

Лекционные материалы

Дисциплина «Основы проектирования электроэнергетических объектов»

Разработаны доцентом кафедры «Электроэнергетические
системы» ВятГУ Вычегжаниным А.В.

Схемы электрических соединений подстанций

- Классификация по способу подключения к сети
- Основные требования к схемам подстанций
- Структурные схемы подстанций
- Типовые схемы РУ подстанций

Схемы электрических соединений подстанций

Способ присоединения подстанции к сети, напряжение и количество присоединяемых линий, а также вид применяемых коммутационных аппаратов определяют **схемы понижающих подстанций**.

Тупиковая или **концевая** подстанция присоединяется в конце магистральных, радиальных или радиально-магистральных сетей.

Подстанции, питающие сеть рассматриваемого напряжения, называют **центром питания (ЦП)**. Как правило, это подстанции более высокой ступени напряжения. Например, подстанции 110/10 кВ - это центр питания сети 10 кВ, питающейся от данного **ЦП**. 3

Схемы электрических соединений подстанций

Основные типы присоединения
подстанции к сети:

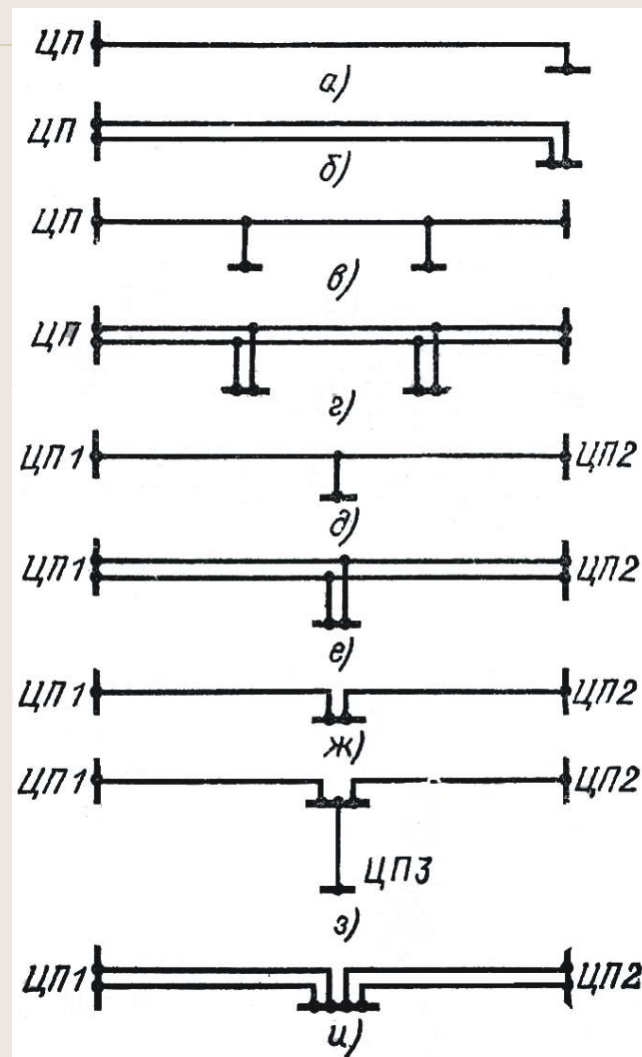
а, б - **тупиковые** к одной и
двум ВЛ;

в, г - **ответвительные** от
одной и двух магистральных ВЛ;

д, е - **ответвительные** от одной
и двух ВЛ с двухсторонним
питанием;

ж - **проходная** подстанция,
присоединяемая путем захода
линии;

з, и - **узловые**, присоединенные
по трем или более питающим ВЛ



Схемы электрических соединений подстанций

Ответвительные и **проходные** подстанции объединяют термином **промежуточные**, который соответствует размещению подстанций между двумя центрами питания (или узловыми подстанциями), либо между ЦП и концом линий.

Проходные или **узловые** подстанции, через шины которых осуществляются перетоки мощности между отдельными точками сети, называют **транзитными**.

Схемы электрических соединений подстанций

Схема должна обеспечивать надежное электроснабжение присоединенных потребителей и надежный транзит мощности через подстанцию в **нормальных, ремонтных и послеаварийных** режимах.

При выборе схемы подстанции должно быть предусмотрено **последующее развитие распределительного устройства (РУ)** без значительных работ по реконструкции и перерывов в электроснабжении потребителей.

Схемы электрических соединений подстанций

Для достижения высокой надежности и уменьшения приведенных затрат большое значение имеет **унификация конструктивных решений** по подстанциям.

Особенно эффективна **унификация** наиболее массовых подстанций распределительных сетей.

Для **унификации конструктивных решений** по подстанциям необходимо применять **типовые главные схемы электрических соединений**.

Главные схемы электрических соединений подстанций должны выбираться с использованием **типовых схем РУ 35-750 кВ**.

Основные требования к схемам подстанций

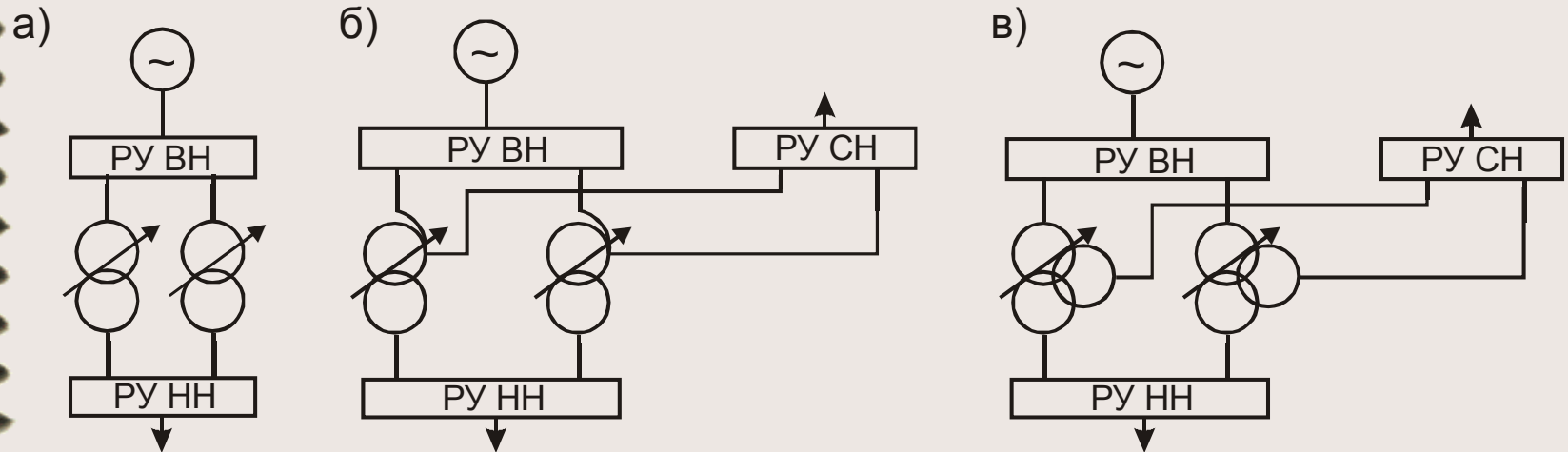
Выбор главной схемы электрических соединений подстанции является важным этапом при ее проектировании и зависит от типа подстанции, числа отходящих и питающих подстанцию линий, классов напряжений этих линий, конфигурации реконструируемой электрической сети, а также от способа управления и обслуживания проектируемой подстанции.

