

В. С. Марков

ТИПОВЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СХЕМЫ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

ХАРАКТЕРИСТИКИ. ПРИМЕНЕНИЕ. ОПЕРАТИВНЫЕ
ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ

Владимир Марков

**Типовые электрические схемы
распределительных устройств
электростанций и подстанций.
Характеристики. Применение.
Оперативные переключения**

«ЛитРес: Самиздат»

2016

Марков В. С.

Типовые электрические схемы распределительных устройств электростанций и подстанций. Характеристики. Применение. Оперативные переключения / В. С. Марков — «ЛитРес: Самиздат», 2016

ISBN 978-5-532-99301-3

Рассмотрены все типовые электрические схемы распределительных устройств 6-750 кВ электростанций и подстанций. Приведено более 30 примеров циклов оперативных переключений. Предназначена для инженерно-технических работников, занимающихся вопросами проектирования, эксплуатации и управления режимами работы электростанций, подстанций и электрических сетей, а также студентов, обучающихся по планам подготовки бакалавров и магистров по направлению «Электроэнергетика», Полезна в сочетании с другой книгой автора "Главные электрические схемы и схемы питания собственных нужд электрических станций и подстанций".

ISBN 978-5-532-99301-3

© Марков В. С., 2016
© ЛитРес: Самиздат, 2016

Содержание

Обозначения и сокращения	5
Предисловие	7
Введение	8
1. Схемы распределительных устройств объектов электрической сети (ОЭС)	10
2. Блочные схемы РУ	16
Конец ознакомительного фрагмента.	21

Владимир Марков

Типовые электрические схемы распределительных устройств электростанций и подстанций. Характеристики. Применение. Оперативные переключения

Обозначения и сокращения

В тексте применены следующие обозначения и сокращения:

АВ (QF) –автоматический выключатель;
АВР –автоматическое включение резерва;
АГП –автомат гашения магнитного поля;
АПВ – автоматическое повторное включение;
АРВ – автоматический регулятор возбуждения;
АТ – автотрансформатор;
АЧР – автоматическая частотная разгрузка;
АЭС – атомная электростанция;
В (Q) – выключатель;
ВЛ – воздушная линия электропередачи;
ДГР – дугогасящий реактор;
ДЗШ – дифференциальная защита шин;
ЕЭС России –Единая энергетическая система России;
ЗН (QSG) –заземляющий разъединитель (заземляющие ножи разъединителя);
ЗОН – заземляющий однополюсный нож;
ЗРУ – закрытое распределительное устройство;
КЗ (QN) –короткозамыкатель;
К.З. (к.з.) – короткое замыкание;
КЛ – кабельная линия электропередачи;
КРУ – комплектное распределительное устройство;
КРУН – комплектное распределительное устройство наружной установки;
КРУЭ – комплектное распределительное устройство с элегазовой изоляцией;
КЭС – конденсационная электростанция;
ЛЭП (W) – линия электропередачи;
ОД (QR) –отделитель;
ОВ (QO) – обходной выключатель;
ОВБ – оперативно-выездная бригада;
ОСШ (АО) – обходная система шин;
ОЭС – объект электроэнергетической системы;
ПА – противоаварийная автоматика;
ПС – подстанция;
РЗ –релейная защита;
РЗА –релейная защита и автоматика;

РП –распределительный пункт;
РПН –устройство регулирования напряжения трансформатора под нагрузкой;
РУ –распределительное устройство;
С (В) –секция шин;
СВ (QВ) – секционный выключатель;
СН –собственные нужды;
СШ (А) –система шин;
Т – трансформатор;
ТН (TV)– трансформатор напряжения;
ТС –телесигнализация;
ТСН –трансформатор собственных нужд;
ТТ (ТА) –трансформатор тока;
ТУ –телеуправление;
УПАСК –устройства передачи аварийных сигналов и команд;
УРОВ –устройство резервирования при отказе выключателя;
ФОЛ – устройство фиксации отключения линии;
ФОТ – устройство фиксации отключения трансформатора;
ФОВ – устройство фиксации отключения выключателя;
ШОВ (QАО) – шиносоединительный и обходной выключатель (выключатель совмещенного исполнения);
ШСВ (QA)–шиносоединительный выключатель.

Предисловие

Книга «Типовые электрические схемы распределительных устройств электростанций и подстанций. Характеристики. Применение. Оперативные переключения» была издана типографским способом в 2016 году издательством «Универсум» в городе Смоленске. Тираж книги был не большой. В настоящее время в свободном доступе этой книги практически нет. В последние годы не было публикаций по этой теме и других авторов. Поэтому возникла мысль о создании электронной версии данной книги. Книга может быть полезна в качестве дополнительной литературы при изучении дисциплины «Электрическая часть электростанций и подстанций». Её востребованность возрастает в условиях широкого внедрения дистанционных образовательных технологий. На базе этого материала лектор сможет эффективно осуществлять образовательный процесс. Она может быть полезна заинтересованным читателям при изучении другой книги автора "Главные электрические схемы и схемы питания собственных нужд электрических станций и подстанций", вышедшей в издательстве "Инфра-инженерия" (infra-e@yandex.ru) в Вологде в 2020 году. В ней автор рассматривает помимо схем учебного характера схемы реальных электрических станций и подстанций с указанием их конкретных особенностей.

Учитывая требования издателя, в текст книги внесены изменения редакционного характера.

Выражаю слова благодарности за большую работу, проделанную при подготовке книги к изданию, ее редактору Шафоростову Геннадию Павловичу, а также старшему преподавателю кафедры электроэнергетических систем Смоленского филиала МЭИ Вайтеленок Ларисе Витальевне за помощь по созданию большого количества рисунков схем РУ.

