯТСЯ К ПЕЧАТИ

Белов Г. В., Монтаж токопроводов из шин коробчатого сечения

Гуреев И. А., Комплектные шинопроводы цеховых электрических сетей

Жуков Е. П., Монтаж проводов вторичной коммутации

Иевлев В. И. и Рябцев Ю. И., Монтаж трансформаторов напряжением 500 кВ

Слонский В. В., Электродуговая сварка алюминиевых шинопроводов переменным током