Основные требования к схемам подстанций

Главная схема электрических соединений подстанции выбирается на основании схемы развития энергосистемы или схемы электроснабжения района и других внестадийных работ по развитию электрических сетей и должна:

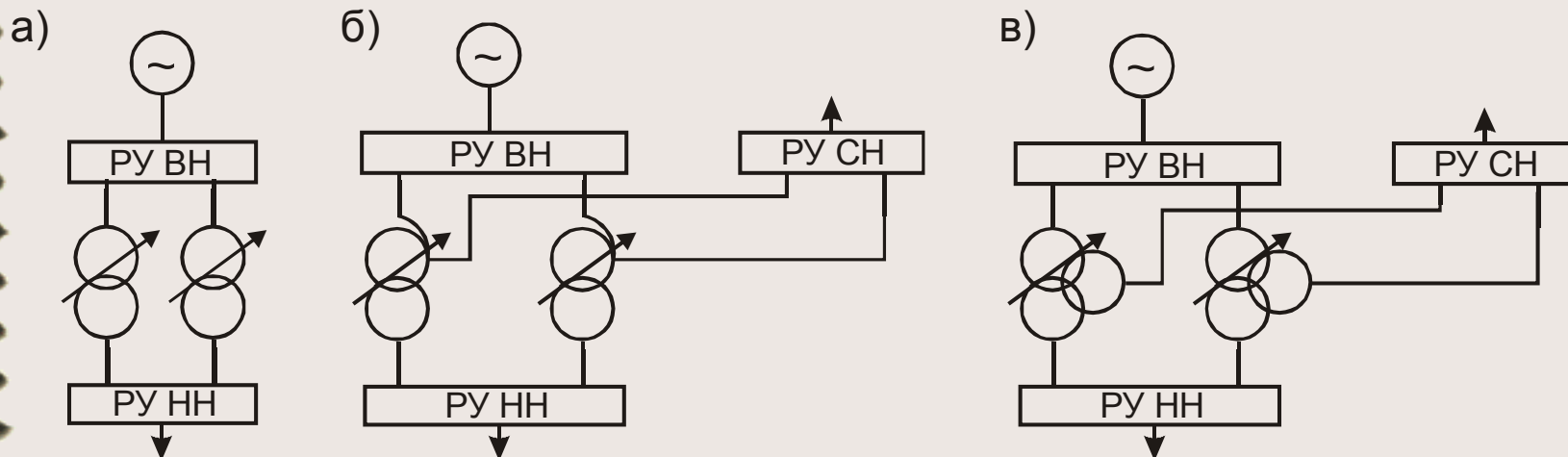
- а) **обеспечивать требуемую надежность** электроснабжения потребителей подстанции и перетоков мощности по межсистемным и магистральным связям в нормальном и послеаварийном режимах;
- б) **учитывать перспективу развития;**
- в) **допускать возможность** постепенного **расширения** распределительных устройств всех напряжений;
- г) **учитывать требования** противоаварийной автоматики;
- д) **обеспечивать возможность** проведения **ремонтных и эксплуатационных работ** на отдельных элементах схемы **без отключения смежных присоединений.**

Структурные схемы подстанций



Выбор структурной схемы подстанции производится с учетом типа подстанции, количества трансформаторов или автотрансформаторов, а также количества РУ различных классов напряжений.

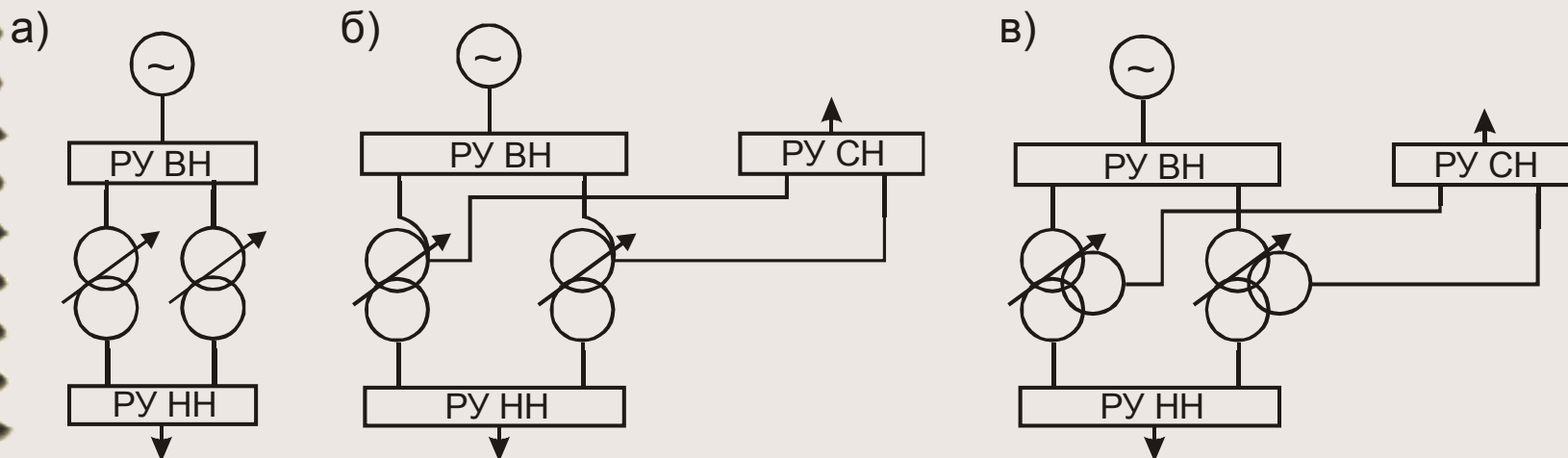
Структурные схемы подстанций



Типовые структурные схемы подстанций с тремя или двумя напряжениями:

- а) подстанция с двумя номинальными напряжениями;
- б) и в) подстанции с тремя номинальными напряжениями.

Структурные схемы подстанций

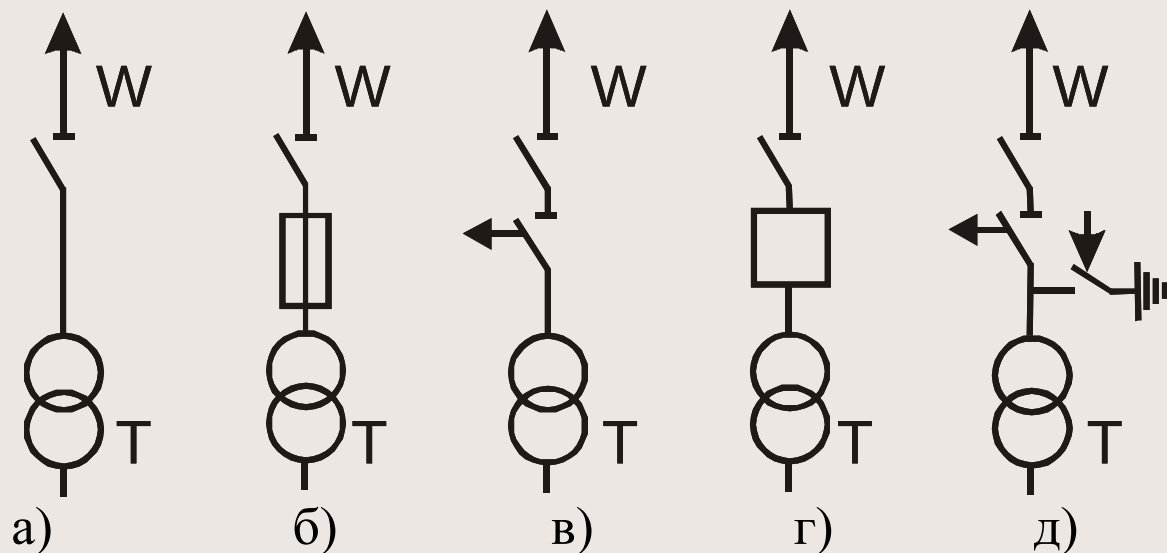


Число трансформаторов, устанавливаемых на подстанциях всех категорий, принимается, как правило, **не более двух.**

Установка более двух трансформаторов может быть допущена на основе технико-экономических расчетов, а также в тех случаях, когда на подстанции требуются два средних напряжения.

Типовые схемы РУ 35-750 кВ

Однотрансформаторные подстанции. Схемы на ВН.



Для тупиковых подстанций с **ВН 35-330 кВ** рекомендуется применять схему “линия – трансформатор” без коммутационной аппаратуры на стороне ВН (рис. а).