Пожелания и замечания просьба присылать по адресу 214 013 г. Смоленск, Энергетический проезд, дом 1, кафедра «Электроэнергетические системы» филиала ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске или непосредственно мне по электронной почте vismark@yandex.ru с указанием темы письма «о книге»

Марков Владимир Сергеевич

Введение

Распределительные устройства – важный элемент любого объекта энергосистемы (ОЭС). Они предназначены для соединения друг с другом основного оборудования электростанций и подстанций, а также линий электропередач разного назначения. И у нас в стране, и за рубежом разработано великое множество схем, по которым выполняются РУ.

Изучая схемы РУ, необходимо понять общие принципы их выполнения, логику связей электроаппаратов и токоведущих частей. Важно знание того, какие действия на оборудовании выполняет оперативный персонал, выводя в ремонт то или иное оборудование или вводя его после ремонта в работу. Неверная последовательность действий при проведении оперативных переключений может привести к тяжелым последствиям и для самих людей, и к порче оборудования. Обучаемый должен знать, как ведет себя схема в соответствии с логикой релейной защиты и автоматики (РЗ и А) при различных отказах на присоединениях и в оборудовании РУ.

Существует несколько десятков схем, по которым выполнялись и выполняются РУ действующих ОЭС России. Они могут существенно отличаться, прежде всего, по составу электрических аппаратов и связям между оборудованием РУ.

Материал данной работы посвящен типовым схемам РУ. Типовые схемы РУ подстанций 35-750 кВ и общие указания по их применению приводятся в соответствующих стандартах организаций (СТО) [3,4]. Некоторые схемы, из указанных в этих документах, применяются и на подстанциях, и на электростанциях. Применение типовых схем гарантирует, как правило, минимум затрат на их проектирование, сооружение и эксплуатацию. Дает возможность при изменениях на ОЭС (подключении новых присоединений) осуществлять простые переходы от одной схемы к другой без серьезных переделок в существующей уже схеме. Список типовых схем меняется примерно раз в десять лет. Какие-то схемы из него уходят, а какие-то добавляются. Порядковые номера схем сохраняются за ними навсегда. Вновь вводимые в состав типовых схемы получают номера, в которые помимо цифр входят одна или две буквы. Все схемы можно разбить на группы, объединенные по их главным свойствам: количество выключателей на присоединение и варианты связи комплектов электроаппаратов в РУ. В этой связи различают блочные, мостиковые, кольцевые схемы РУ, схемы РУ со сборными шинами и с одним или более чем с одним выключателем на присоединение. Каждая типовая схема имеет свою область применения: тип объекта (электростанция или подстанция), номинальное напряжение, количество присоединений разного типа. Все свойства типовых схем РУ, а также область их использования приводятся в соответствующих паспортах [4]. В паспортах указываются её номер, область использования, степень удовлетворения важнейшим требованиям, а также схемы, к которым допускается переход в перспективе, данные об устанавливаемом оборудовании и т.д.

Помимо типовых схем РУ существует множество нетиповых схем. К ним относятся схемы РУ, используемые на некоторых электростанциях с уникальным составом оборудования, а также схемы РУ, разработанные и реализуемые за пределами нашей страны и, кроме того, схемы РУ, исключенные из состава типовых. Например, схемы РУ с отделителями. Знание последних в наших условиях необходимо, так как в России еще много действующих объектов, на которых эти схемы применяются.

Большое внимание в работе уделено вопросам проведения оперативных переключений в РУ при выводе оборудования в ремонт (резерв) или вводе его в работу после ремонта (из резерва). В виде примеров представлены циклы оперативных переключений с разной степенью подробности рассмотрения действий оперативного персонала.

Рисунки, использованные в данной работе, с помощью которых изучаются свойства схем РУ, разные. Есть рисунки, которые перенесены в данную работу из альбома типовых схем [3] без переделок. На них аппараты и токоведущие части не имеют никаких обозначений. Только измерительные трансформаторы напряжения на альбомных схемах показываются в виде прямоугольников с буквами ТН. Для изучения оперативных переключений эти схемы практически не пригодны. Поэтому в предлагаемых к рассмотрению материалах есть схемы РУ, а в некоторых случаях схемы подстанций в целом, с указанием оперативных номеров (обозначений) основного оборудования и элементов РУ. На базе этих схем рассмотрены примеры упрощенных циклов оперативных переключений. В данной работе присутствуют схемы РУ с разными вариантами обозначения электроаппаратов и токоведущих частей. В основной ее части (разделы 1- 6) используются обозначения в соответствии с международными стандартами. В этих обозначениях используются буквы латинского алфавита. Второй вариант обозначений, в котором для обозначения электрооборудования используются буквы русского алфавита, до сих пор применяется в официальных документах и на практике в РФ. Схемы РУ и текст с использованием обозначений, принятых в России, присутствуют в разделе 7 настоящего пособия. В этом разделе рассмотрены циклы оперативных переключений, взятые в качестве примеров, из действующих Правил переключений в электроустановках [2,9]. В этих примерах используются специфичные обозначения и самих электроаппаратов, и силовых трансформаторов, и линий электропередач такие, которые присутствуют на *оперативных* схемах электростанций и подстанций в России. Все коммутационные аппараты на оперативных схемах показаны с соответствующим ситуации состоянием контактов. Использование в работе и тех, и других вариантов обозначений направлено на формирование у обучаемого (студента) знаний схем, с которыми ему предстоит работать после окончания обучения в ВУЗе, а у действующих специалистов навыков чтения схем, составленных в соответствии с требованиями МЭА.

