

1.6. Технические мероприятия, обеспечивающие безопасность работ со снятием напряжения

Рабочее место подготавливается в следующем порядке:

- 1. Произвести необходимые отключения токоведущих частей, на которых будет производиться работа;*
- 2. Вывесить плакаты и оградить рабочее место;*
- 3. Проверить отсутствие напряжения на отключенной части установки;*
- 4. Заземлить отключенные токоведущие части в электроустановках.*

1. Произвести необходимые отключения токоведущих частей, на которых будет производиться работа. Операции с коммутационными аппаратами, установленными в одной электрической цепи, выполняются в последовательности, определяемой назначением этих аппаратов и безопасностью операций для лиц, выполняющих переключения. Кроме того, при правильной последовательности операций предупреждается возникновение аварийных режимов в работе электроустановок, а также повреждений электрооборудования и нарушений электроснабжения потребителей. При отключении электрической цепи, имеющей выключатели, первой выполняется операция отключения выключателя, при этом разрывается цепь тока и снимается напряжение только с отдельных элементов электрической цепи (линии электропередачи, трансформатора и т.д.). Вводы выключателей могут оставаться под напряжением со стороны сборных шин. Если электрическая цепь выводится в ремонт, то для безопасности работ она отключается также и разъединителями. Практикой установлена последовательность отключения разъединителей: сначала отключают *линейные* (трансформаторные), а затем *шинные* разъединители. При включении электрической цепи сначала включают шинные на соответствующую систему шин, а затем линейные (трансформаторные) разъединители.

Очередность операций с линейными и шинными разъединителями объясняется необходимостью уменьшения последствий повреждений, которые могут иметь место при ошибках персонала. Допустим, что по ошибке отключают линейные разъединители под нагрузкой. Возникшее при этом к.з. устранится автоматическим отключением выключателя линии. Отключение же под нагрузкой шинных разъединителей вызовет отключение сборных шин и последствия будут более тяжелыми.

В РУ 6-10 кВ закрытого типа, где линейные (кабельные) разъединители располагаются невысоко от пола и не отгорожены от коридора управления сплошной защитной стенкой, операции с ними небезопасны для персонала (например, при ошибочных действиях под нагрузкой). В этом случае целесообразно при отключении линии первыми отключить не линейные, а шинные разъединители, расположенные на большем расстоянии от оператора. Отключение трехобмоточного трансформатора (или автотрансформатора) выполняют в следующей последовательности: отключают выключатели со стороны низшего, среднего и высшего напряжений; отключают трансформаторные и шинные разъединители со стороны низшего, а затем в той же последовательности со стороны среднего и высшего напряжений. Строгое соблюдение очередности в отключении разъединителей сначала со стороны низшего, а потом среднего и высшего напряжений здесь не является обязательным, очередность отключения может быть иной и зависит от местных условий.

Отключение и включение отделителями и разъединителями ненагруженных трансформаторов 110-220 кВ, имеющих неполную изоляцию нейтралей, выполняют при предварительном глухом заземлении нейтрали, если она была разземлена и защищена вентильным разрядником. Если к нейтрали обмотки 35 кВ был подключен дугогасительный реактор, то отключение трансформатора следует начинать с отключением дугогасительного реактора. Это устраняет появление опасных перенапряжений в случае одновременного размыкания контактов выключателя 35 кВ. Особенно опасно

отключение от сети обмотки единственного трансформатора подстанции с подключенным к нейтрали дугогасящим реактором или единственной линией, отходящей от подстанции с дугогасящим реактором. На практике неоднократно наблюдались случаи перекрытия изоляции оборудования 35 кВ при различных попытках отключения трансформатора без отключения дугогасящего реактора.

Ниже приведена последовательность операций при отключении и включении линий, трансформаторов, секционных выключателей и т.п.

Отключение линии W1 (рис. 1.5): на подстанции А отключают выключатель Q1 и линейные разъединители QS; на подстанции Б отключают линейные разъединители QS1, при этом с линии снимают напряжение. В данном случае персонал должен знать, что отключение зарядного тока линии линейными разъединителями допустимо.