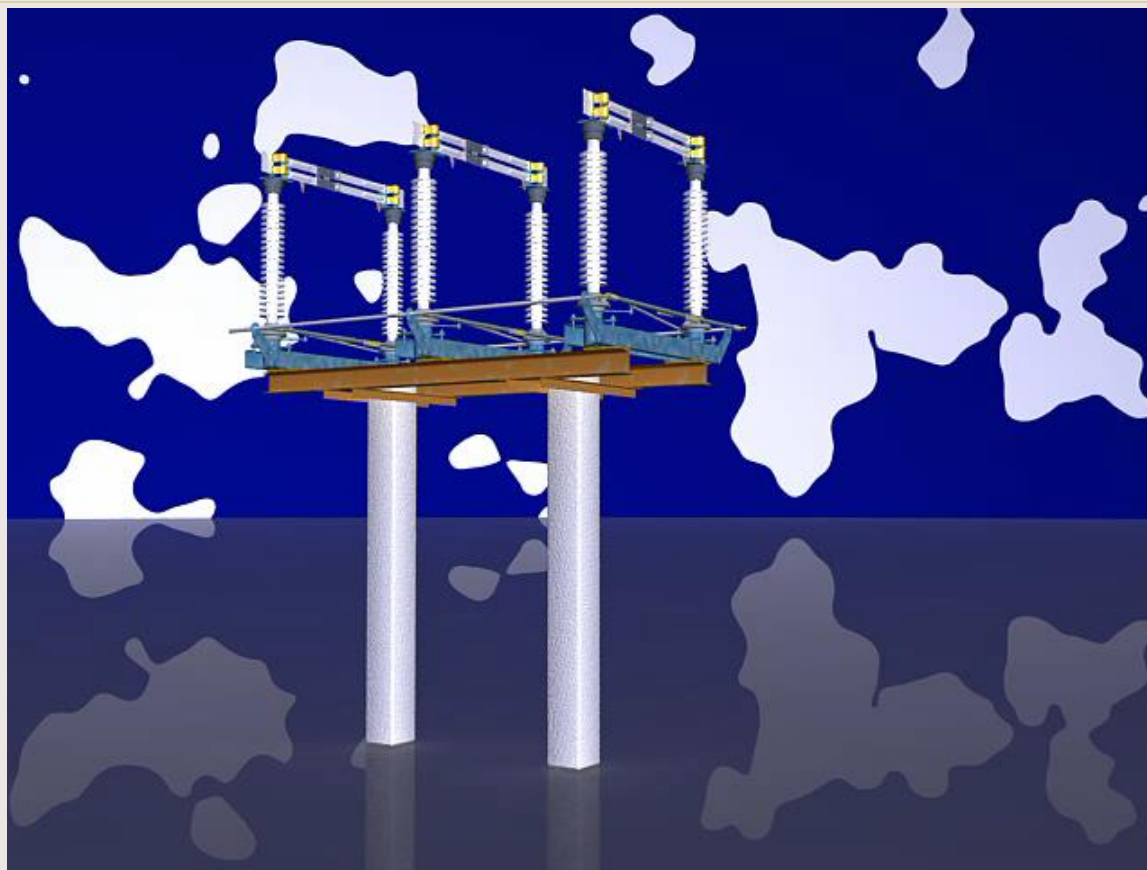
Типовые схемы РУ 35-750 кВ

Однотрансформаторные подстанции. Схемы на ВН.



Для тупиковых подстанций с **ВН 35-330 кВ** рекомендуется применять схему “линия – трансформатор” без коммутационной аппаратуры на стороне ВН (рис. а).

Работа разъединителя



Для организации видимого разрыва и производства ремонтных работ на подстанции №2 выполняют операции разъединителем. 15

Типовые схемы РУ 35-750 кВ

Однотрансформаторные подстанции. Схемы на ВН.

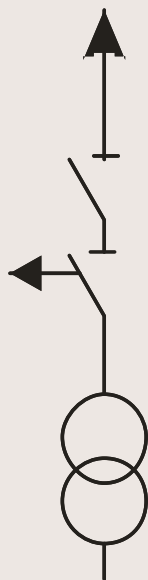


б)

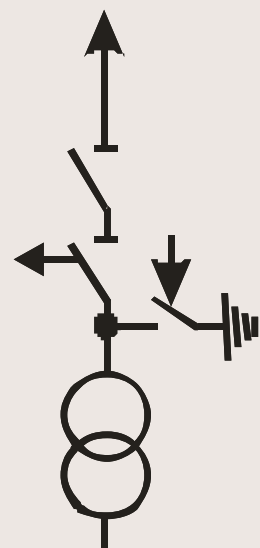
Для тупиковых подстанций с **ВН 35 кВ** рекомендуется схема “линия – трансформатор” с установкой разъединителя и предохранителя (рис. б).

Типовые схемы РУ 35-750 кВ

Однотрансформаторные подстанции. Схемы на ВН.



в)



д)

В случае, если предохранитель не обеспечивает надежную защиту трансформатора и селективность с защитой линии на стороне НН, применяют схемы с отделителем (рис. в, д).

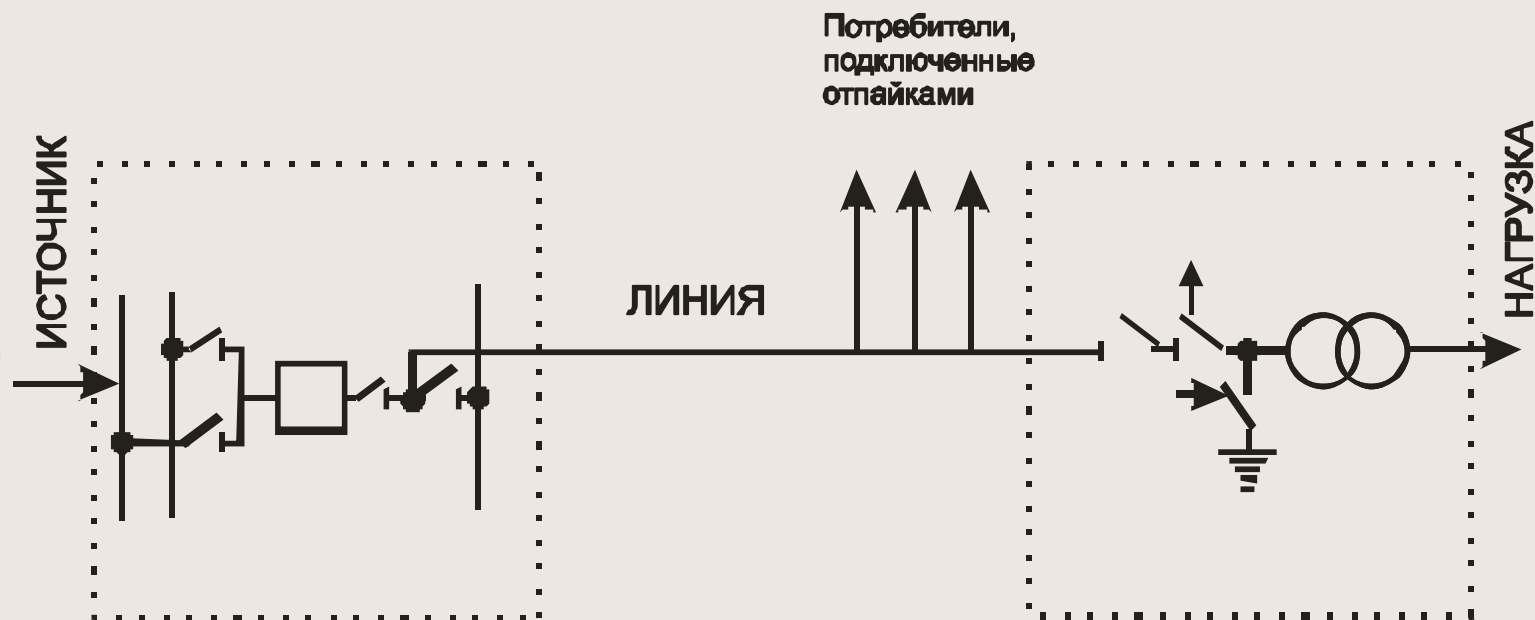
Принцип действия блока «отделитель-короткозамыкатель»

Исходная схема



Принцип действия блока «отделитель-короткозамыкатель»