Помимо полных схем РУ, в работе используются схемы упрощенные. На них указываются важнейшие (не все) элементы схемы с простейшим изображением выключателей и разъединителей. Разъединители изображаются в виде косой черточкой, пересекающей под углом токоведущую часть. На них не показаны измерительные трансформаторы тока и напряжения, ограничители перенапряжения и иное электрооборудование. Упрощенные схемы часто применяются в учебной литературе и, кроме того, в аудиторных условиях изучения дисциплины, что позволяет лектору быстрее воспроизводить их на доске, а студенту переносить их в конспект.

1. Схемы распределительных устройств объектов электрической сети (ОЭС)

1.1. Схемы распределительных устройств. Общая информация

Распределительным устройством (РУ) называется электроустановка, служащая для приёма и распределения электроэнергии и содержащая коммутационные аппараты, сборные и соединительные шины, вспомогательные устройства (компрессорные, аккумуляторные и др.), а также устройства защиты, автоматики и измерительные приборы [1]. Распределительные устройства могут быть открытыми (ОРУ), закрытыми (ЗРУ) и комплектными (КРУ).

ОРУ называется РУ, всё или основное оборудование которого расположено на открытом воздухе. ЗРУ называется РУ, оборудование, которого находится в здании. КРУ называется РУ, состоящее из полностью или частично закрытых шкафов или блоков со встроенными в них аппаратами, устройствами защиты и автоматики, поставляемое в собранном виде или подготовленном для сборки виде.

Связи оборудования РУ отражены на их электрических схемах. При проектировании, сооружении и эксплуатации ОЭС используются так называемые однолинейные схемы, на которых одно и то же оборудование многофазных установок показывается в основном для одной фазы. На этих схемах могут быть фрагменты, относящиеся к каждой фазе электроустановки, если отличается состав оборудования разных фаз.

Схемы РУ могут быть полными и упрощёнными. На полных схемах показывается всё оборудование с учётом требований ГОСТ и ЕСКД. На упрощённых схемах, используемых в учебных целях, не показывают такое оборудование, как измерительные трансформаторы тока и напряжения, разрядники и другие ограничители перенапряжения (ОПН), специальные элементы заземления электроустановок. Разъединители на этих схемах показываются упрощённо в виде косой черты, пересекающей токоведущую часть. В данном пособии показаны и те, и другие варианты схем РУ. Присутствуют схемы, скопированные из альбома типовых схем без буквенных обозначений электроаппаратов и токоведущих частей. На принципиальных схемах РУ допускается не показывать контакты высоковольтных выключателей. Состояние контактов коммутационных электроаппаратов на всех схемах, кроме оперативных, используемых оперативным персоналом станций и подстанций, принято показывать отключённым вне зависимости от их состояния при эксплуатации РУ. На схемах, входящих в проект станции или подстанции, должны указываться типы, марки и основные характеристики оборудования.

На оперативных схемах присутствуют принятые на станции или подстанции буквенно-цифровые обозначения генераторов, трансформаторов, электроаппаратов, секций и систем шинных конструкций. В России до сих пор электрооборудование РУ принято обозначать русскими буквами. Например, ВТ – выключатель трансформатора, ШР – шинный разъединитель, СК – секция распределительного устройства и т.п. В международной практике приняты обозначения электроаппаратов и токоведущих частей с применением букв латинского алфавита: Q-выключатель, QS-разъединитель, А-система шин и т.п.

Выбор схемы РУ в конкретном случае определяется рядом факторов, главными из которых являются:

- тип электростанции или подстанции, её технологические особенности и роль в энергосистеме;

- номинальное напряжение, на котором передаётся электроэнергия в сторону РУ и от него;

- характеристики присоединений РУ (трансформаторов, линий электропередач, устройств для выработки или потребления реактивной мощности), а именно: их номинальные

мощности (пропускная способность), общее количество присоединений каждого вида, число непарных или не резервируемых ЛЭП; перспективы изменения количества присоединений РУ между 5-м и 10-м годом эксплуатации ОЭС.

В некоторых случаях возможно выполнение РУ по двум или трём альтернативным схемам. В первую очередь должны рассматриваться варианты схем, входящих в перечень типовых. Выполнение РУ по типовым схемам гарантирует, как правило, его сооружение в нормативные сроки, при минимуме затрат денежных средств, а также возможность расширения РУ (переход к другой схеме) с минимальным объёмом работ. Отказ от использования типовой схемы РУ требует соответствующего технико-экономического обоснования.

1.2. Требования, предъявляемые к схемам РУ

Схемы РУ при конкретном проектировании разрабатываются на основании схем развития энергосистемы, схем электроснабжения района или объекта и других работ по развитию электрических сетей. Они должны удовлетворять ряду требований (критериев). Важнейшие из них: надежность, экономичность, удобство эксплуатации, техническая гибкость, экологическая чистота, компактность, унифицированность. В настоящей работе приводятся определения указанных категорий в том виде, в каком они даны в [4].

Надежность – свойство объекта выполнять заданные функции в заданном объеме при определенных условиях функционирования. Уровень надежности может быть регламентирован или экономически обоснован. Требования к надежности схем РУ в основных и распределительных сетях различаются. Так, при расчетных отказах в первых из них критерием допустимости значения одновременного сброса мощности из-за отказов элементов схем является сохранение устойчивости генерирующих источников в энергосистеме, в том числе статической аperiodической устойчивости, а также предотвращение недопустимых токовых перегрузок электрооборудования. В свою очередь для схем РУ в распределительных сетях одно из первостепенных значений приобретает обеспечение электроснабжения потребителей в соответствии с их категоричностью, регламентированной нормативными документами.