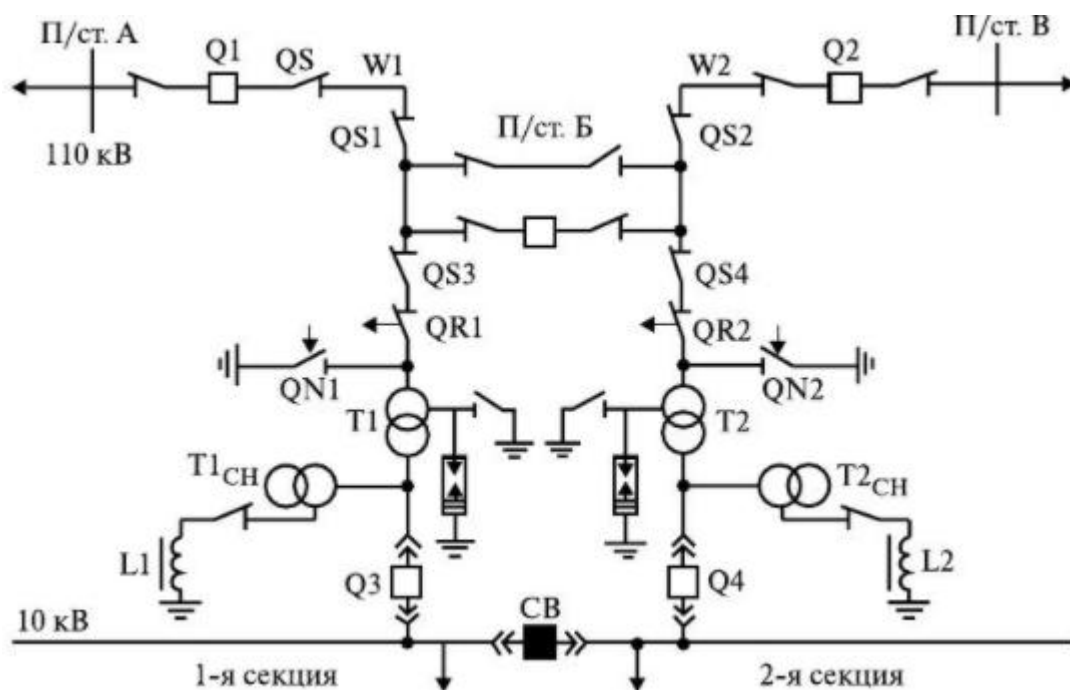


Рис. 1.5. Схема двухблочной двухтрансформаторной подстанции 110/10 кВ с отделителями и перемычкой со стороны линий