Исходная схема

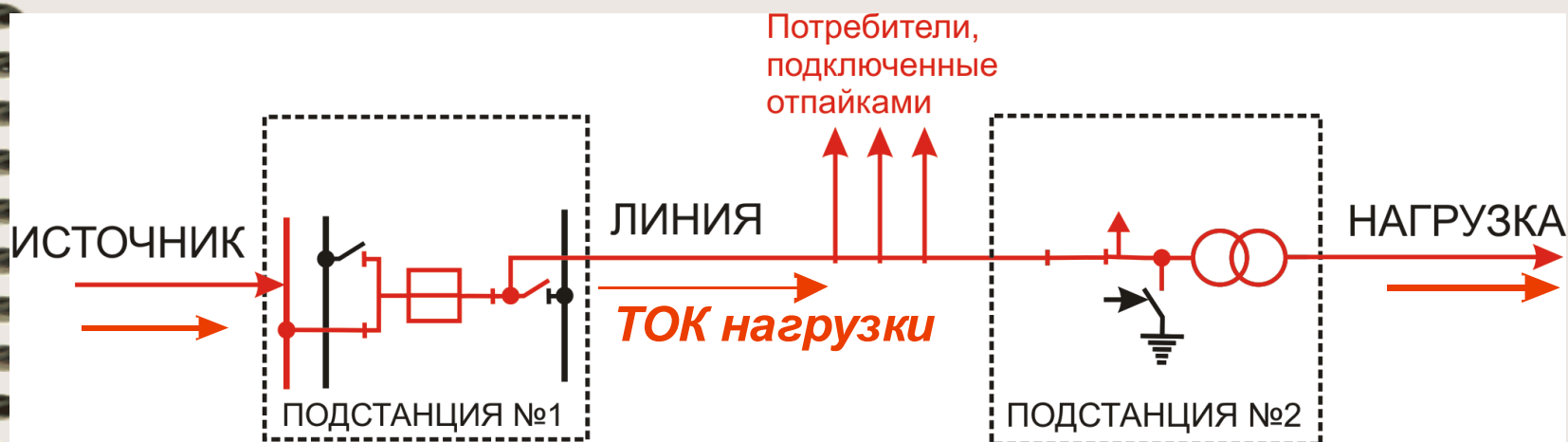


Принцип действия блока «отделитель-короткозамыкатель»

Исходная схема

Принцип действия блока «отделитель-короткозамыкатель»

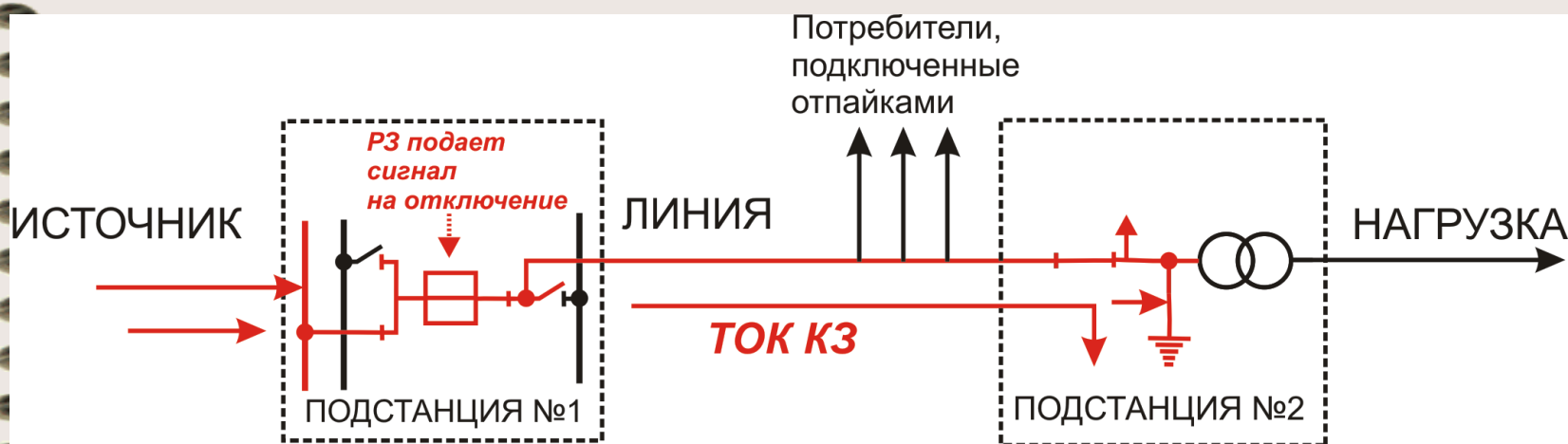
Исходная схема



Требуется отключить подстанцию №2

Принцип действия блока «отделитель-короткозамыкатель»

Подается сигнал на включение короткозамыкателя



По короткозамкнутому контуру протекает ток
короткого замыкания

Принцип действия блока «отделитель-короткозамыкатель»



Автоматика анализирует положение короткозамыкателя и величину тока, протекающего по короткозамыкателью и формирует сигнал на отключение отделителя

Принцип действия блока «отделитель-короткозамыкатель»

Запускается работа АПВ



Принцип действия блока «отделитель-короткозамыкатель»



Потребители, подключаемые отпайками, получают питание.

Потребители подстанции №2 отключены

Принцип действия блока «отделитель-короткозамыкатель»



Для организации видимого разрыва и производства ремонтных работ на подстанции №2 выполняют операции разъединителем.

Типовые схемы РУ 35-750 кВ

Однотрансформаторные подстанции. Схемы на ВН.



г)

При наличии обоснований допускается применение **выключателя** вместо отделителя (рис. г). Указанные схемы (рис. в,г,д) могут применяться и для тупиковых подстанций с **ВН 110 кВ**

Типовые схемы РУ 35-750 кВ

Однотрансформаторные подстанции. Схемы на НН.

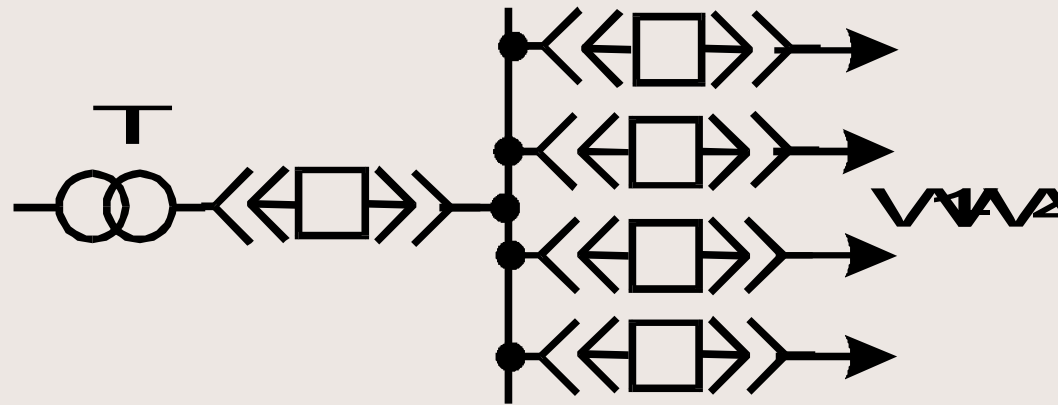
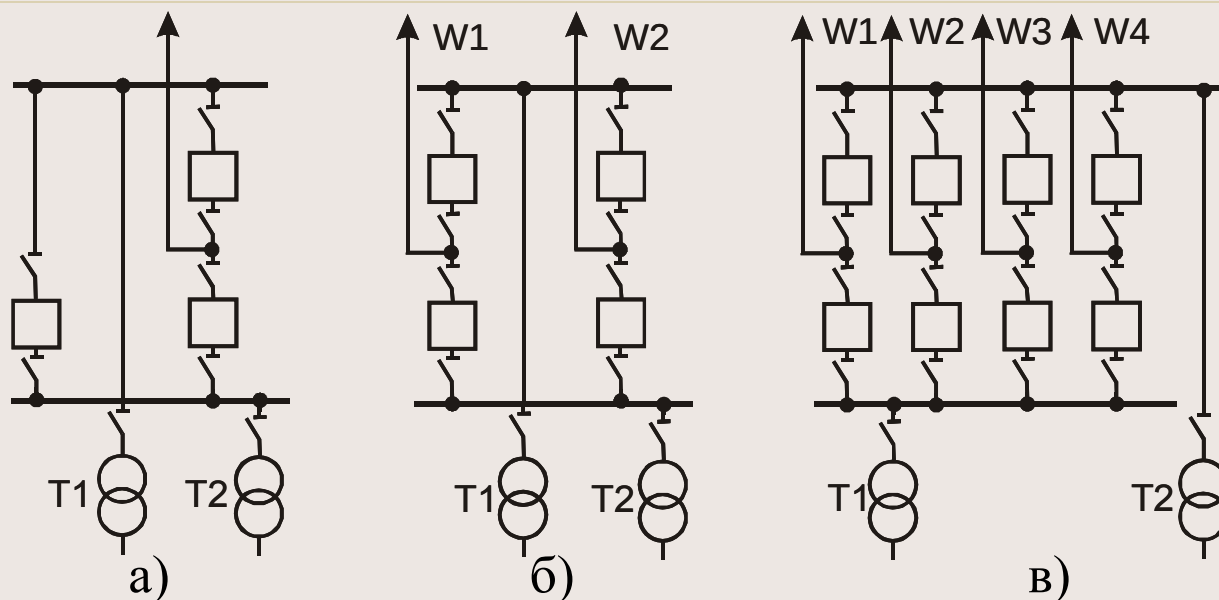