Экономичность подразумевает принятие решений с учетом необходимых капитальных вложений и сопутствующих ежегодных издержек производства и сбыта продукции. Принимаемый уровень надежности обосновывается сопоставлением затрат на его повышение с экономическими последствиями из-за ненадежности (например, с ущербом или штрафными санкциями) при расчетных отказах элементов схем. При анализе режимов следует учитывать параметры электросетевого и генерирующего оборудования, а также возможность применения противоаварийного управления. Выбор схемы РУ должен быть произведен на основании технико-экономических показателей, учитывающих затраты на его сооружение и эксплуатацию и экономические последствия, вызванные аварийными возмущениями. При этом показатели надежности элементов схемы РУ должны быть приняты на основании опыта эксплуатации или в соответствии со стандартами организации.

Удобство эксплуатации заключается в наглядности и простоте схем, снижающих вероятность ошибочных действий персонала, возможности минимизации количества переключений при изменении режима применительно как к первичным, так и вторичным цепям, в обеспечении соответствия режимов работы электроустановки и энергосистемы.

Техническая гибкость – способность адаптироваться к изменяющимся условиям работы электроустановки при плановых и аварийно-восстановительных ремонтах, расширении, реконструкции и испытаниях.

Экологическая чистота определяется степенью воздействия электроустановки на окружающую среду, как-то: шум, электрические и магнитные поля, загрязнение выбросами и отходами, нарушение ландшафта и пр.

Компактность характеризуется возможностью минимизации площади земли, отчуждаемой под РУ. Это позволяет наиболее рационально решать проблему приобретения земельных

участков, которая при обосновании и выборе схем электроустановок нередко является определяющей.

Унифицированность заключается в применении ограниченного числа типовых схем. Использование типовых решений позволяет снижать материальные и финансовые затраты на проектирование, монтаж, пуско-наладку и эксплуатацию электроустановки.

Удобство эксплуатации, техническую гибкость и экологическую чистоту следует также рассматривать в контексте соответствующих нормативов безопасности персонала и предельно допустимых параметров воздействия электроустановки на окружающую среду. Техническое решение должно обеспечивать требуемое качество электроэнергии и обеспечивать работу РУ при расчетных значениях токов короткого замыкания. Схемы РУ должны предусматривать вывод выключателей и отделителей в ремонт, осуществляемый:

- для всех схем РУ напряжением 6-35 кВ, а также для блочных и мостиковых схем РУ напряжением 110, 220 кВ (за исключением цепи, по которой осуществляется транзит мощности) – путем временного отключения цепи, в которой установлен ремонтируемый аппарат;

- для мостиковых схем РУ напряжением 35-220 кВ – путем применения ремонтных перемычек, за исключением случаев, когда перемычки отсутствуют;

- для схем со сборными шинами РУ напряжением 110, 220 кВ – путем применения обходных выключателей, за исключением случаев, когда обходная система шин отсутствует;

- для схем РУ напряжением 6-220 кВ – путем установки подменного выключателя, если применяется такой тип выключателя (схемы с выкатными выключателями, КРУЭ);

- для схем РУ напряжением 330-750 кВ (кроме схем блоков 330,500 кВ), а также 110-220 кВ по схеме четырехугольника – отключением выключателя без отключения присоединения.

Число одновременно срабатывающих выключателей в пределах РУ одного напряжения должно быть не более:

- при повреждении линии – двух;

- при повреждении трансформаторов напряжением до 500 кВ – четырех;

- при повреждении трансформаторов напряжением 750 кВ – трех.

Схемы с отделителями допустимо использовать в электрических сетях только на напряжении 110 кВ в том случае, когда владелец объекта не может обеспечить укомплектование РУ требуемым количеством выключателей. Их недопустимо применять в следующих случаях:

- в РУ, расположенных в зонах холодного климата, а также в особо гололедных районах;

- в районах с сейсмичностью более 6 баллов по шкале MSK-64;

- когда действие отделителей и короткозамыкателей приводит к выпадению из синхронизма синхронных двигателей у потребителя или нарушению технологических процессов;

- для присоединения трансформаторов мощностью более 25 МВА;

- в цепях трансформаторов, присоединенных к линиям, имеющим ОАПВ.

В схемах без выключателей в цепях трансформаторов для обеспечения отключения головного выключателя питающей линии при повреждении трансформатора применяются следующие решения:

- короткозамыкатели в одной фазе – для сетей 110 кВ;

- передача сигнала на отключение выключателя с применением устройства телеотключения или по кабелям.

Применение передачи отключающего сигнала должно иметь технико-экономическое обоснование. При этом в целях резервирования для РУ напряжением 110 кВ допускается установка короткозамыкателя.

1.3. Принципы выполнения схем распределительных устройств

Изучая схемы РУ, необходимо понять общие принципы их выполнения. Важнейшими из них являются:

–схемы РУ (кроме некоторых блочных схем) формируются из комплектов оборудования электроаппаратов, в которые входят: один выключатель, два разъединителя и один или несколько трансформатор тока;

–основными элементами схемы РУ являются силовые выключатели. Они предназначены для коммутаций цепей при протекании по ним токов эксплуатационных режимов и режимов КЗ. При отказе оборудования отключается один или несколько ближайших к нему выключателя;

–самыми многочисленными электроаппаратами РУ являются разъединители; они предназначены для создания видимых разрывов цепи предварительно отключенной выключателем или надежно шунтированной другими коммутационными аппаратами; при выводе в ремонт отключаются ближайшие к ремонтируемому оборудованию разъединители, что позволяет максимально сократить зону отключения;