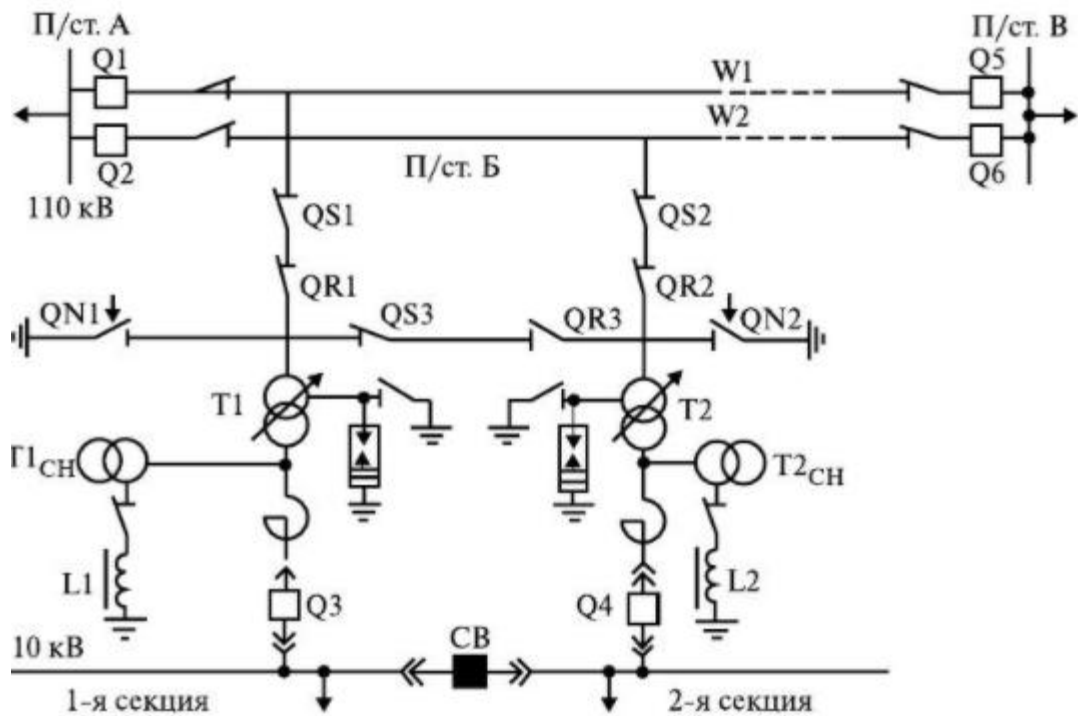


Рис. 1.6. Схема двухтрансформаторной ответвительной подстанции с автоматическими отделителями в перемычке

Отключение трансформатора Т1 при выводе его в ремонт (рис. 1.6), когда включены АПВ выключателей 10 кВ трансформаторов, АВР секционного выключателя 10 кВ и отделителей 110 кВ, выполняют в следующей последовательности:

- переводят питание нагрузки собственных нужд 0,4 кВ полностью на трансформатор Т2сн, отключают рубильник и снимают предохранители (на схеме не показаны) со стороны 0,4 кВ трансформатора Т1сн, чтобы исключить возможность обратной трансформации;

- настраивают дугогасящий реактор L2 на суммарный зарядный ток отходящих от шин 10 кВ линий и отключают разъединитель дугогасящего реактора L1;

- автоматические регуляторы напряжения трансформаторов Т1 и Т2 переключают с автоматического на дистанционное управление. Переводят РПН трансформатора Т1 в положение, одинаковое с положением трансформатора Т2;

- отключают АВР отделителей 110 кВ (в соответствии с инструкцией), АПВ выключателя Q3 и АВР секционного выключателя СВ;

- включают секционный выключатель СВ 10 кВ и после проверки на нем нагрузки отключают выключатель Q3 трансформатора Т1;

- переключают АРКТ (блок автоматического регулирования коэффициента трансформации) трансформатора Т2 с дистанционного на автоматическое регулирование;

- автоматический регулятор напряжения под нагрузкой (РПН) трансформатора Т1 устанавливают в положение, соответствующее номинальному напряжению (если оно было выше номинального), и отключают АРКТ;

- проверяют, отключен ли выключатель Q3, и тележку с выключателем устанавливают в ремонтное положение;

- включают заземляющий разъединитель в нейтрали обмотки 110 кВ трансформатора Т1;

- дистанционно отключают отделители QR1 для отключения намагничивающего тока трансформатора Т1;

- отключают линейные разъединители QS1 и разъединители в перемычке QS3.

Отключение линии W1 для ремонта (см. рис. 1.6) выполняются в следующей последовательности:

- на ответвленной подстанции Б отключают АВР секционных отделителей в перемычке QR3 и переводят питание нагрузки собственных нужд с трансформатора Т1сн на Т2сн;

- отключают АВР секционного выключателя, включают секционный выключатель СВ и тут же отключают выключатель Q3 трансформатора Т1;

- на подстанциях А и В отключают выключатели Q1 и Q5 соответственно, а потом линейные разъединители;

- на подстанции Б отключают линейные разъединители QS1, заземляют отключенную линию W1 в соответствии с требованиями правил безопасности.

Заметим, что на подстанции Б не проводились операции заземления нейтрали и отключения L1 трансформатора Т1, так как коммутация трансформатора и линии осуществлялась не отделителями, а выключателем, неодновременностью расхождения контактов фаз которого практически пренебрегают. После отключения линии в ремонт на подстанции Б может быть включен в работу трансформатор Т1, который соединяют через перемычку с оставшейся в работе линией W2. Если на время ремонта линии W1 трансформатор Т1 остается отключенным, необходимо настроить L2 на суммарный зарядный ток линий, отходящих от 1-й и 2-й секций 10 кВ. В зависимости от схемы подстанции и числа выключателей на цепь вывод их в ремонт осуществляется:

- при любой схеме подстанции и одном выключателе на цепь – отключением присоединения на все время ремонта, если это допустимо по режиму работы сети;

- при схеме с двумя системами шин и одним выключателем на цепь – заменой выключателя присоединения шиносоединительным выключателем.