Схема РУ НН с одной системой сборных шин

Типовые схемы РУ 35-750 кВ

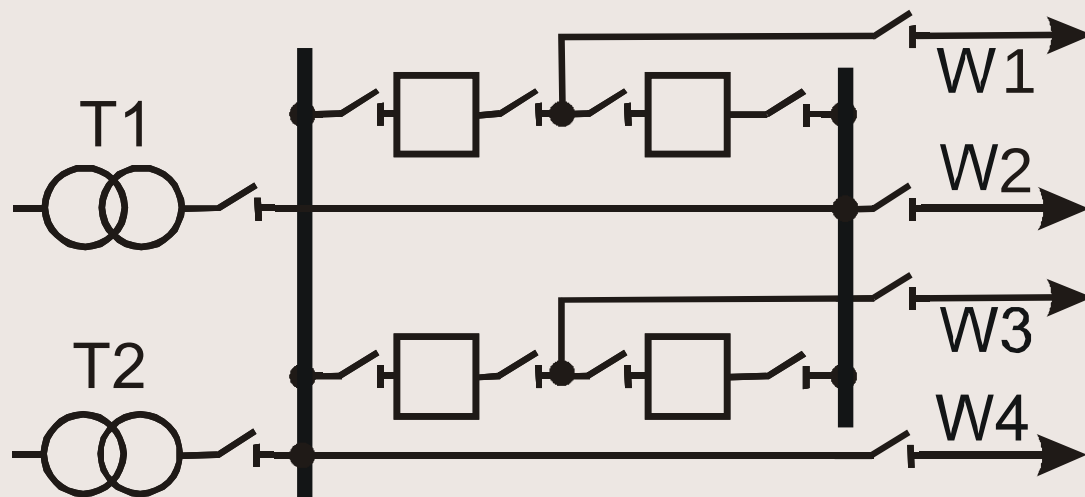
Двухтрансформаторные подстанции. Схемы на ВН.



РУ 220 кВ выполняют по схемам **кольцевого типа** в соответствии с числом присоединений, а именно: при трех и четырех присоединениях – соответственно по схемам треугольника (рис. а) или квадрата (рис. б); при пяти, шести присоединениях – по схеме "трансформаторы – шины" с присоединением линий через два выключателя (рис. в).

Типовые схемы РУ 35-750 кВ

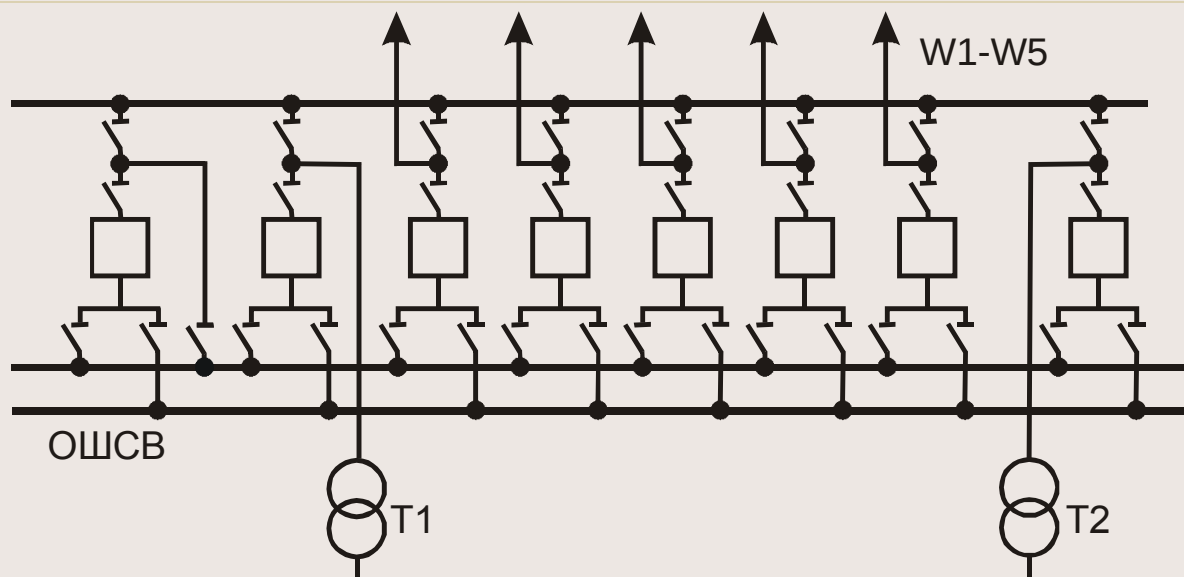
Двухтрансформаторные подстанции. Схемы на ВН.



РУ ВН 220 кВ при числе линий до четырех рекомендуется также выполнять по схеме, приведенной на рисунке. При этом линии и трансформаторы подлежат присоединению к углам треугольника или квадрата через разъединители.

Типовые схемы РУ 35-750 кВ

Двухтрансформаторные подстанции. Схемы на ВН.

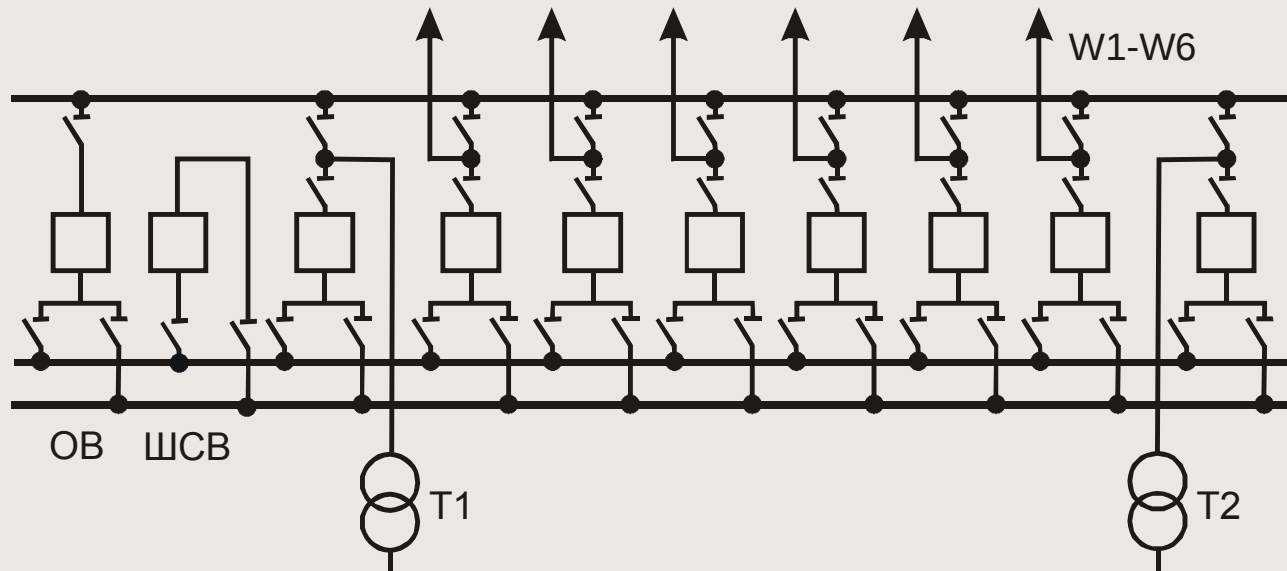


Для РУ ВН 110-220 кВ при числе присоединений, равном семи и более, применяют схему с двумя системами сборных шин и обходной.

При числе присоединений, **равном семи**, допускается устанавливать выключатель, **совмещающий функции шиносоединительного и обходного выключателей**.