–на разъединителях есть специальные контакты (ножи), связанные с одной стороны с заземляющим устройством ОЭС, и конкретной точкой РУ, с другой стороны. Они необходимы для создания так называемого стационарного заземления части электроустановки и обеспечения дополнительной безопасности ремонтного персонала; между основными и заземляющими контактами разъединителей есть разного рода блокировки, препятствующие включению заземляющих ножей при включенных основных контактах и наоборот включение основных контактов при включенных заземляющих ножах;

–секционирование (деление) системы шин осуществляется комплектом оборудования, в который входят так называемый секционный выключатель (СВ), трансформатор тока и два разъединителя (рис.5.1); при выполнении дифференциальных релейных защит секций устанавливаются, как правило, два трансформатора тока;

– в некоторых цепях, например, перемычках, последовательно (рядом) устанавливаются два разъединителя, что позволяет выводить в ремонт любой из них, создавая видимый разрыв на другом, сохраняя большую часть электроустановки в работе;

– в кольцевых схемах РУ (рис.4.1-4.3) число комплектов оборудования равно числу присоединений;

–в полуторные цепочки РУ (рис 6.1) подключаются по два присоединения к трем комплектам электроаппаратов, в вертикальные цепочки, состоящие из четырех выключателей. подключаются по три присоединения.

1.4. Основные правила выполнения оперативных переключений

Вывод любого электрооборудования в ремонт предусматривает отключение ремонтируемого элемента от источников питания, выделение его из схемы путём создания видимого разрыва (на разъединителях или отделителях) в точках, максимально приближенных к месту выполнения работ, а также заземления части электроустановки со всех сторон, откуда может быть подано напряжение к месту выполнения работ. Операции на разъединителях могут выполняться после отключения цепей выключателями и отсутствии тока в цепи. Если до или после коммутации разъединителя по нему протекает ток, то отключение или включение разъединителя допустимо при наличии шунтирующей разъединитель цепи. Например, в схеме мостика, приведенной на рис. 3.3, допускается включение или отключение разъединителей в перемычке (QS5 или QS6) при включенных разъединителях QS7 – QS10 и выключателе Q3.

При ремонтах секций или систем шин РУ от него должны быть отключены все присоединения и созданы соответствующие видимые разрывы цепи. При наличии в РУ нескольких (двух) систем шин присоединение может быть временно переведено с одной на другую систему шин. Обязательным условием безопасного перевода присоединения с одной системы шин на другую является равенство напряжения на этих системах шин. Для выполнения этого условия в момент перевода присоединения между системами шин должна быть цепь связи через так

называемый шиносоединительный выключатель (ШСВ) или разъединитель (пару разъединителей какого-либо присоединения).

При проведении ремонтов должно быть организовано заземление части электроустановки со всех сторон, откуда может быть подано (даже ошибочно) напряжение на выводимое в ремонт оборудование. Исключение относится к сборным шинам РУ. Для них должно быть предусмотрено стационарное заземление, как правило, в двух разных точках РУ независимо от количества подключаемых присоединений.

В схемах РУ с обходной системой шин (ОСШ) (рис. 5.8, 5.9, 5.10 и 5.12-5.14) присоединение на нее переводится при ремонтах основного (единственного) выключателя линии или трансформатора. Напряжение на ОСШ подается с рабочих систем или секций сборных шин через обходной выключатель (ОВ), который выполняет функцию выключателя присоединения на время ремонта его основного выключателя.

До включения или отключения разъединителей в ОРУ должна быть выполнена проверка состояния колонок его изоляторов. Эти действия необходимы для предотвращения поломки разъединителя во время выполнения его коммутации и повышения безопасности оперативного персонала (ОП). *В приведенных примерах эта процедура не обозначается.*

Для предотвращения самопроизвольного изменения состояния контактов выключателя предусматривается такая процедура, как снятие оперативного тока (ОТ) с привода выключателя. После снятия оперативного тока контакты аппарата практически не могут изменить то состояние, в котором они находились до снятия оперативного тока. Необходимость проверки по месту установки включенного/отключенного положения выключателя после снятия (подачи) ОТ с устройств управления его привода оговаривается в [2,9]. Эта процедура предусмотрена для дополнительной страховки ОП, выполняющего переключения.

Перед отключением или включением намагничивающих токов силовых трансформаторов 110-220 кВ (трансформаторы на холостом ходу), работающих с разземленной нейтралью, необходимо заземлить их нейтрали разъединителем нейтрали (ЗОН). До отключения выключателей воздушных линий при выводе ЛЭП в ремонт (резерв) необходимость вывода устройство автоматического повторного включения (АПВ) в зависимости от их схемы и конструкции определяется указаниями инструкций по РЗ и А. В примерах циклов оперативных переключений вывода в ремонт и ввода в работу главных трансформаторов на двухтрансформаторных подстанциях с двумя напряжениями рассмотрены режимы эксплуатации оборудования, соответствующие требованиям «Норм технологического проектирования подстанций переменного тока напряжением 35-750 кВ» [5]. Трансформаторы работают отдельно на стороне 6,10,35 кВ для уменьшения токов короткого замыкания в этих РУ и связанной с ним сети. Секционный выключатель в РУ этих напряжений в нормальных условиях отключен. Возможно включение этого выключателя от АВР при отключении любого трансформатора его РЗ. Трансформаторы имеют устройства автоматического регулирования напряжения (АРНТ) и устройства регулирования напряжения под нагрузкой (РПН).

При вводе оборудования в работу необходимо:

- снять заземление, установленное до ремонта и во время его;
- устранить видимые разрывы цепей;
- подать напряжение (проверить исправное состояние);
- включить соответствующие цепи.