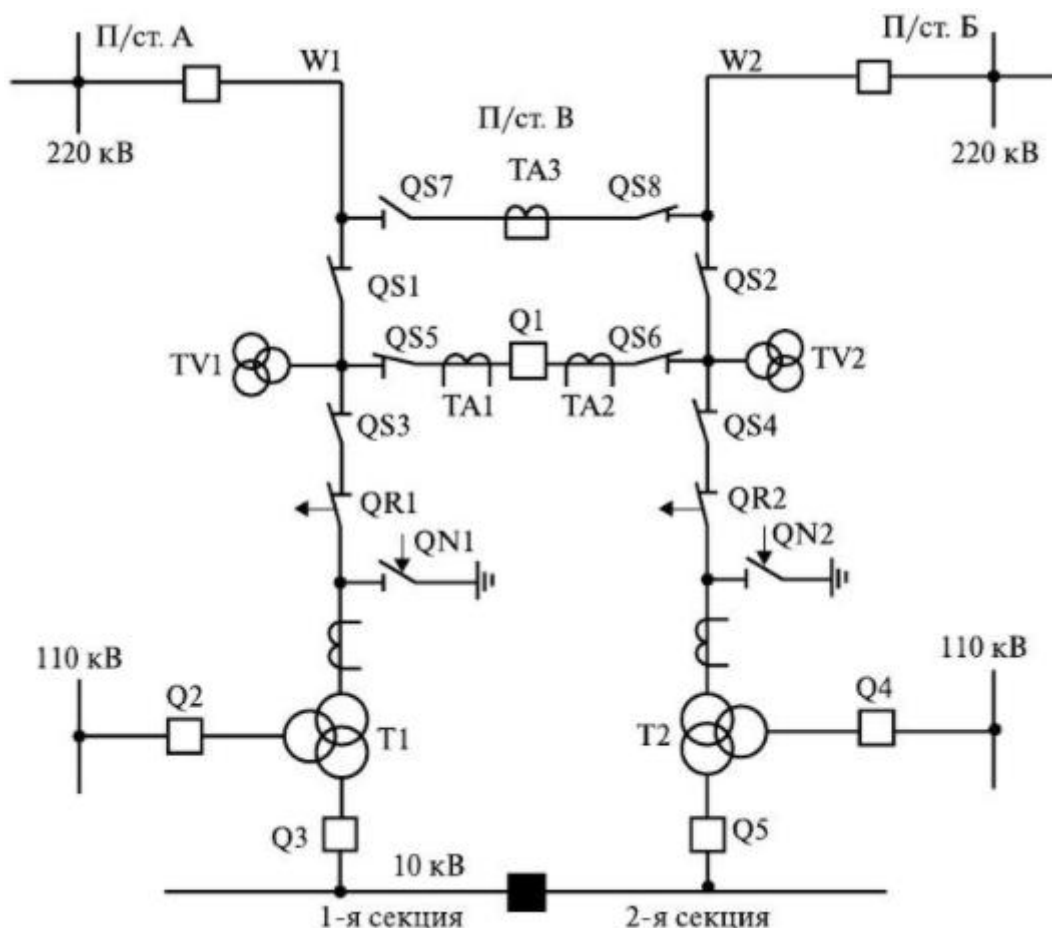


Рис. 1.7. Подстанции 220 кВ по схеме мостика с секционным выключателем и ремонтной перемычкой на разъединителях

Отключение (вывод в ремонт) секционного выключателя. На рис. 1.7 показана схема подстанции 220 кВ, выполненная по схеме мостика с секционным выключателем и ремонтной перемычкой с разъединителями. Особенностью схемы являются трансформаторы тока ТА3 в ремонтной перемычке. Перемычка включается в работу при выводе в ремонт секционного выключателя Q1, а на трансформатор тока ТА3 включается основная дифференциальная защита (ДФЗ) обеих защищаемых линий W1 и W2.

