

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

КУРГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра энергетики и технологии металлов

**ОПЕРАТИВНЫЕ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ**

Методические указания к выполнению практических занятий по курсу

«Эксплуатация электрооборудования систем электроснабжения»

для студентов очной и заочной форм обучения

специальности 140211 «Электроснабжение»

Курган 2010

Кафедра: «Энергетика и технология металлов»

Дисциплина: «Эксплуатация электрооборудования систем электроснабжения»

Составили: доцент, к.т.н., доцент В.И. Мошкин  
доцент А.А. Данилов

Утверждены на заседании кафедры « 30 » сентября 2010 г.

Рекомендованы методическим советом университета  
«15» ноября 2012 г.

## **1 Общие сведения о производстве оперативных переключений в электроустановках промышленных предприятий**

Электрические схемы станций и подстанций выполняют таким образом, чтобы соединение их отдельных элементов и разных электрических аппаратов можно было осуществлять в различных сочетаниях. Такая необходимость возникает в нормальных условиях, при выключении и отключении оборудования, изменении режима работы, производстве испытаний и ремонтов электрооборудования, ликвидации аварий, при пожарах и несчастных случаях.

Чтобы можно было производить изменения в электрических схемах, их элементы - генераторы, трансформаторы, воздушные и кабельные линии, распределительные устройства, электродвигатели и другие - соединяют друг с другом и со сборными шинами с помощью коммутационных аппаратов. К ним в установках напряжением 1000 В и выше в основном относятся выключатели, разъединители, отделители и короткозамыкатели.

Изменения, осуществляемые в электрической схеме установки с помощью коммутационных аппаратов, называются оперативными переключениями.

Оперативные переключения являются одной из наиболее ответственных операций, выполняемых дежурным персоналом электроцеха, станции, подстанций и подразделяются на простые и сложные. К сложным относятся все переключения, производимые более чем на одном присоединении.

Для правильного производства переключений необходимо знать и строго соблюдать определенную последовательность их выполнения. Опыт эксплуатации подтверждает, что подавляющее большинство грубейших нарушений, которые бывают во время переключений, происходит именно в результате нарушения дежурным персоналом этой последовательности, главным образом при простых переключениях, хорошо ему известных и неоднократно исполнявшихся (например, отключение разъединителей под нагрузкой, включение напряжения на оставленное на месте работ переносное защитное заземление, ошибочное отключение не того выключателя). Чтобы предупредить эти ошибки, установлены жесткие правила и порядок производства переключений, которые следует строго соблюдать.

Основные правила производства переключений заключаются в следующем. Переключения выполняет дежурный персонал, прошедший специальную подготовку. Все сложные, а также простые переключения в установках, не имеющих устройств блокировки разъединителей, производят два человека, один из которых непосредственно выполняет переключения, а другой контролирует их правильность. Контролирующим является старший по должности работник, имеющий квалификацию по технике безопасности не ниже IV группы. Наложение и снятие переносных заземлений должны осуществлять два лица.

Все переключения в электрических схемах станций и подстанций производят по распоряжению или с ведома вышестоящего дежурного персонала.

Перечень лиц, которым предоставлено право производить оперативные переключения, ограничивается и утверждается лицом, ответственным за электрохозяйство установки.

## 2 Организационные мероприятия при выполнении оперативных переключений

1 Переключения в распределительных устройствах подстанций выполняются оперативным или оперативно-ремонтным персоналом по письменному или устному (телефонному) распоряжению вышестоящего дежурного, лица, ответственного за электрохозяйства и диспетчера энергосистемы.

2 Лицо, отдающее и принимающее оперативные распоряжения и сообщения об исполнении, обязано назвать свою должность и фамилию.

3 Все простые переключения в схемах электрических установок выше 1000 В, а также сложные переключения (переключения, производимые более чем на одном присоединении) в распределительных устройствах, оборудованных полностью блокировочными устройствами от неправильных операций с разъединителями, разрешается выполнять без бланка переключений.

При ликвидации аварий переключения делают без бланков, но все операции записывают в оперативный журнал. Все сложные переключения в схемах электрических установок напряжением выше 1000 В выполняют по бланкам переключений установленной формы. Бланк переключений, составляемый для предупреждения неправильных операций, представляет собой основной оперативный документ, определяющий содержание задания и последовательность выполнения особо опасных и сложных переключений.

Бланк переключений необходим для сложных переключений и для операций в схемах электроустановок напряжением выше 1000 В, когда РУ не оборудованы или оборудованы не полностью блокировочными устройствами от неправильных операций с разъединителями. В бланк переключений вносят не только операции с переключающими аппаратами, но и другие операции: включение и отключение оперативного тока; проверку установок на отсутствие напряжения; операции с защитой и спец автоматикой; отключение и включение цепей питания защиты, измерительных приборов и автоматики; ввод и вывод АПВ, АВР, АЧР; установку или снятие защитных переносных заземлений.

Бланк заполняется непосредственно перед началом переключения после получения распоряжения. Каждая операция, вносимая в бланк, должна иметь порядковый номер. Правильность записанных в бланк операций проверяют по оперативной схеме, которая должна точно отражать состояние оборудования на момент, предшествующий началу переключений. Заполненный бланк переключений участники переключений подписывают и берут в РУ, где выполняют операции в следующем порядке:

1) на месте переключений контролирующий проверяет, что он и производящий переключения находятся в том РУ и у того присоединения, где должна производиться очередная операция, и становится позади производящего переключения;

2) контролирующий громко и ясно зачитывает очередную операцию;

3) производящий переключения, проверив по схеме, надписям и маркировке оборудования, что находится именно у того присоединения, на котором он должен делать переключения, повторяет содержание операции;

4) контролирующий, сличив по бланку, что производящий переключение правильно повторил содержание операции и правильно выбрал присоединение для переключения, подтверждает это словами "Правильно, выполняйте";

5) производящий переключения выполняет заданную операцию;

6) контролирующий делает отметку в бланке переключения об исполнении операции и зачитывает содержание следующей операции;

7) производящий переключения направляется к месту следующей операции, контролирующий следует за ним и проверяет, подошел ли он к тому объекту, на котором предстоит произвести следующую операцию.

8) если возникают сомнения в правильности выполнения операций, переключения прекращают, порядок операций проверяют «по оперативной схеме и в случае необходимости заполняют новый бланк переключений».

4 После окончания переключений по бланку лицо, выполнявшее переключения, записывает в оперативный журнал время окончания операций и сообщает об этом лицу, давшему распоряжение

При производстве переключений без бланка пооперационно персонал записывает в оперативный журнал вес операции о коммутационных аппаратах, изменениях в схемах релейной защиты и автоматики, операциях по включению и отключению заземляющих ножей, установке и снятию переносных заземлений. Записи об установке и снятии заземлений подчеркивают в тексте цветными карандашами. Красным карандашом подчеркивают записи об установке заземления, синим - о снятии. Кроме того при снятии какого-либо заземления под красной чертой сделанной ранее записи о его установке проводят синюю черту.

В суточную оперативную схему изменения вносят карандашом, чернилами или пастой красного цвета рядом с символом того коммутационного аппарата, положение которого изменилось в процессе переключений. Отключенное положение выключателей обозначают горизонтальными линиями (-), включенные - вертикальными (|) Установленные переносные заземления отмечают графическим символом "земля" с указанием номера заземления. При снятии заземления знак перечеркивается. Старший по смене должен вести письменный (в оперативном журнале) учет переносных заземлений и перед включением под напряжение участков, бывший в ремонте, должен не только убедиться на месте, сняты ли заземления, но и проверить по записям, числу, номеру оставшихся в РУ комплектов, не забыто ли где переносное заземление.

В электроустановках и на подстанциях, с постоянным дежурным персоналом включение под напряжение, оборудования, бывшего в ремонте или на испытании, может быть произведено только после приемки его оперативным персоналом от руководителя работ.

В случае, когда отключение цехового электрооборудования по устной (письменной) заявке цехового персонала для производства каких-либо работ, следующее включение этого оборудования может производиться только по требованию лица, давшего заявку на отключение. Перед пуском временно отключенного оборудования оперативный персонал обязан его осмотреть, убедиться в его готовности к приему напряжения и предупредить работающий на нем персонал о предстоящем включении.

Порядок оформления заявок на отключение электрооборудования должен быть утвержден лицом, ответственным за электрохозяйство.

Работа оперативного персонала должна быть построена так, чтобы каждый работник сознательно, ясно и четко представлял последовательность проводимых операций в электроустановках.

### **3 Техника выполнения операций с коммутационной аппаратурой**

Техника выполнения операций с масляными и воздушными выключателями, выключателями нагрузки, отделителями и разъединителями зависит, прежде всего, от типа привода (ручной, грузовой или пружинный, электромагнитный, пневматический или электродвигательный).

#### **3.1 Действия с выключателями**

Отключение и включение под напряжение и в работу присоединения, имеющего в своей цепи выключатель, следует производить выключателем и, как правило, дистанционно.

Выключатели с электромагнитными, пневматическими, грузовыми и пружинными приводами, как правило, управляются дистанционно или автоматически. Отдельные небольшие электроустановки оборудуют выключателями с ручными приводами, например, ПРБА. Такие выключатели включаются и выключаются вручную и только в аварийных случаях, например, при коротких замыканиях, отключаются автоматически.