Действия персонала могут приводить к достижению одновременно нескольких целей: отключению цепи и снятию напряжения, созданию видимого разрыва и снятию напряжения, отключению цепи и созданию видимого разрыва и т.д.

В разделах 2-6 рассмотрены примеры циклов оперативных переключений без указания некоторых процедур, выполняемых в реальных условиях, а именно:

- проверки состояния колонок изоляторов (СКИ) разъединителей и отделителей до их включения или отключения,

- вывода из работы/ввода в работу устройства автоматического повторного включения (АПВ) линий электропередач, устройства автоматического ввода резервного питания (АВР),

- включения/отключения заземляющего ножа в нейтрали обмотки трансформатора 110-220 кВ,

- дистанционного выравнивания напряжения на секциях РУ до включения силовых трансформаторов на параллельную работу,

- снятия оперативного тока с привода выключателя, проверки включенного/отключенного положения выключателя и т.д.

То, какие именно процедуры не упоминаются в конкретных примерах, зависит от их важности в соответствующих циклах переключений.

В разделе 7 приведены примеры циклов оперативных переключений, в которых указаны практически все действия персонала при выводе оборудования в ремонт (резерв). Эти примеры взяты из приложения к Приказу Министерства энергетики Российской Федерации от 13 сентября 2018 г. № 757 об утверждении правил переключений в электроустановках [9].

В приложении к основному тексту приводятся паспорта наиболее часто используемых типовых схем РУ: «Мостик с выключателями в цепях линий и ремонтной перемычкой со стороны линий», «Две рабочие и обходная системы сборных шин. Взяты автором из [4]. В паспортах указываются основные свойства схемы РУ: её номер, область использования, степень удовлетворения важнейшим требованиям, схемы, к которым допускается переход в перспективе, данные об устанавливаемом оборудовании и т.д.

2. Блочные схемы РУ

Блочные схемы РУ применяются на ответвительных (отпаечных) или тупиковых подстанциях (ПС) распределительных сетей энергосистем. Эти ПС могут быть и с одним, и с двумя главными трансформаторами. При этом в

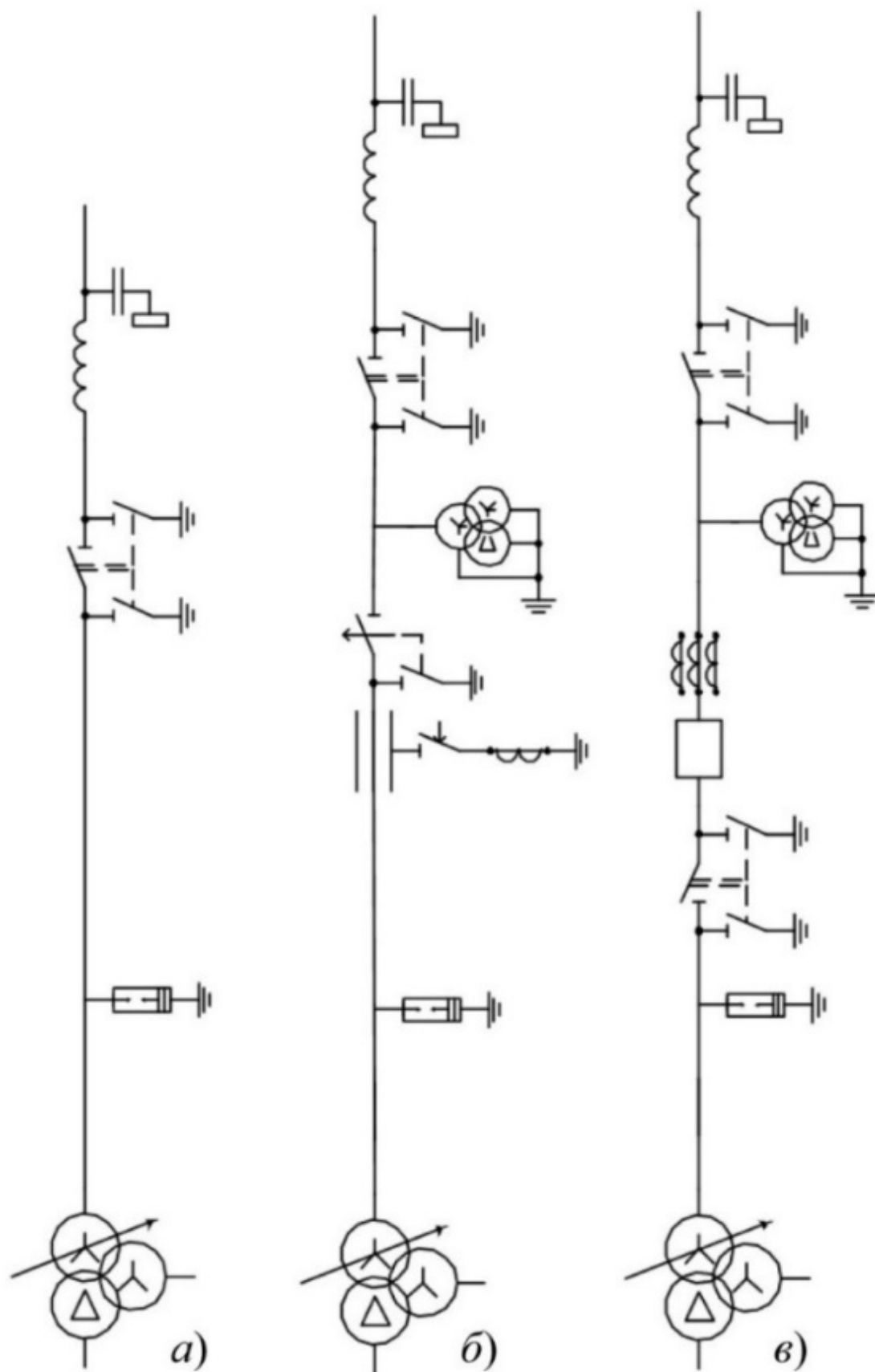


Рисунок 2.1 – Блочные схемы РУ:

а) схема РУ «Блок линия – трансформатор с разъединителем»; б) схема РУ «Блок линия- трансформатор с отделителем»; в) схема РУ «Блок линия- трансформатор с выключателем»

в первом случае применяются схемы с одним комплектом блочного оборудования, а во втором случае – с двумя. В состав оборудования блоков может входить только разъединитель, комплект высокочастотного (ВЧ) заградительного фильтра и ограничитель перенапряжения (ОПН) (в схеме РУ «Блок линия – трансформатор с разъединителем»); отделитель с разъединителем, ВЧ фильтром, ОПН, трансформаторами тока и напряжения (в схеме «Блок линия – трансформатор с отделителем»), выключатель с разъединителем, ВЧ фильтром, ОПН, трансформаторами тока и напряжения (в схеме «Блок линия – трансформатор с выключателем»). В схемах РУ с двумя блоками к указанному оборудованию (в двойном количестве) ещё добавляются несколько разъединителей. Довольно часто блочные схемы РУ являются начальным этапом сооружения РУ. От них переходят к схемам мостиков, кольцевым схемам, схеме РУ «Заход – выход» и другим.

2.1. Схема РУ «Блок линия – трансформатор с разъединителем»

Область применения этой схемы – напряжения 35, 110 и 220 кВ. Номера этих схем в списке типовых схем РУ: 35(110,220)-1. По ней выполняются РУ тупиковых однострановых подстанций, связанных с другой подстанцией энергосистемы радиальной линией (без отпаек). Схема

показана на рисунке 2.1, а. На рис. 2.1 показаны трехобмоточные силовые трансформаторы. Для связи сетей двух напряжений применяются двухобмоточные трансформаторы. При этом для защиты линии и оборудования РУ напряжением 110 кВ, 220 кВ с трансформаторами мощностью более 25 МВА предусматривается передача отключающего сигнала. Для защиты оборудования РУ напряжением 35-220 кВ с трансформаторами мощностью 25 МВА и менее допускается использование релейной защиты линии со стороны питающего конца и обеспечивающей отключение линии при коротком замыкании на ней и части обмотки трансформатора без выдержки времени, а при коротком замыкании на остальной части обмотки трансформатора – с выдержкой времени второй ступени. При кабельном вводе в трансформатор разъединитель и ВЧ обработка не предусматриваются. К достоинствам этой схемы следует отнести то, что она простая, наглядная, занимает минимальную территорию. Эта схема самая экономичная, поскольку в ней используется комплект простейшего и недорогого оборудования. Недостаток схемы ее невысокая надежность. Отказ на линии или трансформаторе приводит к отключению потребителей от источника питания. К ПС с такой схемой РУ ВН могут подключаться в основном потребители третьей категории. Если среди потребителей есть потребители второй категории, то резервирование их питания должно осуществляться по сети низкого напряжения или сети среднего напряжения при его наличии. Резервирование питания всех потребителей в полном объеме, как правило, не предусматривается.

Для ремонта трансформатора он отключается от РУ НН и СН (при его наличии). Далее отключаются ЛЭП со стороны источника питания и разъединитель РУ, включаются его заземляющие ножи со стороны трансформатора. Для ремонта линии выполняются практически те же действия, только на последней стадии включаются заземляющие ножи со стороны линии. Кроме того, отключается разъединитель в ячейке линии на питающей подстанции. И там тоже включаются заземляющие ножи в сторону ЛЭП. Если автоматическое повторное включение (АПВ) линии не выводится автоматически при ее отключении выключателем, то до отключения линии выключателем оперативный персонал выводит из работы АПВ отдельной операцией.

2.2. Схема РУ «Блок линия – трансформатор с отделителем»

Схема РУ «Блок линия – трансформатор с отделителем» в настоящее время не является типовой, как и другие схемы с отделителями. Однако ПС с такими схемами РУ еще в достаточном количестве работают в электрических распределительных сетях России. В последние при-

мерно 10 лет производится плановая реконструкция ПС с отделителями и установкой вместо этих аппаратов элегазовых выключателей. Кроме перечисленного выше оборудования в этой схеме обычно присутствует короткозамыкатель. Этот аппарат создает искусственное одно- или двухфазное КЗ для четкой работы релейной защиты, установленной на питающей подстанции энергосистемы. Основным видом повреждения в трансформаторе, ради которого устанавливается короткозамыкатель, является витковое замыкание обмоток (витков обмотки одной фазы) силового трансформатора. В нормальных условиях этот аппарат отключен. Короткозамыкатель оснащается пружинным приводом, который обеспечивает автоматическое включение этого аппарата. На рис 2.1, б показан вариант с короткозамыкателем, создающим однофазное КЗ. Такой вид КЗ создается в сетях с эффективно заземленной нейтралью (110 и 220 кВ). Двухфазное КЗ создается при установке аппарата в сети с изолированной нейтралью (35 кВ).