При выводе в ремонт секционного выключателя Q1 придерживаются следующей последовательности переключений. Ускоряют действие резервных защит и отключают защиты ДФЗ линий W1 и W2. Токовые цепи защит переключают с трансформаторов тока ТА1 и ТА2 на трансформаторы тока ТА3. Вводят взаимный останов передатчиков ДФЗ линий W1 и W2, что необходимо для отключения на противоположных подстанциях А и Б выключателей обеих линий при к.з. на любой из них (при этом подстанция В лишается напряжения). Далее снимают напряжение оперативного тока с привода секционного выключателя Q1 и включают разъединители в перемычке QS7 (QS8 включены); подают напряжение оперативного тока на привод секционного выключателя Q1 и отключают его. Теперь, когда ток нагрузки проходит по перемычке с разъединителями, проверяют по нагрузке ДФЗ линий W1 и W2, включают их в работу и отключают ускорение резервных защит.

Если на отключение секционного выключателя Q1 было заведено действие защит трансформаторов (дифференциальных, газовых и максимальных), то эти защиты отключаются накладками, установленными в цепях отключения выключателя.

Далее отключают разъединители с обеих сторон секционного выключателя Q1 и готовят его к ремонтным работам.

В электроустановках выше 1 кВ с каждой стороны, откуда коммутационным аппаратом может быть подано напряжение на рабочее место, должен быть видимый разрыв, образованный отключением разъединителей, отсоединением или снятием шин и проводов, снятием предохранителей, а также отключением отделителей и выключателей нагрузки, за исключением тех, у которых автоматическое включение осуществляется пружинами, установленными на самих аппаратах.

При работах на коммутационных аппаратах, связанных с трансформаторами, необходимо исключить возможность обратной трансформации, т.е. предотвратить ошибочное или самопроизвольное включение тех коммутационных аппаратов, которыми может быть подано напряжение к месту работы. Для этого:

- у разъединителей, отделителей, выключателей нагрузки, не оборудованных блокировками безопасности, ручные приводы в отключенном положении надо запереть на механический замок;

- у разъединителей, управляемых оперативной штангой, стационарные ограждения также запереть на механический замок;

- у приводов перечисленных коммутационных аппаратов, имеющих дистанционное управление, отключить силовые цепи и при необходимости отсоединить тягу привода и запереть на замок;

- при работе на оборудовании тележки или в отсеке шкафа КРУ тележку с оборудованием необходимо выкатить в ремонтное положение, шторку отсека, в котором токоведущие части остались под напряжением, запереть на замок;

- при работах вне КРУ на подключенном к ним оборудовании или на отходящих ВЛ и КЛ тележку с выключателем необходимо выкатить в ремонтное положение из шкафа, шторку или дверцы запереть на замок.

2. *Вывесить плакаты и оградить рабочее место.*

3. *Проверить отсутствие напряжения на отключенной части установки.* Вначале проверяют работоспособность (исправность) указателя высокого напряжения (УВН) приближением его к токоведущим частям, заведомо находящимся под напряжением. При использовании УВН надо работать в диэлектрических перчатках. В сырую погоду на ОРУ

напряжением до 220 кВ пользоваться изолирующей штангой и УВН запрещено. Проверку отсутствия напряжения следует проводить визуально, прослеживая схему в натуре по отключенным ножам разъединителей.

Прежде чем включать или отключать разъединители (отделители), производят их внешний осмотр. Разъединители, привод и блокирующие устройства не должны иметь повреждений, препятствующих выполнению операции. Оперативному персоналу запрещается выполнять операции с разъединителями и отделителями, изоляторы которых имеют трещины. Не рекомендуется также выполнять операции с разъединителями под напряжением, если в процессе переключений эти операции могут быть выполнены, когда напряжение с разъединителей будет снято отключением соответствующего выключателя.

Включение разъединителей ручным приводом производят быстро и решительно, но без удара в конце хода. При появлении электрической дуги *ножи не следует отводить обратно*, так как при расхождении контактов дуга может удлиниться, перекрыть промежуток между фазами и вызвать к.з. Операция включения во всех случаях продолжается до конца. При соприкосновении контактов дуга погаснет, не причинив особого повреждения оборудованию.