Дистанционное управление выключателями осуществляется обычно с щитов управления с помощью ключей или кнопок. Рядом с ключом (кнопкой) управления размещают сигнальные лампы, сигнализирующие о положении выключателя. Колпачки ламп "включено" и "отключено" отличаются по цвету.

Чтобы включить выключатель, ключ поворачивают в положение "включить" и держат в таком положении до загорания лампы "включено". При отключении ключ поворачивают в положение "отключить" и держат его в таком состоянии до загорания лампы "отключено". Одновременно дежурный наблюдает за показаниями соответствующих приборов (амперметров, вольтметров).

Наряду с дистанционным управлением возможно ручное управление выключателем, для чего в конструкциях приводов предусматриваются соответствующие рычаги, штурвалы и т.п.

Включение масляного выключателя ручным приводом следует производить быстро, поворачивая рычаг управления (штурвал) до упора, но без значительных усилий в конце хода. Включение и отключение воздушных выключателей всех типов и классов напряжения выполняется, как правило, дистанционно со щита управления. Допускается отключение воздушного выключателя кнопкой местного пневматического управления только в случае предотвращения опасности для жизни людей. При этом запрещается находиться ближе 100 м от выключателя.

У воздушных выключателей ручное отключение осуществляется с помощью кнопки пневматического управления. Ручное включение разрешается выполнять в

том случае, если привод отделен от выключателя стенкой или прочным металлическим листом, защищающим оператора от травм или аварии с выключателем.

При осуществлении такой защиты включение производят переносной кнопкой, временно подключаемой к цепи управления через штепсель и гибкий провод. Оператор в момент включения находится на безопасном расстоянии от выключателя (например в конце коридора или в соседнем помещении).

В момент включения выключателя необходимо следить за показаниями амперметра включаемого присоединения. При броске тока, указывающем на короткое замыкание, необходимо немедленно отключить выключатель, не дожидаясь действия релейной защиты.

### 3.2 Действия с разъединителями

Операции с разъединителями, снабженные электродвигательными и пневматическими приводами, управляемыми дистанционно, не отличаются от операций с выключателями. Эти приводы наиболее часто применяют в установках с разъединителями на большие токи (свыше 2...3 кА) и в установках напряжением 110 кВ и выше.

Как правило, операции с разъединителями разрешается производить лишь после отключения цепи тока силовым выключателем. Такой порядок, как известно, объясняется тем, что разъединители не имеют устройств для гашения дуги, возникающей между контактами разорванной электрической цепи.

Чтобы свести к минимуму последствия возможных ошибочных операций с разъединителями, практикой эксплуатации установлен следующий порядок действий оператора на случай появления дуги.

При выполнении операций с разъединителями на ключе управления выключателя должен вывешиваться плакат «Не включать - работают люди». Операции с разъединителями разрешается производить только при отсутствии в них дефектов и повреждений как в контактах, так и в изоляторах. Не рекомендуется выполнять операции с шинными разъединителями, если схема РУ позволяет предварительно снять напряжение с разъединителя.

Включение разъединителей следует выполнять быстро и решительно, но без удара в конце хода. Начатая операция включения должна быть продолжена до конца в любом случае, даже при появлении дуги между контактами.

Отключение разъединителей следует производить медленно и осторожно. Вначале следует сделать небольшое движение рычагом привода, чтобы убедиться в отсутствии качаний и поломок изоляторов. Если при расхождении контактов между ними возникает дуга, разъединители следует включить и до выяснения причины возникновения дуги операции с ними не производить.

Исключения составляют операции по отключению разъединителями (отделителями) намагничивающего тока силовых трансформаторов, зарядного тока воздушных и кабельных линий. В этих случаях отключение следует производить быстро, чтобы обеспечить гашение дуги. Дежурный, выполняющий операцию, обязан находиться под защитным козырьком для ограждения от воздействия электрической дуги.

Разъединителями разрешается выполнять операции:

- включения и отключения зарядного тока шин и оборудования всех классов напряжения (кроме конденсаторных батарей);
- отключения и включения трансформаторов напряжения, нейтралей силовых трансформаторов и дугогасящих реакторов при отсутствии в сети замыканий на землю;
- шунтирования и расшунтирования включенных выключателей (с приводов которых снят оперативный ток).

В распределительных электросетях напряжением 6-10 кВ разъединителями разрешается включать и отключать:

- уравнильный ток до 70 А в сетях с воздушными и кабельными линиями;
- нагрузочный ток линий до 15 А, при условии проведения операций трехполюсными разъединителями наружной установки с механическим приводом.

Применение разъединителей и отделителей наружной и внутренней установки напряжением 6-35 кВ для отключения и включения емкостных токов воздушных и кабельных линий, токов замыкания на землю, токов холостого хода трансформаторов определяется напряжением, способом установки и расстоянием между осями полюсов разъединителей. В местных инструкциях должны быть даны конкретные указания о порядке отключения и включения указанного выше оборудования (присоединения). Так, например, из опыта эксплуатации известно, что при напряжении 6-10 кВ разъединителями типа РВ-10-630 можно отключать намагничивающий ток трансформаторов мощностью до 630 кВ·А включительно. При большей мощности трансформаторов для этих целей следует применять выключатели нагрузки.

При выполнении операций с разъединителями и отделителями ненагруженных трансформаторов, линий электропередачи, сборных шин и присоединений оперативный персонал обязан:

- на присоединениях 35-110 кВ, имеющих в одной цепи отделители и разъединители отключение выполнять дистанционно отделителями, а включение - разъединителями при предварительно включенных отделителях;
- перед отключением намагничивающего тока трансформатора его переключатель регулирования напряжения (РПН, ПБВ) следует установить в положение, соответствующее номинальному напряжению;
- отключение и включение намагничивающих токов силовых трансформаторов 110-220 кВ, имеющих неполную изоляцию нейтрали и работающих с заземленной нейтралью, независимо от наличия защиты нейтрали, следует выполнять после предварительного заземления нейтрали специально установленным заземляющим разъединителем;
- отключение и включение трансформаторов напряжением 6-35 кВ к нейтрали которых подключен дугогасящий реактор, во избежание появления перенапряжений, следует выполнять только после отключения дугогасящего реактора;

На время проведения операций с шинными разъединителями и воздушными выключателями необходимо отключать устройства АПВ шин, АВР секционных и шиносоединительных выключателей, действием которых повторно подается напряжение на шины.

При отключении однополюсных разъединителей принимается такая последовательность операций, при которой сначала отключается средний разъединитель, за-



тем - крайние Включение осуществляется в обратном порядке: При этом возможность перехода дуги на соседние фазы уменьшается.

Такая же последовательность выполнения операций применяется, если однополюсные разъединители не оборудованы приводами и операции производятся с помощью изолированных штанг

Следует избегать операций с разъединителями под напряжением при низких температурах наружного воздуха ( $-20^{\circ}\text{C}$  и ниже).

### **3.3 Действия с выключателями нагрузки**

Как известно, выключатели нагрузки имеют облегченную дугогасящую камеру, дуга в которой гасится лишь при нормальных токах нагрузки, не превышающих номинальных значений тока этих аппаратов. Погасить дугу от тока КЗ дугогасящие устройства выключателей нагрузки не в состоянии. Этим объясняется как специфика применения выключателей нагрузки в схемах РУ, так и правила выполнения оперативных действий дежурным персоналом. В большинстве случаев выключатели нагрузки устанавливаются в упрощенных схемах взамен разъединителей, если разъединителями невозможно отключение электроустановки на холостом ходу.

Порядок оперативных действий с выключателями нагрузки практически совпадают с аналогичными действиями с разъединителями, однако имеется и ряд особенностей.

Выключателями нагрузки обычной конструкции серий ВН и ВНП разрешается выполнять операции включения и отключения токов нагрузки и уравнивающих токов, значения которых не превышают номинальный ток аппарата. Для отключения выключателя нагрузки ручным приводом необходимо нажать на защелку рукоятки привода и отвести рукоятку вниз до упора. Скорость перемещения ножей должна быть не менее 3-4 м/с. Движение рабочих ножей в конце хода должно быть плавным, без жестких ударов.

Перед отключением выключателя нагрузки следует проверить значение тока в отключаемой цепи, которое не должно превышать номинальный ток аппарата. При отсутствии в цепи измерительного прибора максимально возможное значение тока должно быть заранее измерено, а в местной инструкции должно быть указано, что значение тока не может превысить номинальный ток аппарата

Запрещается с помощью выключателя нагрузки серии ВН подавать напряжение на линии, трансформаторы и тины, отключившиеся с помощью устройств релейной защиты, без осмотра оборудования и устранения повреждений.

### **3.4 Действия с выключателями и разъединителями комплектных распределительных устройств**

Как известно, выключатели в этих устройствах располагаются в ячейках на выдвижных тележках, а разъединители отсутствуют - их заменяют разъединяющие (штепсельные) контакты, из которых верхние играют роль шинного разъединителя, а нижние - линейного. Контакты отключаются при выкатывании тележки, на которой установлен выключатель. Операция по выкатыванию тележки равнозначна операции с разъединителем.