Команда на включение короткозамыкателя подается от защит трансформатора. Одновременно подается команда на отключение выключателя в цепи трансформатора в РУ НН подстанции. На искусственное КЗ реагирует релейная защита линии со стороны питания. После отключения ЛЭП происходит автоматическое отключение отделителя, у которого, как и у

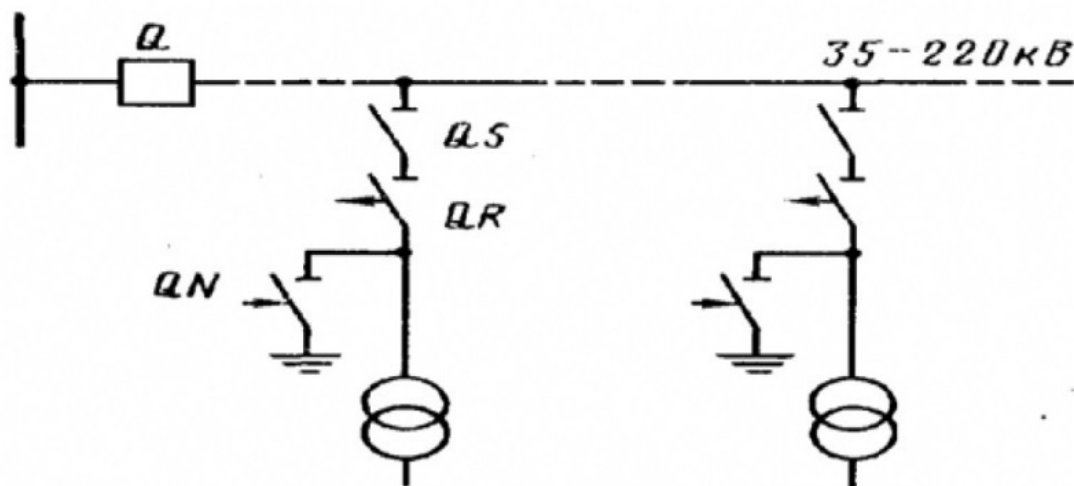


Рисунок 2.2 – Вариант использования схем РУ с отделителями на ответвительных (отпаечных) ПС

короткозамыкателя, имеется пружинный привод. Следует обратить внимание на то, что между короткозамыкателем и заземляющим устройством присутствует трансформатор тока. Он входит в комплект короткозамыкателя. К нему подключается токовое реле, обеспечивающее блокировку отключения отделителя до отключения выключателя. Такая последовательность отключения аппаратов обусловлена тем, что контактная система нерассчитана на отключение больших токов. Он может отключать ток холостого хода трансформаторов со значением номинальной мощности до 25 000 кВА включительно.

Надо сказать, что данная схема применяется и в РУ ответвительных однитрансформаторных подстанций. Пример такого применения схем с отделителями показан на рис. 2.2.

Работа оборудования при отключении режима короткого замыкания на любой ПС в этом случае предусматривает АПВ выключателя со стороны питания после отключения соответствующего отделителя. Это дает возможность сохранить питание потребителей других подстанций, подключенных к линии. Линии с ответвительными подстанциями могут быть и с

односторонним, и с двухсторонним питанием. В том числе, их применяют в РУ подстанций, которые подключаются к кольцевым (замкнутым) электрическим сетям.

В варианте с двухсторонним питанием после включения короткозамыкателя указанные выше процедуры происходят на выключателях двух подстанций. При этом АПВ после отключения поврежденного трансформатора может способствовать и сохранению транзита мощности по линии.

Широкое использование в электрических сетях СССР схем с отделителями и короткозамыкателями вместо схем с выключателями было обусловлено их гораздо меньшей стоимостью. С другой стороны, надежность работы схем с отделителями заметно ниже. Особенно это проявляется в условиях гололёда. При этом время выполнения автоматизированных процедур увеличивается на 0,5 -1,0 секунду. Нередки и отказы в работе этих аппаратов. Можно отметить и другие негативные моменты при применении схем РУ с отделителями. При отключении искусственного КЗ токи, коммутируемые выключателями, могут быть достаточно большими, сопоставимыми с токами трехфазного КЗ. Износ контактов отключаемой при этом фазы (фаз) более быстрый, чем для других фаз электроаппарата. Для устранения этого фактора схема с отделителем может применяться без короткозамыкателя. Вместо него на ПС устанавливается комплект передачи телесигнала о неисправности в силовом трансформаторе. Каналы для передачи телесигнала могут быть разные: высокочастотной связи энергосистемы, специальный кабель, проложенный параллельно ЛЭП, оптико-волоконный проводник, встроенный в грозозащитный трос, мобильной телефонной связи и т.д.

Применение отделителей, которые являются трехполюсными аппаратами, исключает однофазное АПВ ЛЭП. Применение схем РУ с отделителями практически невозможно, если на любой из ПС, подключаемых к одной и той же линии, есть мощная двигательная нагрузка, например, привода насосов перекачки нефтепроводов. Эти двигатели получают электроэнергию на напряжении 6 кВ. При создании искусственного КЗ от них в сторону короткозамыкателя поступает значительная составляющая тока КЗ. Таким образом, бестоковая пауза в цепи трансформатора не создается сразу после отключения выключателей. Процесс отключения отделителя и восстановления работы линии затягивается. Это может быть серьезным фактором и в случае с линией с односторонним питанием, и особенно важно в случае с двухсторонним питанием, когда должно быть АПВ с улавливанием синхронизма.

2.3. Схема РУ «Блок линия – трансформатор с выключателем»

Схема РУ «Блок линия – трансформатор с выключателем» используется в диапазоне напряжений от 35 до 500 кВ включительно. Эта типовая схема имеет номер 35 (110,220,330,500)-3Н. Она показана на рис. 2.1, в

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.