Типовые схемы РУ 35-750 кВ

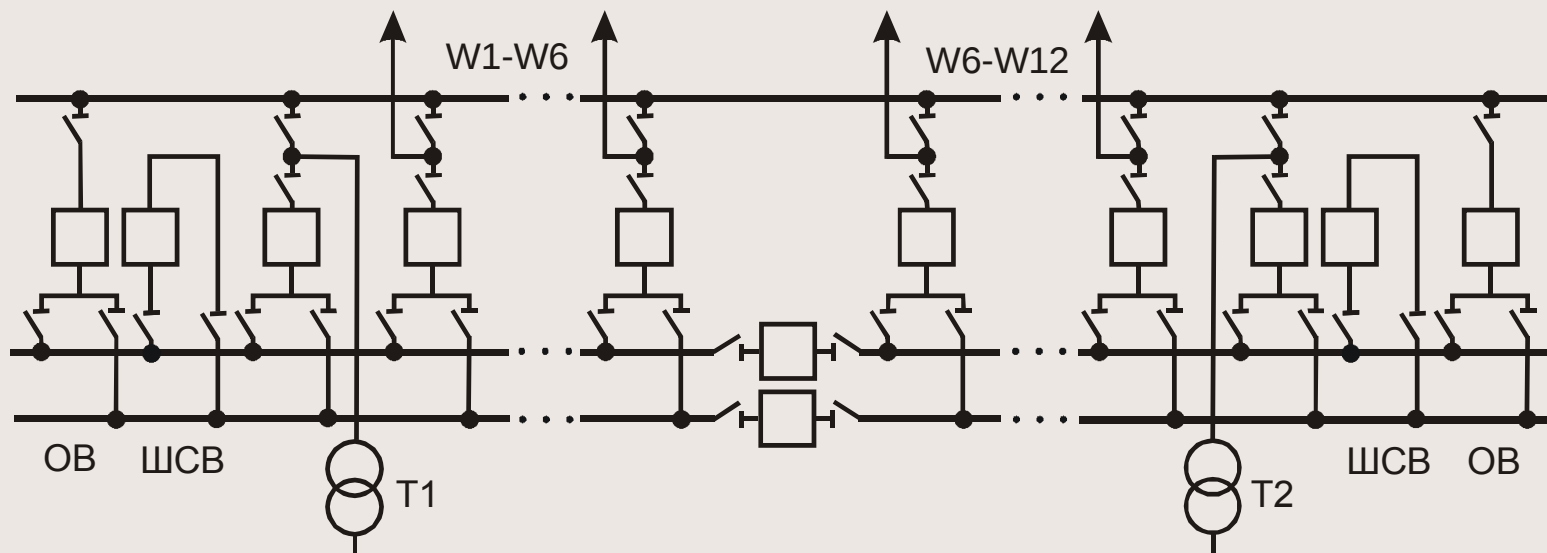
Двухтрансформаторные подстанции. Схемы на ВН.



При **большем числе присоединений** (до 11 включительно) рекомендуется применять схему, приведенную на рисунке.

Типовые схемы РУ 35-750 кВ

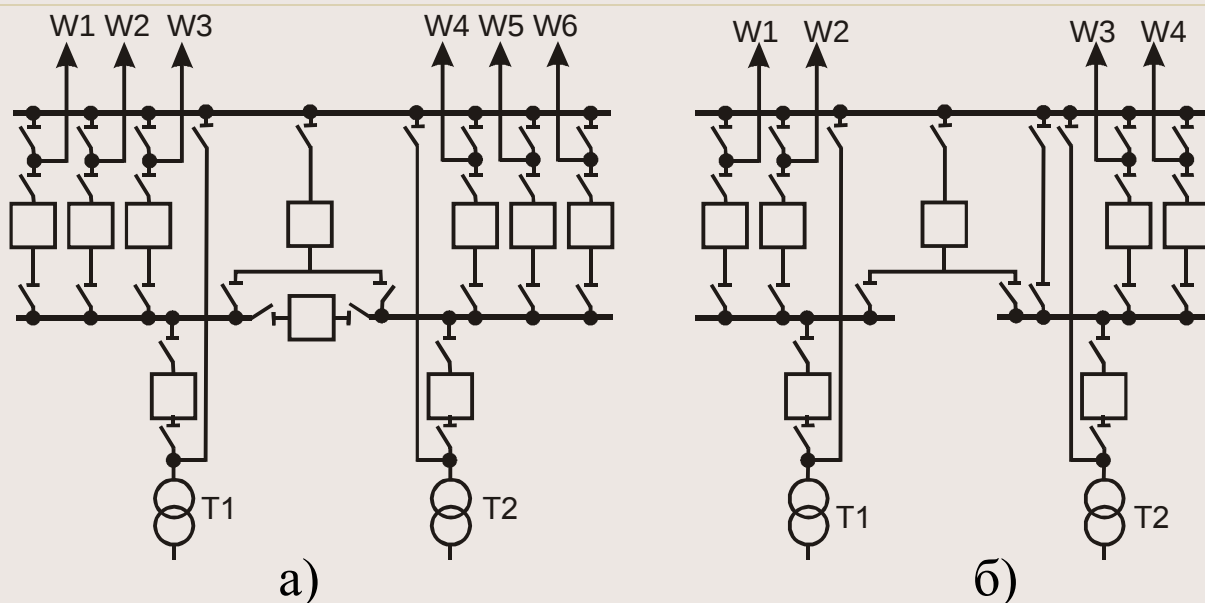
Двухтрансформаторные подстанции. Схемы на ВН.



В случаях, когда число присоединений **превышает 11**, возможно использование схемы, приведенной на данном рисунке.

Типовые схемы РУ 35-750 кВ

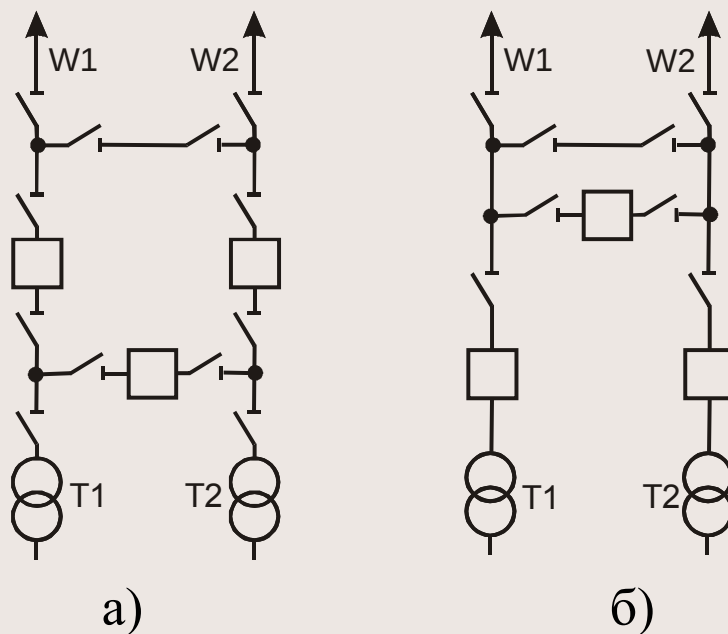
Двухтрансформаторные подстанции. Схемы на ВН.



РУ ВН 110-220 кВ с числом присоединений **до 10** и преобладанием парных линий, резервированных от других подстанций, могут быть выполнены с одной секционированной системой сборных шин и обходной (рис. а). При числе линий **до четырех** возможно применение схемы, приведенной на рис. б.

Типовые схемы РУ 35-750 кВ

Двухтрансформаторные подстанции. Схемы на ВН.

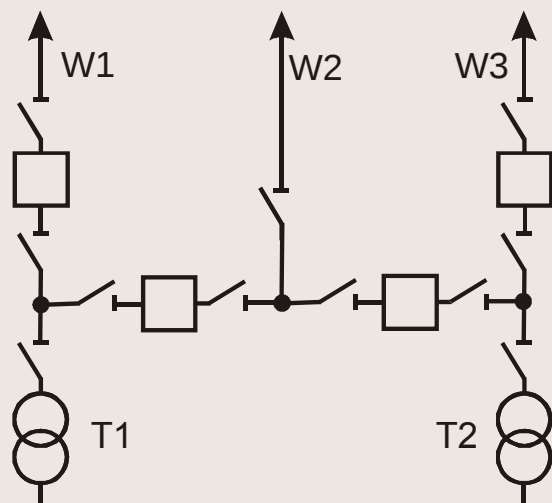


РУ ВН проходных подстанций **110-220 кВ** на линиях с двухсторонним питанием рекомендуется выполнять по упрощенным схемам.