Выдвижную тележку блокируют с выключателем таким образом, чтобы ее нельзя было выкатить или вкатить при включенном положении выключателя, которое определяют по указателю, установленному на его валу.

Несмотря на наличие блокировки, прежде чем выкатывать или вкатывать тележку, нужно убедиться в отключенном положении выключателя. До операции с тележкой должен быть отключен оперативный ток привода выключателя, так как во время вкатывания тележек с выключателем включаются также цепи управления и при каких-либо неисправностях во вторичных цепях может произойти самопроизвольное включение выключателя. Тележки выкатывают только для ремонта, устранения неисправности или испытаний. Вкатывать тележку следует медленно и доводить ее до рабочего положения с помощью механизма доводки.

Вкатывание тележки производится не менее чем двумя лицами с тщательной проверкой четкости фиксации тележки в рабочем положении. Вручную вкатывают тележку только до контрольного положения, дальнейшее продвижение осуществляют рукояткой механизма доводки (лебедкой).

### **3.5 Проверка отсутствия напряжения**

Проверка отсутствия напряжения на токоведущих частях выполняется каждый раз при наложении временных заземлений, после разряда кабельных и воздушных линий, конденсаторных установок и т.п., при допуске бригады к ремонтным работам.

Отсутствие напряжения проверяют специально предназначенным для этой цели газоразрядным однополюсным индикатором. Применение двухполюсных индикаторов, тем более самодельных устройств типа контрольных ламп и им подобных, категорически запрещено даже в электроустановках напряжением до 1000 В. При применении двухполюсных индикаторов возможны ложные показания отсутствия напряжения, если точки схемы, к которым подключен индикатор, находятся под одинаковым потенциалом относительно земли. Такие случаи тем более вероятны при повреждениях электроустановок: отгорании нулевых или защитных проводников, возникновении потенциалов на заземленных частях и т.п. При включении самодельных контрольных ламп на линейное напряжение они взрываются в руках оперативного персонала.

Индикатор должен быть исправен и соответствовать напряжению электроустановки. Непосредственно перед использованием исправность индикатора проверяют: внешним осмотром; по наличию на самом индикаторе клейма электролаборатории о его пригодности к использованию до указанного срока очередных испытаний; путем проверки свечения газоразрядной лампы индикатора на электроустановке, заведомо находящейся под напряжением.

В электроустановках напряжением выше 1000 В проверка отсутствия напряжения должна выполняться двумя лицами с IV и III группой по технике безопасности. Дежурный, непосредственно осуществляющий действия по проверке отсутствия напряжения, должен быть одет с спецодеждой и индивидуальные защитные средства, включая диэлектрические перчатки и защитные очки.

Во избежание поверхностных перекрытий изолирующей штанги индикатор следует брать в руки только за специально предназначенную рукоятку, не выше. За-

тем следует коснуться полюсом индикатора шины, заведомо находящейся под напряжением и проконтролировать его исправность. В случае исправности индикатора сразу перейти к отключенной электроустановке и проконтролировать отсутствие напряжения на всех ее токоведущих частях.

Второе лицо должно контролировать действия дежурного по бланку оперативных переключений.

### 3.6 Операции по наложению заземлений

Наиболее надежными устройствами заземления являются стационарные заземляющие ножи, заблокированные со своими разъединителями. Операции с ними производят так же, как и с разъединителями. Во избежание ошибочных действий рукоятки приводов заземляющих ножей и разъединителей имеют различную окраску. На присоединениях, где отсутствуют разъединители с заземляющими ножами, накладывают переносные заземления с помощью специальных изолирующих штанг.

Наложение и снятие переносных заземлений в установках, напряжением выше 1000 В должны производиться двумя лицами. Одно из них должно быть лицо оперативного персонала с квалификационной группой не ниже IV. Второе лицо с квалификационной группой не ниже III, может быть из числа неоперативного электротехнического персонала, но при этом оно должно пройти инструктаж и быть ознакомлено со схемой электроустановки.

Наложение заземления следует производить непосредственно после проверки отсутствия напряжения индикатором.

Перед проверкой отсутствия напряжения переносное заземление должно быть присоединено к зажиму "земля". Затем зажимы переносного заземления накладываются на заземляемые токоведущие части при помощи штанги из изоляционного материала с применением диэлектрических перчаток. Закрепление зажимов производится пофазно этой же штангой или непосредственно руками; при этом пользоваться диэлектрическими перчатками обязательно. Зажимы закрепляют в специально отведенных для этой цели не окрашенных местах шин, выделенных двумя черными поперечными полосами.

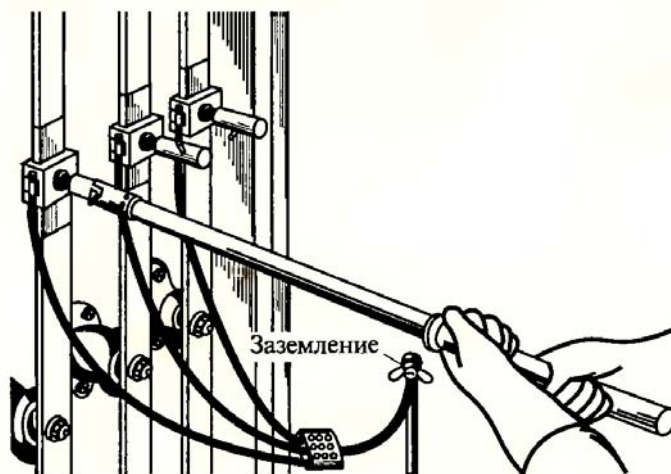


Рисунок 1 – Установка переносного заземления

Снятие заземления с применением штанг и диэлектрических перчаток следует производить в обратном порядке, т.е. сначала снять его с токоведущих частей, а затем отсоединить от заземляющего устройства. Такой порядок вызван тем, что сборные шины, электрические машины, аппараты и в особенности воздушные и кабельные линии после снятия напряжения могут в течение некоторого времени сохранять электрический заряд.

Запрещается пользоваться для заземления какими-либо проводниками, не предназначенными для этой цели.

Комплекты переносных заземлений имеют свою нумерацию, хранятся в специально отведенных для каждого из них местах, передаются по смене как по количеству, так и по номерам, а в оперативном журнале и на специальной доске щита ведется учет наложенных и оставшихся комплектов заземлений.

#### 4 Порядок выполнения оперативных переключений

В цепи каждого присоединения - воздушной или кабельной линии, трансформатора или электродвигателя - обычно имеются выключатель и один или несколько разъединителей.

Один из примеров расположения выключателя и разъединителей в цепи присоединения кабельной линии показан на рисунке 2.

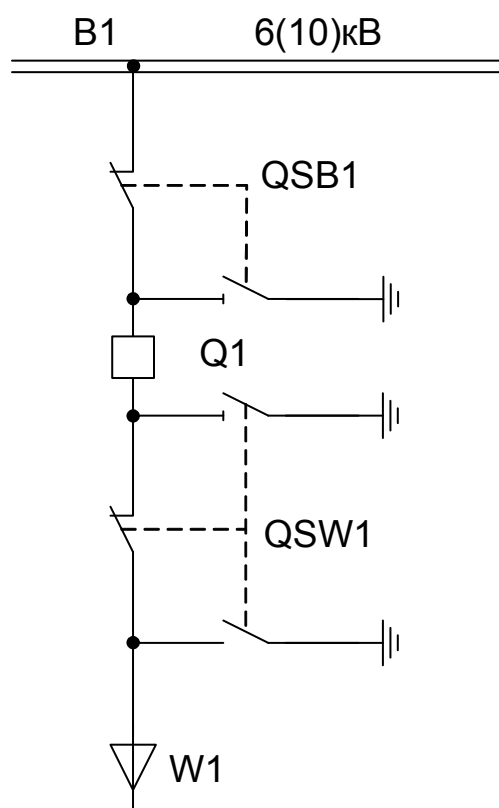


Рисунок 2

Разъединитель, присоединенный к сборным шинам, называется шинным и обозначается в оперативных схемах QSB, а разъединитель, включенный между вы-

ключателем Q и исходящей линией W, называется линейным и обозначается QSW. Положение коммутационной аппаратуры на рисунке 1 соответствует включенной в работу линии W1.

Для отключения линии прежде всего отключают выключатель Q1, а после этого отключают разъединители - сначала линейный QSW1, а затем шинный QSB1. Такой порядок отключения разъединителей установлен потому, что если случайно выключатель не будет отключен, то при отключении первым линейного разъединителя образовавшееся вследствие появления дуги короткое замыкание будет отключено выключателем Q1, чем будет предотвращено развитие аварии. Если же отключать первым шинный разъединитель QSB1, то в этом случае образовавшаяся дуга может расплавить губки разъединителя, перебросится на шины и выключатель не сможет отключить эту короткого замыкания, т.е. авария примет большие размеры.

Отключение и включение разъединителей присоединения, имеющего в своей цепи выключатель, следует выполнять после проверки отключенного положения выключателя на месте его установки.

Включение линии производят в обратном порядке: сначала включают шинный разъединитель QSB1, затем линейный QSW1 и последним - выключатель Q1. В этом случае, если выключатель случайно окажется включенным, то при включении нагрузки разъединителем дуга образуется только после включения линейного разъединителя, тогда срабатывает защита и короткое замыкание отключается выключателем Q1.