Отключение разъединителей, наоборот, производят медленно и осторожно. Вначале делают пробное движение рычагом привода для того, чтобы убедиться в исправности тяг, отсутствии качаний и поломок изоляторов. Если в момент расхождения контактов между ними возникает сильная дуга, разъединители необходимо немедленно включить и до выявления причины образования дуги операции с ними не производить. Исключением из этого правила является отключение отделителями и разъединителями намагничивающих и зарядных токов. Операции в этих случаях должны производиться быстро, чтобы обеспечить погасание дуг на контактах. Применение электродвигательных и ручных приводов с червячной передачей при таких операциях не рекомендуется.

Лучшим методом проверок действительных положений коммутационных аппаратов и стационарных заземлителей являются визуальные осмотры положений их контактных систем или осмотры на месте их сигнальных устройств. Аппарат (стационарный заземлитель) каждой фазы должен осматриваться отдельно, независимо от фактического положения аппаратов других фаз и наличия механических связей между ними. Дистанционные включения и отключения выключателей должны контролироваться по показаниям приборов. Особо отметим, что проверки положений выключателей на месте их установки являются обязательными, если после отключения выключателей должны выполняться операции разъединителями или отделителями данных электрических цепей. В ЗРУ-3,3 кВ отсутствие напряжения также проверяется проверкой схемы в натуре.

4. Заземлить отключенные токоведущие части в электроустановках. Заземление осуществляется для защиты работающих от поражения электрическим током при ошибочной подаче напряжения к месту работы или наведенным напряжением.

Проверка отсутствия напряжения на токоведущих частях перед их заземлением является ответственным проверочным действием персонала. На практике все случаи наложения заземлений под напряжением явились результатом отказа от предварительной проверки напряжения на заземляемом оборудовании. Такие проверки предусмотрены ПТБ. При переключениях в реальных условиях выполнение всех проверочных действий должно быть обязательным, а наиболее важные из них (например, проверка отсутствия напряжения на токоведущих частях перед их заземлением) следует записывать в бланках переключений.

Задание.

Дать ответы, оформив в текстовом редакторе Word, на контрольные вопросы.

1. Какой порядок подготовки рабочего места?
2. В какой последовательности выполняются операции с коммутационными аппаратами, установленными в одной электрической цепи, что при этом предупреждается?
3. Какая операция первой выполняется при отключении электрической цепи, имеющей выключатели?
4. С какой стороны вводы выключателей могут оставаться под напряжением?
5. Для чего и чем также отключается электрическая цепь выводимая в ремонт?
6. Какая последовательность отключения/включения разъединителей установлена практикой?
7. Чем объясняется очередность операций с линейными и шинными разъединителями?
8. В чем заключается особенность отключения линии в РУ 6-10 кВ?
9. В какой последовательности выполняют отключение трехобмоточного трансформатора (или автотрансформатора)?
10. В чем заключается особенность отключения и включения отделителями и разъединителями ненагруженных трансформаторов 110-220 кВ, имеющих неполную изоляцию нейтралей?
11. Чем и как проверяют отсутствие напряжения на отключенной части установки?
12. Что производят перед включением или отключением разъединителей (отделителей), на что при этом обращают внимание?
13. В чем заключается особенность включения разъединителей ручным приводом?
14. В чем заключается особенность отключения разъединителей ручным приводом?
15. Какой метод является лучшим для проверок действительных положений коммутационных аппаратов и стационарных заземлителей, какие особенности его использования?
16. Для чего осуществляется заземление отключенных токоведущих частей в электроустановках?
17. Почему проверка отсутствия напряжения на токоведущих частях перед их заземлением является ответственным действием?

Присылать задания, выполненные в текстовом редакторе **Microsoft Word** и сохраненные в файл с расширением **doc** или **docx**:

Плохих А.В. – в ВК в личные сообщения

<https://vk.com/id134665099>

Название файла, пример: **Иванов И. ЭС-311 08.12**

Срок исполнения задания: 15.12.2020