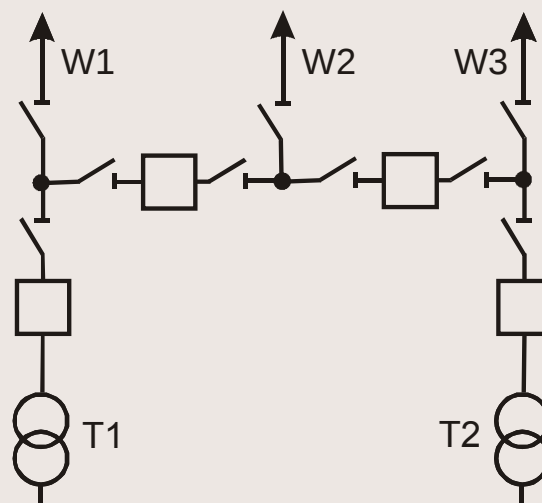
Третий выключатель предусмотрен в перемычке.
Такую схему называют **схемой с мостом**.

Типовые схемы РУ 35-750 кВ

Двухтрансформаторные подстанции. Схемы на ВН.



а)



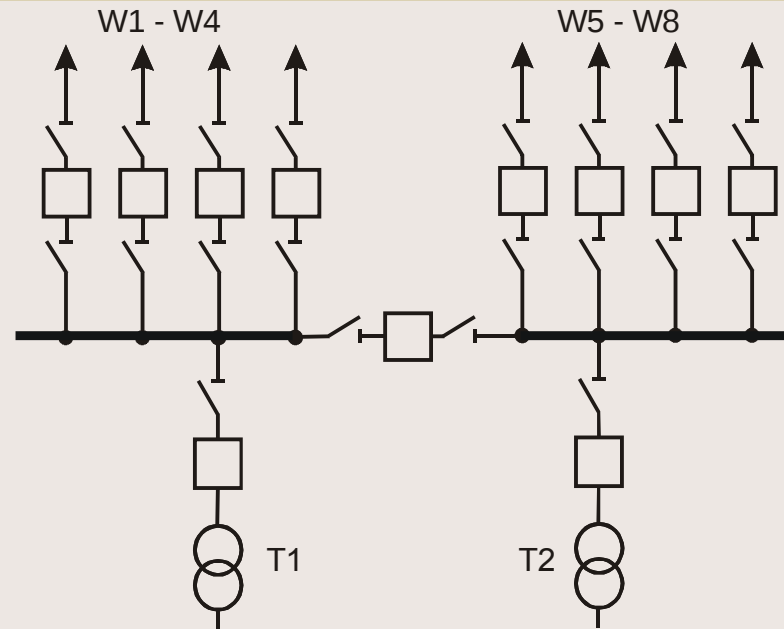
б)

При наличии **трех линий и двух трансформаторов** можно использовать схемы, приведенные на рис. а) и б).

Такие схемы носят название **схем с двойным мостом** и имеют ограниченную область применения, так как могут использоваться только в сетях, где допускается деление схемы на две независимые части при аварии на линии W2.

Типовые схемы РУ 35-750 кВ

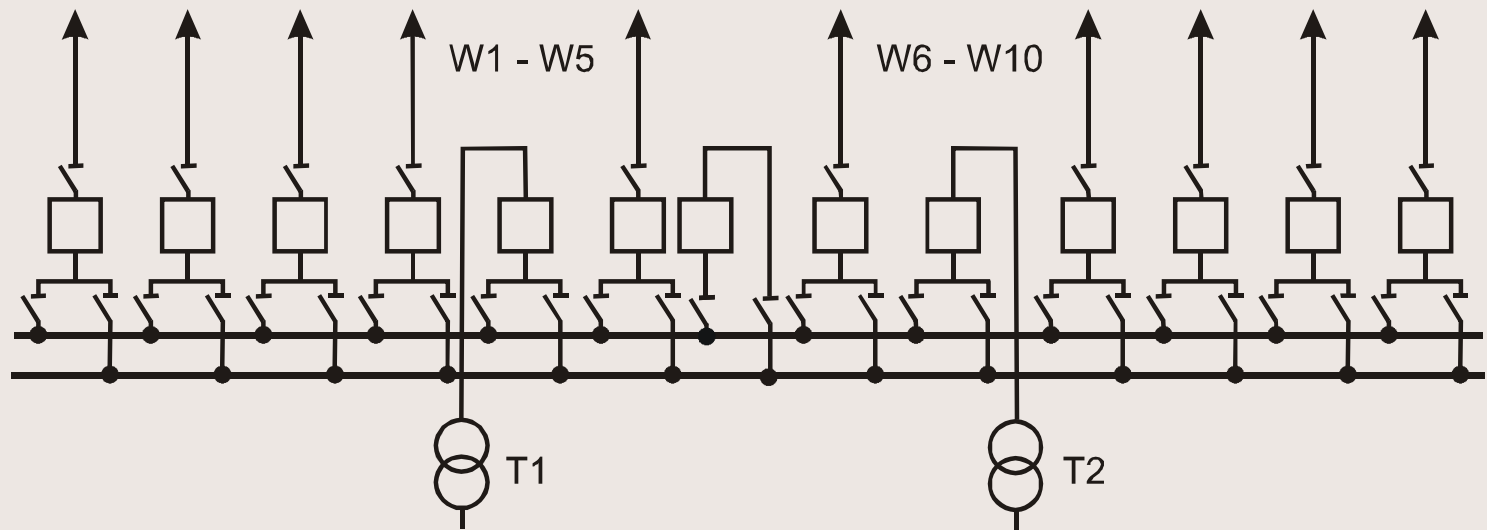
Двухтрансформаторные подстанции. Схемы на ВН.



Для РУ ВН 35 кВ при числе присоединений до 10 включительно применяют одиночную секционированную систему сборных шин

Типовые схемы РУ 35-750 кВ

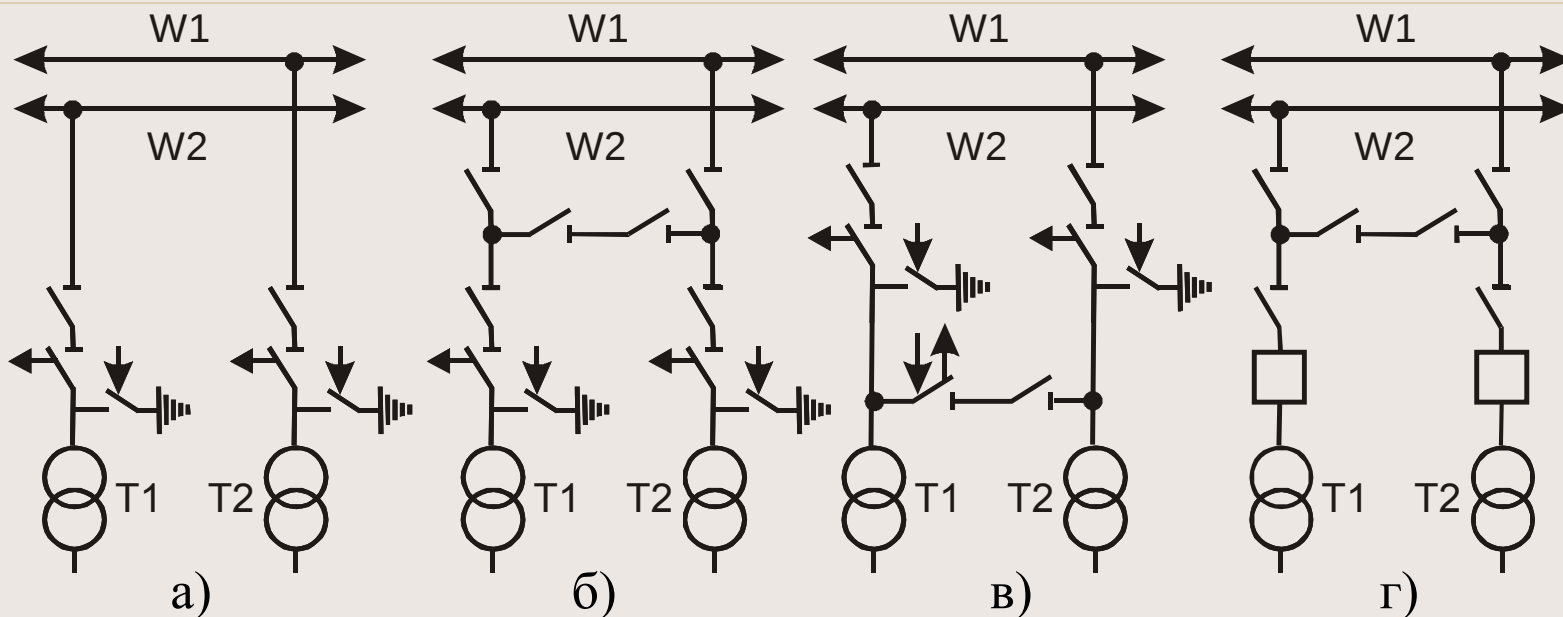
Двухтрансформаторные подстанции. Схемы на ВН.