Такой порядок принят и при двух системах шин (B1 и B2), т.е. при наличии двух шинных разъединителей (рисунок 3). Указанный порядок сохраняется и в том случае, если вместо линии к шинам присоединен трансформатор, электродвигатель или любой другой потребитель электроэнергии.

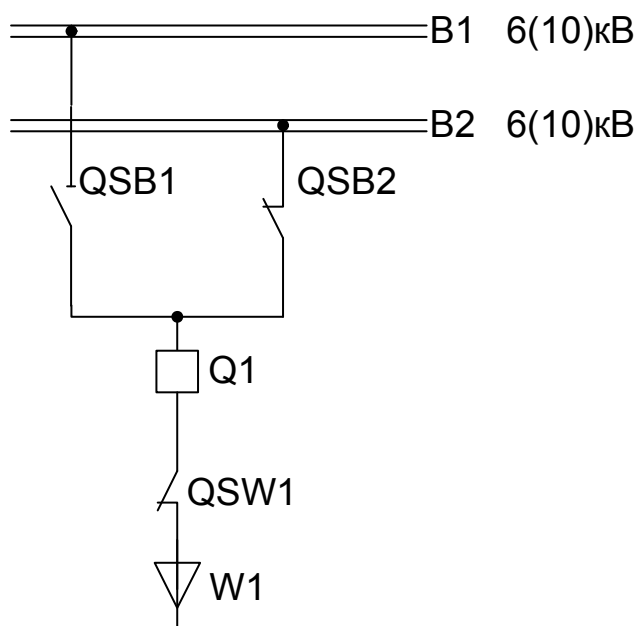


Рисунок 3

При наличии у одиночно работающего трансформатора выключателей с обеих сторон, первым включают выключатель со стороны источника питания, затем со стороны нагрузки. Отключение производят в обратном порядке.

В настоящее время ещё широко распространены схемы электрических соединений, в цепях которых отсутствуют выключатели. На подстанциях с упрощенными схемами перед выполнением операций с разъединителями или отделителями на стороне высшего напряжения трансформатора следует проверить отключенное положение головных выключателей со стороны среднего и низшего напряжений на месте установки этих выключателей.

На рисунке 4 приведена схема понижающего трансформатора без выключателя на стороне высшего напряжения при отключенном трансформаторе Т. Операции по включению и выключению трансформатора при помощи разъединителя выполняют в следующем порядке. При отключении сначала снимают нагрузку трансформатора путем отключения выключателя Q1 и далее разъединителем QSB2 на стороне низшего напряжения. Проверяют по приборам отсутствие тока нагрузки в цепи трансформатора и только после этого отключают намагничивающий ток (ток холостого хода) трансформатора разъединителем QSB1 на стороне высшего напряжения.

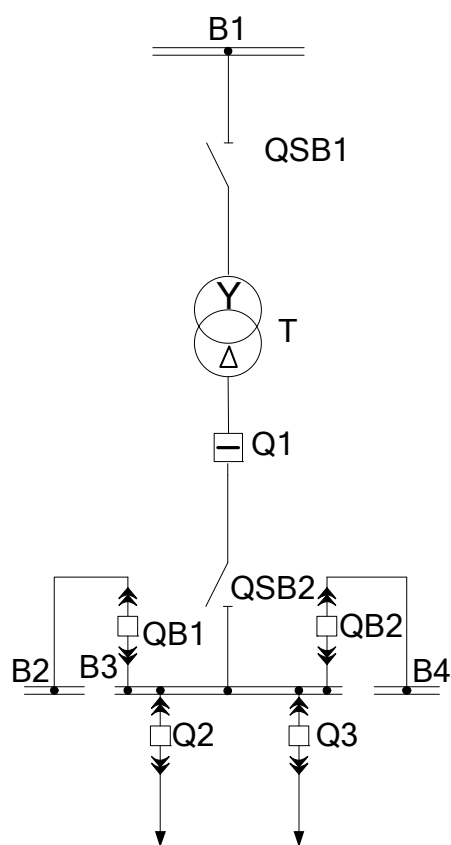


Рисунок 4

При отсутствии выключателя на стороне низшего напряжения трансформатора нагрузку снимают последовательным отключением выключателей Q2 и Q3 присоединений, питающихся от этого трансформатора, а также отключением секционных выключателей QB1 и QB2 при параллельной работе данного трансформатора с другими.

Таким же образом отключают зарядный ток воздушных и кабельных линий, то есть сначала снимают нагрузку и только после этого отключают разъединителем "холостую" линию.

При включении трансформатора сначала его включают на холостом ходу шинным разъединителем QSB1. После этого к трансформатору подключают сборные шины низшего напряжения ВЗ шинным разъединителем QSB2 и выключателем Q1. Такой порядок включения принят потому, что при включении трансформатора возникают броски намагничивающего тока достигающие 1,5...2 - кратного значения номинального тока которые при включении трансформатора под нагрузкой могут вызвать ложное срабатывание защит.

Это особенно важно при параллельно работающих трансформаторах соседних секций В2 и (или) В4 (рисунок 4), так как бросок намагничивающего тока включаемого трансформатора Т распределяется по параллельным цепям и может вызвать отключение трансформаторов секций В2 и (или) В4. При включение же трансформатора Т со стороны питания другой трансформатор (секции В2 или В4) не будет перегружаться намагничивающим током подключаемого трансформатора

Отключение параллельно работающего трансформатора выполняют в обратном порядке: сначала отключают выключатель (если он есть) со стороны нагрузки (а если выключателя нет, то отключают разъединитель или другой коммутационный аппарат), затем выключатель со стороны питания и лишь после этого шинные разъединители с обеих сторон трансформатора.

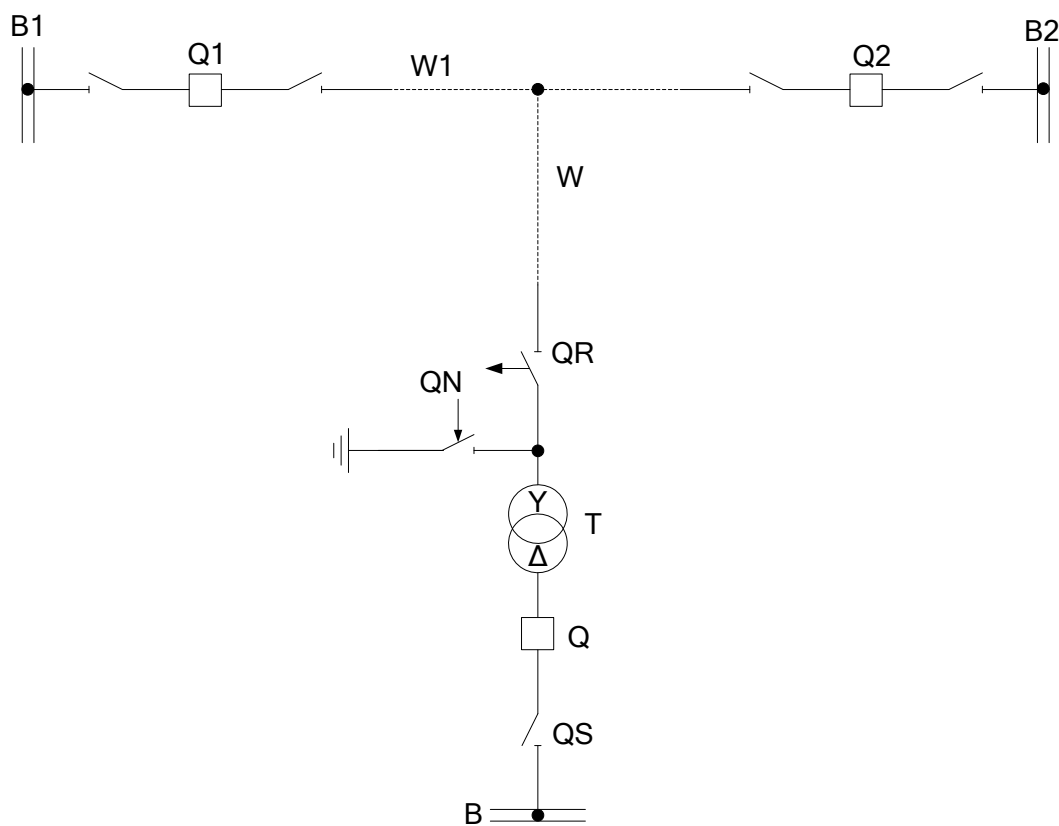


Рисунок 5

В цепях, оборудованных отделителями (рисунок 5), при работе защиты (в данном случае трансформатора) отключение производится созданием преднамерен-

ного короткого замыкания в цепи присоединения с помощью короткозамыкателя QN. Ток короткого замыкания приводит в действие защиту, отключающую головные выключатели Q1 и Q2, установленные на подстанциях В1 и В2. После этого автоматическим отделителем QR отключается от сети присоединение. Затем срабатывают устройства автоматического повторного включения САПВ и выключатели Q1 и Q2 снова включаются в сеть. Таким образом, поставленная задача оказывается выполненной: присоединение отключено, остальное оборудование продолжает работать по заданной схеме.

## **5 Примеры выполнения типичных переключений**

### **5.1 Последовательность операций при включении и отключении линий электропередачи**

При включении и отключении линий электропередачи автоматы повторного включения (АПВ), как правило, отключают. Конкретные действия с АПВ зависят от их схемы и конструкции и оговариваются в местных инструкциях. Так, например, для отключения однократного АПВ, выполненного на базе реле типа РПВ-58, необходимо установить ключ управления в положение «Отключено» и снять накладку в цепи оперативного тока.

При отключении воздушных и кабельных линий тупикового питания первым рекомендуется отключать выключатель со стороны нагрузки, вторым - со стороны питания. Включение осуществляется в обратной последовательности.

При отключении линий, отходящих от электростанции, первым, как правило, следует отключать выключатель со стороны электростанции, вторым - выключатель со стороны энергосистемы. Подавать напряжение на линию следует, как правило, со стороны энергосистемы. Такой порядок отключения (включения) исключает дополнительные переходные процессы наброса (сброса) нагрузки генераторов станций.

Включение или отключение одной из двух спаренных линий при отключенной другой (рисунки 6) следует выполнять в обычном порядке, предусмотренном для включения и отключения одиночной линии.

Включение одной из спаренных линий (например W2), при находящейся в работе другой (W1) независимо от расположения линейных разъединителей каждой линии (в общей камере, в отдельных камерах, в ячейке, разделенной специальными перегородками) должно выполняться, как правило, после отключения линии, находящейся в работе.

Для этого необходимо:

- отключить выключатель Q1 работающей линии W1 со стороны нагрузки;
- Отключить выключатель Q3 спаренных линий со стороны питания;
- включить линейные разъединители с обеих сторон включаемой линии W2;
  
- включить выключатель Q3 спаренных линий со стороны питания;
- включить выключатели Q1, Q2 со стороны нагрузки.



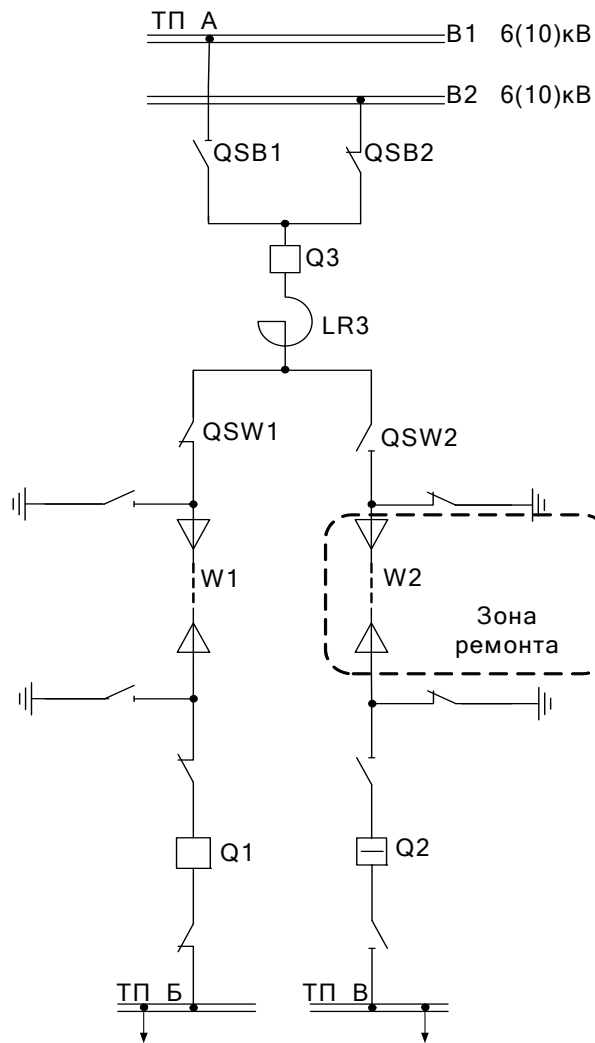


Рисунок 6

Включение или отключение одной из спаренных линий 6 - (10) кВ разъединителями без отключения выключателя Q3 со стороны питания допускается при зарядном токе линии не более предусмотренного [§9,2 Сборника директивных материалов] и только при наличии дистанционного управления разъединителями. Либо в случае, когда линия оборудована выключателем нагрузки с дистанционным приводом.

Отключение одной из спаренных линий, когда обе линии находятся в работе, следует выполнять в следующей последовательности:

- отключить выключатели обеих линий со стороны нагрузки;
- отключить выключатель спаренных линий со стороны питания;
- отключить разъединит ели с обеих сторон отключаемой линии;
- включить выключатель спаренных линий со стороны питания;
- включить выключатель остающейся в работе линии со стороны нагрузки.

На рис.6 приведен фрагмент оперативной схемы тупиковой подстанции с упрощенной схемой РУ ВН с выведенной в ремонт питающей линией W1. Оба трансформатора Т1, Т2 введены в работу через переключку QSW1, QSW2. В этом случае возникает задача включения транзитной линии W1, с одной из сторон которой (со стороны подстанции В) отсутствует выключатель.

Последовательность действий персонала при включении линии W1 (рисунок 7) заключается в следующем:

На подстанции В:

- отключить заземляющие разъединители со стороны линии W1;

На подстанции А:

- отключить заземляющие разъединители со стороны линии W1;
- включить шинные разъединители QSB, линейные разъединители QSW, и выключатель Q линии W1 (линия W1 опробуется напряжением),
- проверить наличие напряжения на всех фазах ввода линии W1;
- отключить выключатель Q линии W1, проверить его положение и снять оперативный ток с привода выключателя.

На подстанции В:

- проверить отсутствие напряжения на вводе линии W1;
- включить линейные разъединители QSW1 линии W1 - на линию W1 подается напряжение.

На подстанции А:

- подать оперативный ток на привод выключателя Q и включить выключатель линии W1.

В случае управления выключателями подстанции А по каналам телеуправления (ТУ) и включения линии W1 одной оперативно-выездной бригадой (ОВБ) после опробования линии напряжением оперативный ток с привода отключенного выключателя снимать не обязательно.

При отключении линии W1 должна быть выполнена следующая последовательность действий:

На подстанции А:

- отключить выключатель Q и линейные разъединители QSW линии W1.

На подстанции В:

- отключить линейные разъединители линии W1.

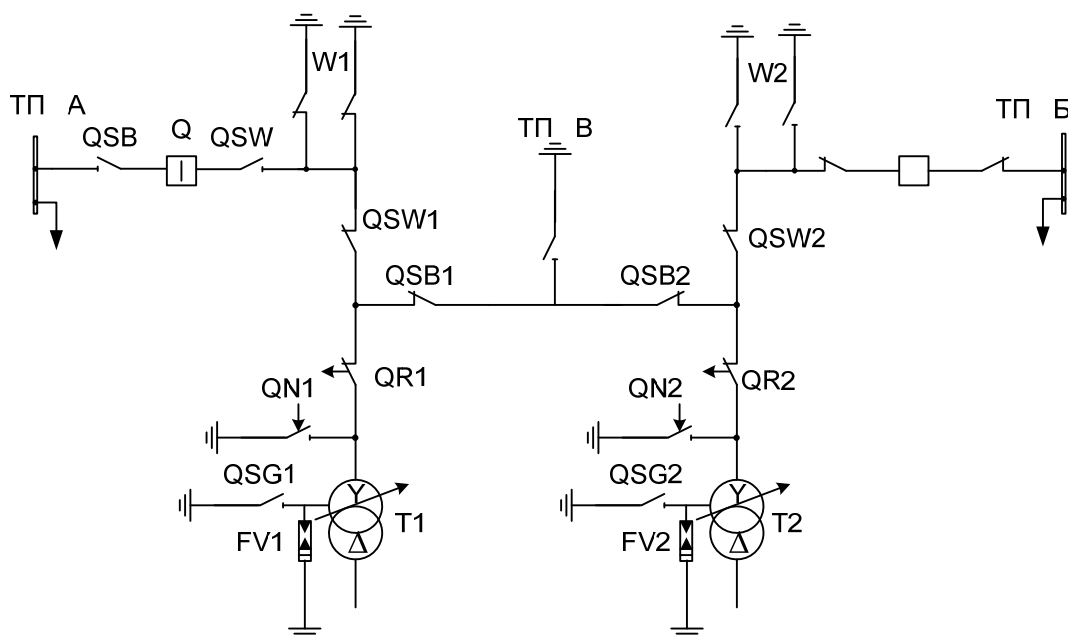


Рисунок 7

## 5.2 Включение и отключение трансформаторов на двухтрансформаторных подстанциях

На рисунке 8 изображена типовая ответвительная подстанция с упрощенной схемой РУ ВН, подключенная к двум проходящим параллельным линиям с двусторонним питанием. Такие схемы нашли наиболее широкое применение в схемах глубоких вводов электроснабжения промышленных потребителей и микрорайонов городов. Оперативное положение коммутационной аппаратуры соответствует нормальному режиму работы схемы.

При включении или отключении трансформаторов таких подстанций (рисунок 8)

На подстанциях с напряжением ВН 110 кВ и выше устанавливаются трансформаторы с облегченной изоляцией обмоток, работающие в режиме эффективного заземления нейтрали. В этом режиме лишь на некоторых из подключенных к сети 110 кВ трансформаторах нейтрали обмоток ВН замкнуты на землю. У большинства трансформаторов нейтральные точки обмоток фактически не подключены на землю (разъединители QSG1, QSG2 находятся в разомкнутом положении). Это необходимо для того, чтобы получить вполне определенные значения сопротивления нулевой последовательности и минимально необходимые значения токов однофазных КЗ, согласованные с уставками защит. Однако для исключения пробоя изоляции нейтралей коммутационными перенапряжениями на время выполнения операций включения или отключения трансформаторов со стороны ВН их нейтрали должны быть наглухо заземлены.

Обычно на время производства переключений устройства АПВ и поперечная дифференциальная защита параллельных линий W1 и W2 должны блокироваться, так как небалансы нагрузочных токов в линиях при отключении одной из них и броски намагничивающего тока подключаемых трансформаторов могут приводить к ложным срабатываниям как защит, так и устройств АПВ. Конкретные действия по выводу из работы защит и автоматики линий W1 и W2 зависят от их схем и конструкции и должны оговариваться в местных инструкциях дежурному персоналу питающих подстанций А и Б.

При отключении трансформатора Т1 оперативный персонал обязан выполнить следующие действия:

- на ответвительной подстанции В перевести питание нагрузки собственных нужд с трансформатора собственных нужд TL1 на трансформатор TL2;
- отключить разъединитель QSL1 дугогасящего реактора L1, настроить L2 на компенсацию емкостного тока присоединений первой В1 и второй В2 секций, включить дугогасящий реактор L2;
- отключить разъединитель QSL1 дугогасящего реактора L1;
- в переключить автоматический регулятор контактов (АРКТ) регуляторов под нагрузкой (РПН) трансформаторов Т1 и Т2 с автоматического на дистанционное управление;
- дистанционно перевести РПН трансформатора Т1 в положение, одинаковое с положением РПН трансформатора Т2;
- отключить АВР секционного выключателя и включить секционный выключатель QВ.

- отключить автоматическое повторное включение трансформатора (АПВТ) и отключить выключатель Q1 трансформатора T1;
- переключить АРКТ оставшегося в работе трансформатора T2 с дистанционного на автоматическое управление;
- переместить тележку с отключенным выключателем Q1 в контрольное или ремонтное положение в зависимости от характера намечаемых работ;
- включить заземляющий разъединитель QSG1 в нейтрали трансформатора T1;
- на питающих подстанциях А и Б отключить с помощью устройств телемеханики (или дистанционно вручную) выключатели с обеих сторон линии W1 (при этом снимается напряжение с линии W1 и одновременно отключается ток намагничивания трансформатора Т1 на подстанции В);
- на подстанции В отключить отделители QR1 трансформатора T1;
- на подстанциях А и Б с помощью устройств телемеханики (или дистанционно вручную) включить выключатели линии W1.

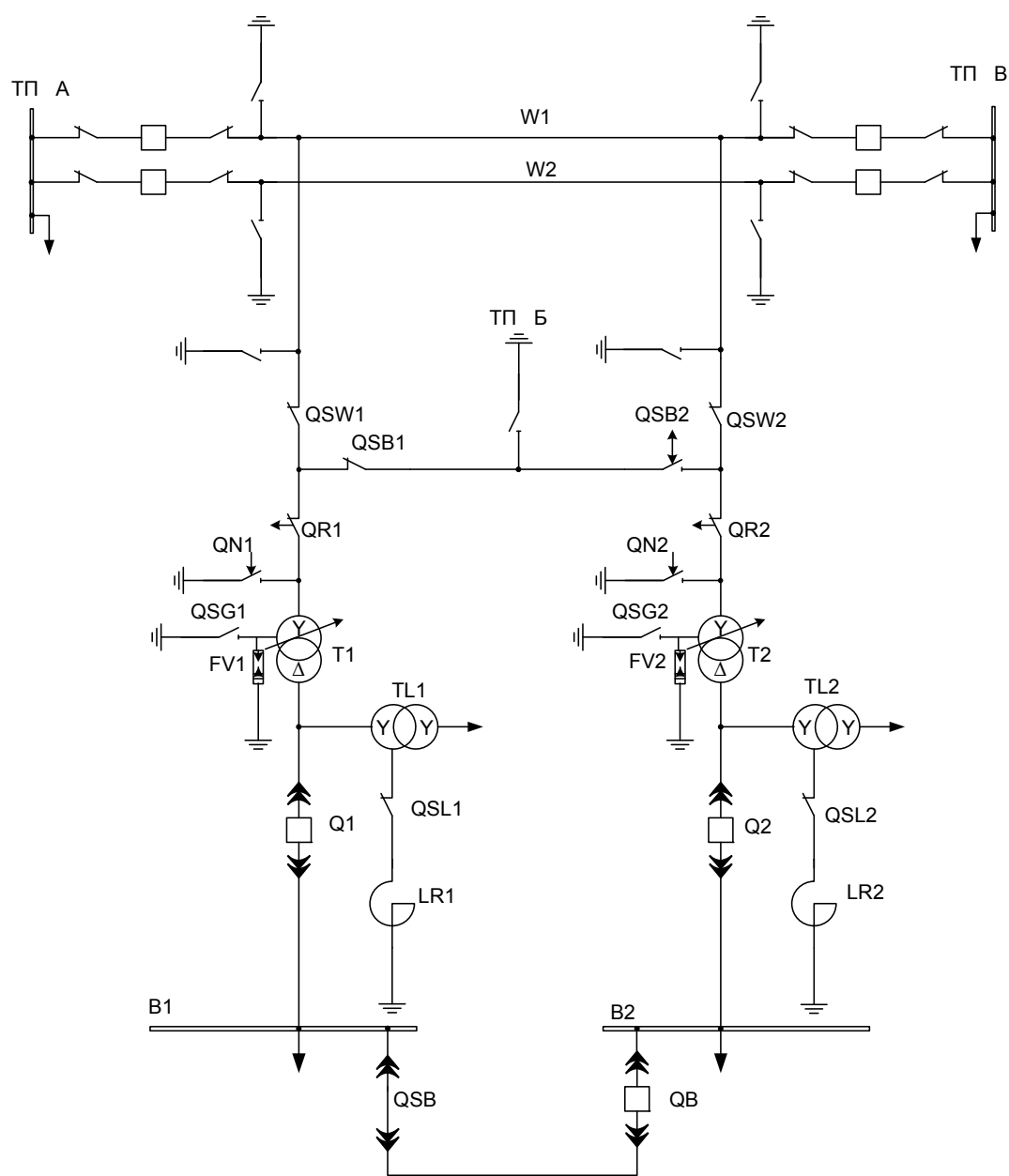


Рисунок 8

При включении трансформатора Т1:

- переместить тележку с отключенным выключателем Q1 в рабочее положение, соединить штепсельные разъемы цепей вторичной коммутации;
- проверить, отключен ли разъединитель дугогасящего реактора L1;
- проверить, отключен ли короткозамыкатель QN1;
- включить разъединитель QSG1 в нейтрали трансформатора Т1;
- на питающих подстанциях А и Б отключить с помощью устройств телемеханики (или дистанционно вручную) выключатели с обеих сторон линии W1;
- на подстанции В включить отделители QR1 трансформатора Т1;
- на питающих подстанциях А и Б включить с помощью устройств телемеханики (или дистанционно вручную) выключатели с обеих сторон линии W1;
- на подстанции В отключить разъединитель в нейтрали трансформатора Т1;
- переключить АРКТ трансформаторов Т1 и Т2 на дистанционное управление; в дистанционно перевести РПН трансформатора Т1 в положение, одинаковое с положением РПН трансформатора Т2;
- включить выключатель Q1 и его АПВТ;
- отключить секционный выключатель QВ и включить АВР QВ;
- переключить АРКТ трансформаторов Т1 и Т2 с дистанционного на автоматическое управление;
- восстановить нормальную схему питания нагрузки собственных нужд на напряжении 0,4 кВ;
- включить разъединитель дугогасящего реактора L1, настроенного для работы в нормальном режиме компенсации емкостного тока;
- отключить разъединитель дугогасящего реактора L2, настроить L2 для работы в нормальном режиме компенсации емкостного тока, включить разъединитель QSG2 дугогасящего реактора L2.

На рисунке 9 представлена схема двухтрансформаторной подстанции 220 кВ с выключателем в перемычке и отделителями цепи трансформаторов в нормальном режиме работы. Такие схемы применяются на районных подстанциях при их питании по кольцевым линиям.

Последовательность операций и действия персонала при выводе в ремонт трехобмоточного трансформатора Т1 (рисунок 9) заключается в следующем:

- уточнить значение нагрузки на остающемся в работе трансформаторе Т2, если трансформатор Т1 будет отключен;
- перенести питание собственных нужд подстанции с трансформатора TL1 на трансформатор TL2 (отключить автоматический выключатель SF1, при этом должен включиться автоматический выключатель SFB);
- отключить рубильник S1 трансформатора TL1, запереть на замок рукоятку рубильника, повесить плакат «Не включать - работают люди»;
- проверить, нет ли замыкания фазы на землю в сети 35 кВ, отключить разъединитель QSL1 дугогасящей катушки L и включить разъединитель QSL2 катушки L;
- переключить АРКТ трансформаторов Т1 и Т2 с автоматического на дистанционное управление;
- дистанционно перевести РПН трансформатора Т1 в положение, одинаковое с трансформатором Т2;

- отключить АВР секционного выключателя QВ3 10 кВ и включить этот выключатель, проверить наличие на нем нагрузки;
- включить секционный выключатель QВ2 35 кВ и проверить наличие на нем нагрузки;
- отключить выключатели Q1 и Q3 трансформатора Т3, на ключах управления повесить плакаты «Не включать - работают люди»;
- проверить значение нагрузки на трансформаторе Т2;
- переключить АРКТ трансформатора Т2 с дистанционного на автоматическое управление;
- дистанционно перевести РПН трансформатора Т1 в положение соответствующее его номинальному возбуждению (или недо возбуждения);
- проверить, отключен ли выключатель Q1 трансформатора Т1, переместить тележку выключателя Q1 в ремонтное положение, повесить плакат «Не включать - работают люди»;
- проверить, отключен ли выключатель Q3 трансформатора Т1;
- включить заземляющий разъединитель в нейтрали трансформатора Т1;
- отключить (дистанционно) отделители QR1 трансформатора Т1, проверить полнофазность отключения ножей отделителей, запереть на замок привод отделителей и на приводе повесить плакат «Не включать - работают люди»;
- отключить газовую и технологические защиты трансформатора Т1;
- при отключенном выключателе Q3 отключить трансформаторные разъединители QST1, проверить положение разъединителей, запереть на замок привод разъединителей и на привод повесить плакат «НЕ включать - работают люди»;
- перед наложением заземлений на присоединении трансформатора Т1 проверить отсутствие напряжения на токопроводящих частях и в зависимости от характера работ наложить заземления со стороны высшего, среднего и низшего напряжений трансформатора Т1, а так же на выводах трансформатора собственных нужд TL1.

Ограждение места работ и вывешивание плакатов следует производить в соответствии с требованиями ПТБ.

Последовательность операций и действий персонала при вводе трансформатора Т1 в работу после ремонта (рисунок 9):

- произвести осмотр места работ, проверить, нет ли посторонних предметов на оборудовании;
- снять все установленные на присоединениях трансформаторов Т1 и TL1 переносные заземления и разместить их в местах хранения;
- удалить временные ограждения и плакаты, вывешенные на месте работ; снять плакаты с приводов и ключей управления коммутационных аппаратов трансформаторов Т1 и TL1;
- проверить:
  - отключен ли короткозамыкатель QN1;
  - включен ли разъединитель в нейтрали трансформатора Т1;
  - находится ли РПН трансформатора Т1 в положении, соответствующем режиму номинального возбуждения или недо возбуждения;
  - переведен ли АРКТ трансформатора Т1 на дистанционное управление;

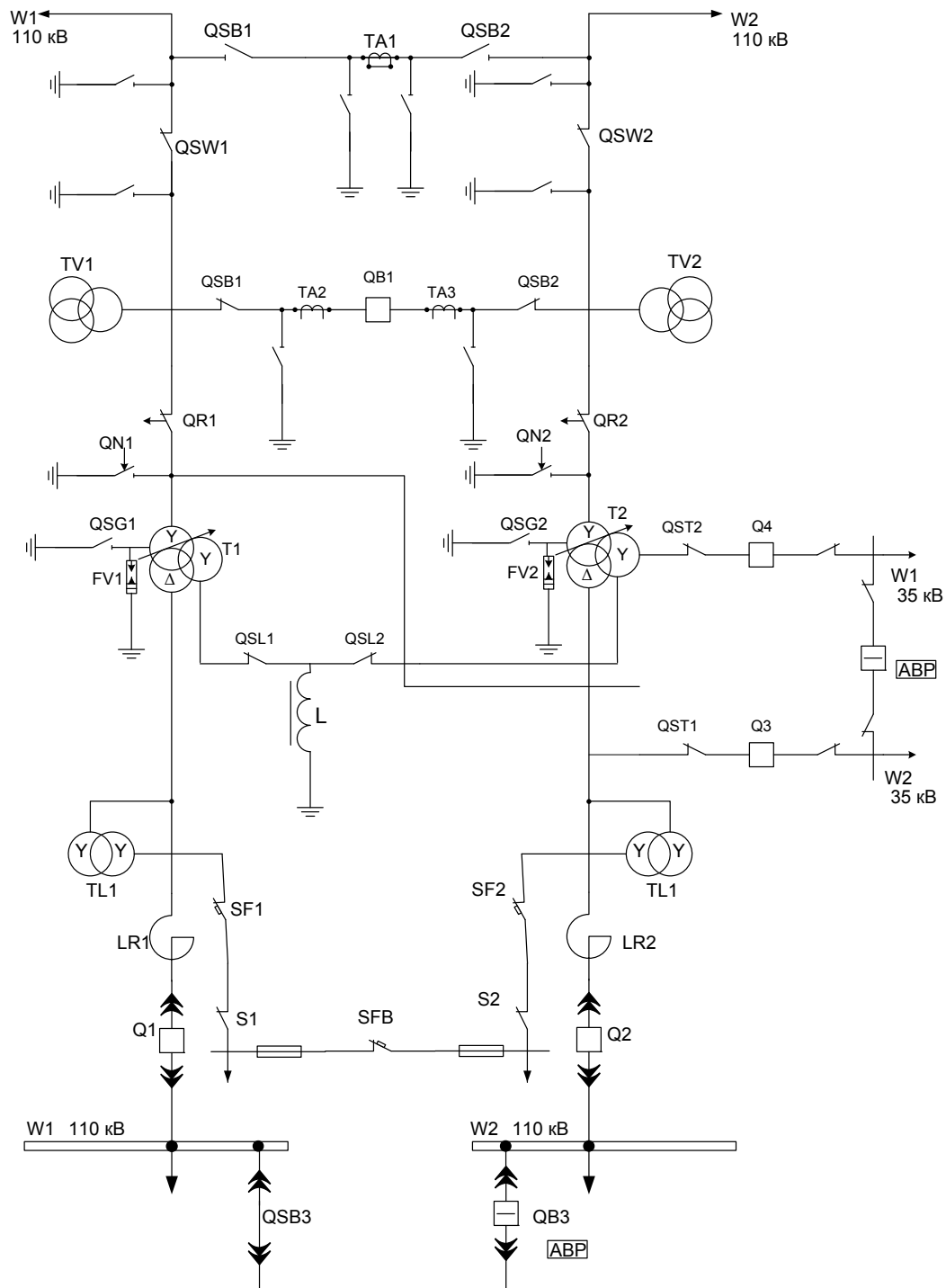


Рисунок 9

- переместить тележку выключателя Q1 в контрольное положение; установить штепсельные разъемы цепей вторичной коммутации;
- включить газовую и технологические защиты трансформатора T1,
- включить отделители QR1 трансформатора T1 и проверить их полнофазное включение;
- отключить заземляющий разъединитель в нейтрали трансформатора T1;
- проверить, отключен ли выключатель Q3, и включить трансформаторные разъединители QST1 трансформатора T1, проверить положение разъединителей;
- проверить, отключен ли выключатель Q1, и вкатить тележку с выключателем в рабочее положение;

- переключить АРКТ работающего трансформатора Т2 с автоматического на дистанционное управление;
- дистанционно перевести РПН трансформатора Т1 в положение, одинаковое с положением РПН трансформатора Т2;
- включить выключатели Q3 и Q1 трансформатора Т1;
- отключить секционный выключатель QB2 35 кВ;
- отключить секционный выключатель QBI 10 кВ и включить АВР QBI 10 кВ;
- переключить АРКТ трансформаторов Т1 и Т2 с дистанционного на автоматическое управление;
- включить рубильник S1 трансформатора TL1 и восстановить нормальную схему питания собственных нужд подстанции;
- проверить, нет ли замыкания фазы на землю в сети 35 кВ, отключить разъединитель QSL2 дугогасящего реактора L и включить разъединитель QSL1.

### 5.3 Вывод в ремонт и ввод в работу выключателей

Вывод в ремонт выключателей присоединений в зависимости от схемы электроустановки может быть осуществлен:

1. При любой схеме электроустановки с одним выключателем на цепь - отключением присоединения на все время ремонта выключателя, если это допустимо по режиму работы электроустановки и сети;
2. При схеме с двумя системами шин и одним выключателем на цепь - заменой выключателя присоединения обходным выключателем;
3. При схеме с двумя выключателями на цепь, многоугольника или полукруглой - отключением выводимого в ремонт выключателя присоединения и выводом его из схемы с помощью разъединителей;
4. При схеме мостика с выключателем и ремонтной перемычкой на разъединителях для ремонта секционного выключателя - включением в работу перемычки на разъединителях и вывода из схемы секционного выключателя с помощью разъединителей в его цепи.

В каждом конкретном случае последовательность выполнения переключений в главной схеме и в схемах релейной защиты должна определяться типовыми бланками переключений.

При замене выключателя присоединения шиносоединительным выключателем (рисунок 10) необходимо выполнить следующие основные группы операций:

- подготовить схему первичных соединений к переключению устройств релейной защиты и автоматики с выводимого в ремонт выключателя Q на шиносоединительный выключатель QB: включить защиты QB с уставками согласно местной инструкции, включить QB и все присоединения, кроме присоединения, выключатель которого Q выводится в ремонт, на одну рабочую систему шин В2; QB оставить включенным;
- из зоны действия дифференциальной защиты шин (ДЗШ) вывести систему шин В1, па которую осталось включенным присоединение с выводимым в ремонт выключателем; поочередно вывести из работы и переключить устройства релейной



защиты и автоматики с трансформатором тока выводимого в ремонт выключателя Q на трансформаторы тока QB; защиты проверить под нагрузкой и включить в работу;

- отключить и заземлить в соответствии с требованиями ПТБ электрическую цепь и выводимый в ремонт выключатель; отсоединить соединяющие шины от выводимого в ремонт выключателя (иногда и от линейных разъединителей присоединения); установить вместо выведенного в ремонт выключателя специальные перемычки из провода,

- действие защит присоединения по цепям оперативного тока переключить на QB и опробовать на отключение QB,

- проверить внешним осмотром правильность установки перемычек (на совпадение фаз); снять защитные заземления, включить шинные разъединители присоединения (если линейные разъединители выведены из схемы) на резервную систему шин В1; ввести в работу присоединение включением QB.

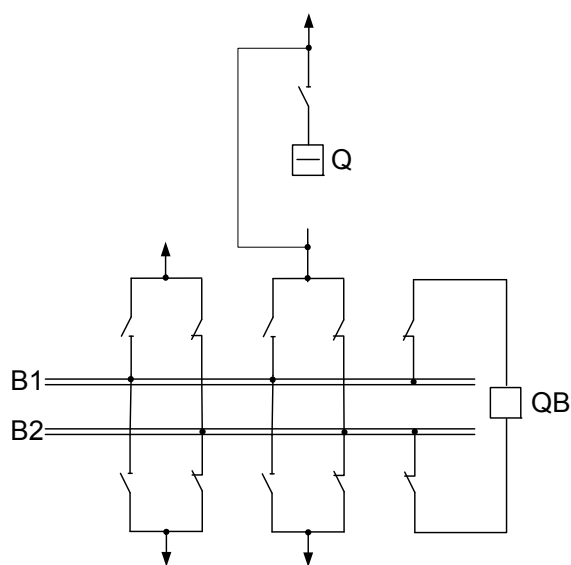


Рисунок 10

При работе присоединения по схеме рисунок 10 недопустимы никакие переводы присоединений с одной системы шин на другую без соответствующих переключений в токовых цепях защит.

При вводе в работу выключателя, выведенного в ремонт по схеме рисунок 10, необходимо выполнить следующие действия:

- отключить и заземлить в соответствии с требованиями ПТБ электрическую цепь, выключатель которой должен вводиться в работу; снять перемычки, установленные «место выключателя, а вышедший из ремонта выключатель (и линейные разъединители) присоединить к шинам по обычной схеме;

- действие защит присоединения по цепям оперативного тока переключить на выключатель Q, вышедший из ремонта, и опробовать защиты на отключение выключателя;

- на месте работ проверить внешним осмотром правильность присоединения шин к аппаратам (на совпадение фаз); снять защитные заземления, включить линейные и шинные разъединители на резервную систему шин В1; ввести присоединение

в работу включением двух выключателей (вышедшего из ремонта Q и шиносоединительного QB);

- поочередно вывести из работы и переключить устройства релейной защиты и автоматики с трансформаторов тока QB на трансформаторы тока вышедшего из ремонта выключателя Q; защиты проверить под нагрузкой и включить в работу;

- восстановить первоначальную схему первичных соединений с распределением присоединений по шинам согласно принятой фиксации; защиту шин перевести в режим работы с фиксацией присоединений.

На схеме рисунок 11 приведен пример вывода в ремонт выключателя присоединения Q с помощью обходного выключателя QB в РУ с двойной системой сборных шин и обходной системой шин.

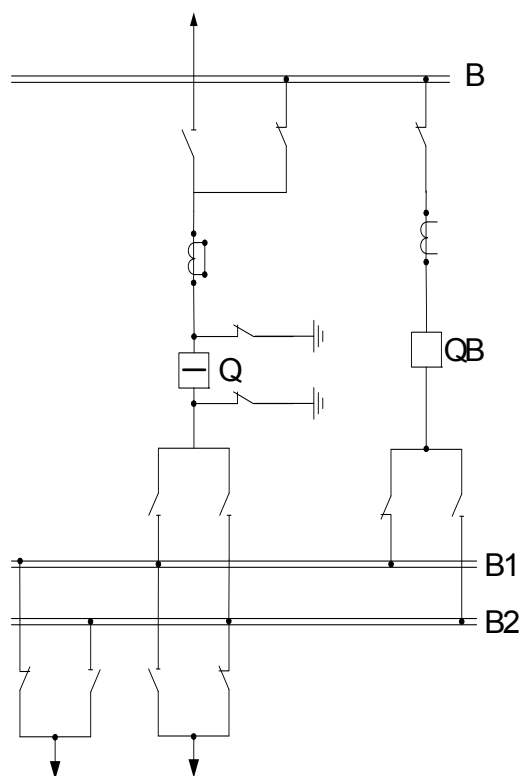


Рисунок 11

Основные группы операций при замене выключателя Q обходным выключателем QB заключаются в следующем:

- подготовить схему обходного выключателя для опробования напряжением обходной системы шин от рабочей системы шин, на которую включен выключатель Q, выводимый в ремонт;

- включить обходной выключатель с уставками «опробования» на его защитах; защитой шин, включенной по оперативным цепям на отключение обходного выключателя; включенным пуском устройства резервирования откачанного выключателя (УРОВ) от защит; проверить наличие напряжения на обходной системе шин В;

- отключить обходной выключатель QB. Проверить отключенное положение обходного выключателя QB и включить на обходную систему шин разъединитель присоединения, выключатель которого Q выводится в ремонт:

- ввести в помощь испытательных блоков в схему защиты шин цепи трансформаторов тока обходного выключателя, как выключателя присоединения; на защитах обходного выключателя выставить уставки, соответствующие уставкам защит данной электрической цепи; отключить быстродействующие защиты (ДФЗ, ДОЛ и др.) с обеих сторон защищаемой цепи;

- включить обходной выключатель и проверить на нем нагрузку; отключить выводимый в ремонт выключатель присоединения и проверить отсутствие на нем нагрузки;

- отключить защиту шин, выполнить необходимые переключения в ее цепях, защиту проверить под нагрузкой и включить в работу;

- быстродействующие защиты электрической цепи переключить по токовым цепям на трансформаторы тока обходного выключателя и по оперативным цепям с действием на обходной выключатель; проверить защиты под нагрузкой, включить в работу и проверить на отключение обходных выключателей; включением его от АПВ;

- отключить разъединители с обеих сторон выводимого в ремонт выключателя, проверить отсутствие на нем напряжения и включить заземляющие ножи в сторону выключателя.

### **Контрольные вопросы**

1. Что называется оперативными переключениями?
2. Как подразделяются оперативные переключения?
3. С какой целью выполняются оперативные переключения?
4. Каковы основные правила выполнения оперативных переключений в электроустановках?
5. Кто имеет право производить оперативные переключения в электроустановках?
6. Кто отвечает за правильность переключений?
7. Каковы обязанности контролирующего лица при производстве оперативных переключений?
8. Какой порядок производства оперативных переключений в электроустановках?
9. Какие операции можно производить разъединителями?
10. Как правильно включать и отключать разъединители?
11. Какой порядок включения и отключения шинных и линейных разъединителей?
12. Какой порядок вывода в ремонт силового трансформатора?
13. В каких случаях составляется бланк переключения?
14. Какой порядок вывода в ремонт выключателя кабельной линии?
15. Как выводится в ремонт одна из спаренных кабельных линий 6-10 кВ, питающихся от одного выключателя?
16. Какой порядок ввода в работу линии 6-10 кВ после ремонта?
17. Какой порядок наложения и снятия заземления в электроустановках?

## СПИСОК СИПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Правила устройства электроустановок.-6, 7 изд.- Новосибирск: Сибирское университетское изд-во, 2007.- 853с.

2 Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей.- Екатеринбург: Уральское юридическое изд-во, 2003.- 303с.

3 Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок. ПОТРМ-016-2001. РД 153-34.003.150-00.- Екатеринбург: Уральское юридическое изд-во, 2003.-160с.

4 Инструкция по переключениям в электроустановках / Министерство энергетики Российской Федерации. - СПб.: ДЕАН, 2005. – 124 с.

Мошкин Владимир Иванович  
Данилов Алексей Алексеевич

**ОПЕРАТИВНЫЕ ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ**  
Методические указания к выполнению практических занятий по курсу  
«Эксплуатация электрооборудования систем электроснабжения»  
для студентов очной и заочной форм обучения  
специальности 140211 «Электроснабжение»

Авторское издание

---

|                    |                   |                 |
|--------------------|-------------------|-----------------|
| Подписано к печати | Формат 60x84 1/16 | Бумага тип. № 1 |
| Печать трафаретная | Усл.печ.л. 2,0    | Уч.-изд. л. 2,0 |
| Заказ              | Тираж 5           | Цена свободная  |

---

Редакционно-издательский центр КГУ.  
640669, г. Курган, ул. Гоголя, 25.  
Курганский государственный университет.