При большем числе присоединений допускается схема с двумя системами сборных шин

Типовые схемы РУ 35-750 кВ

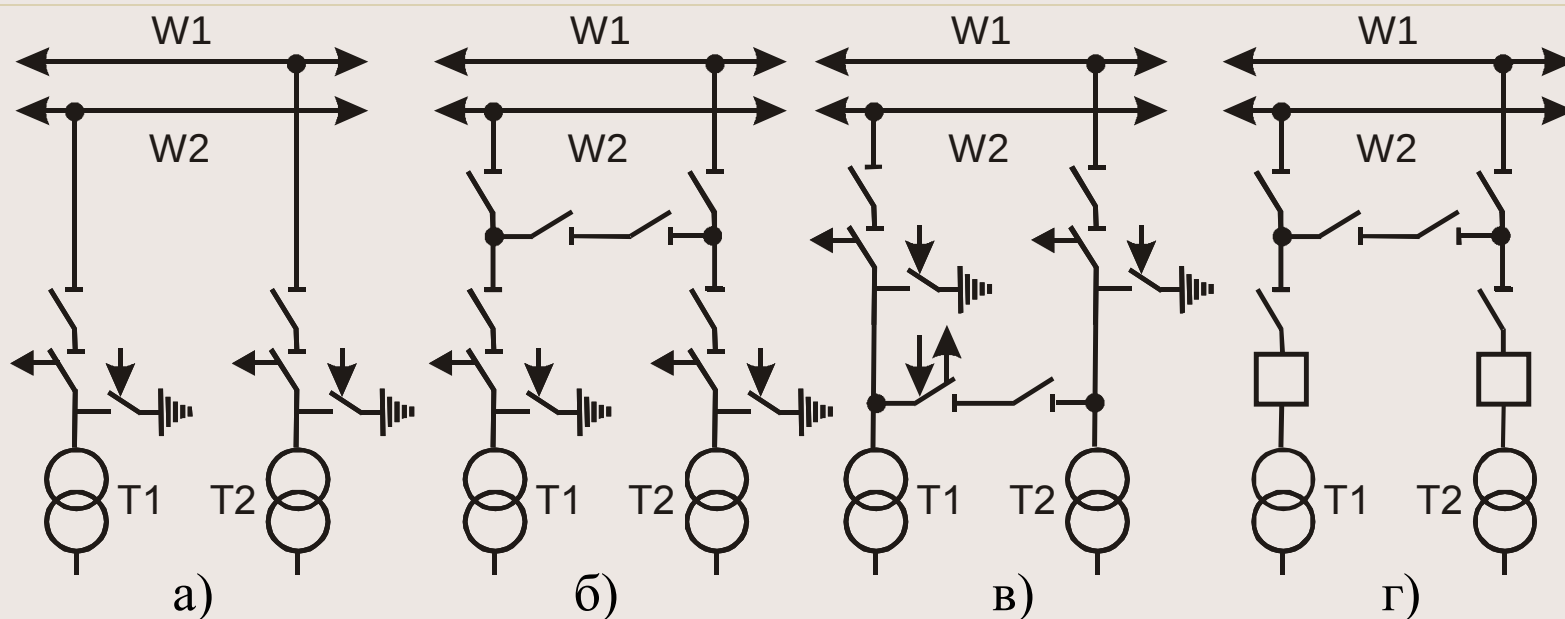
Двухтрансформаторные подстанции. Схемы на ВН.



Большое распространение в сетях получили двухтрансформаторные подстанции с **ВН 110-220 кВ**, присоединяемые к параллельным линиям на ответвлениях или в качестве тупиковых подстанций. Нормы технологического проектирования рекомендуют для них ряд типовых схем

Типовые схемы РУ 35-750 кВ

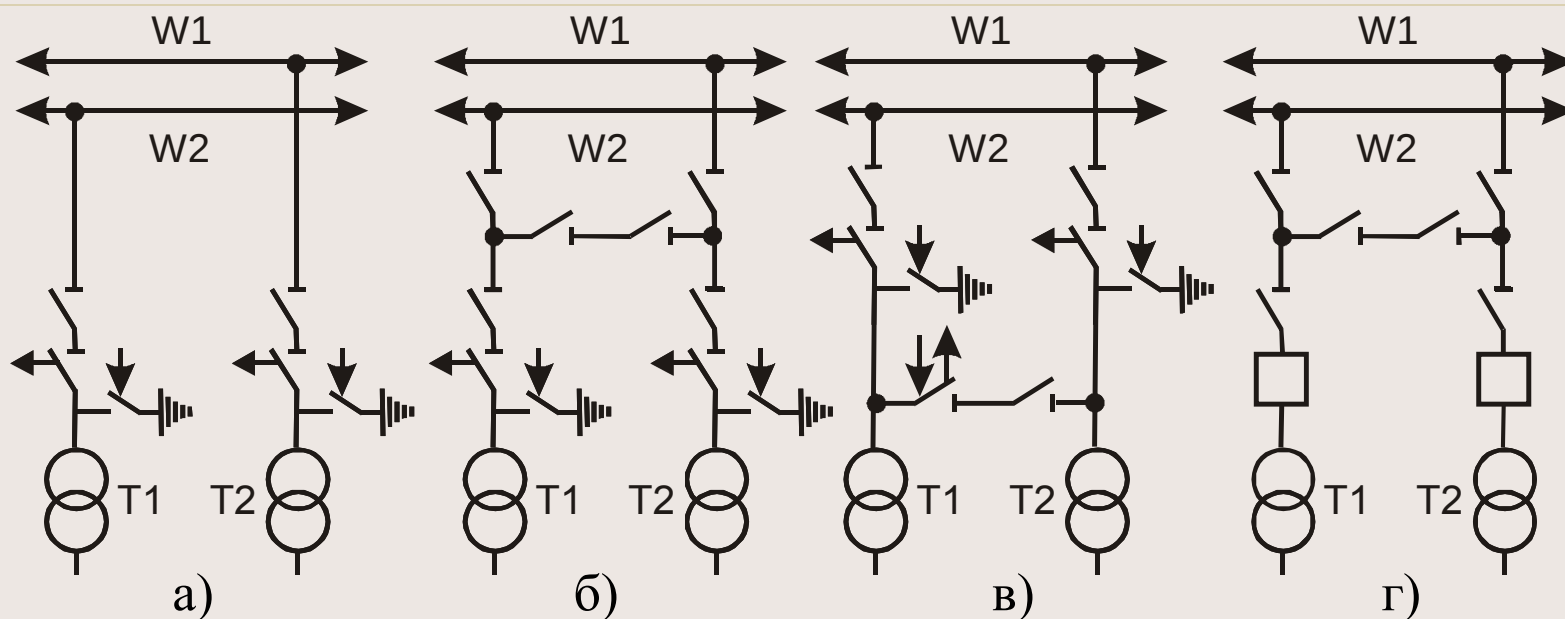
Двухтрансформаторные подстанции. Схемы на ВН.



Блочная схема с присоединением трансформаторов к линиям через разъединители и блоки “отделитель-короткозамыкатель” (рис. а) целесообразна **при небольшой длине линий**, поскольку при этом вероятность отключения линии вместе с трансформатором относительно мала.

Типовые схемы РУ 35-750 кВ

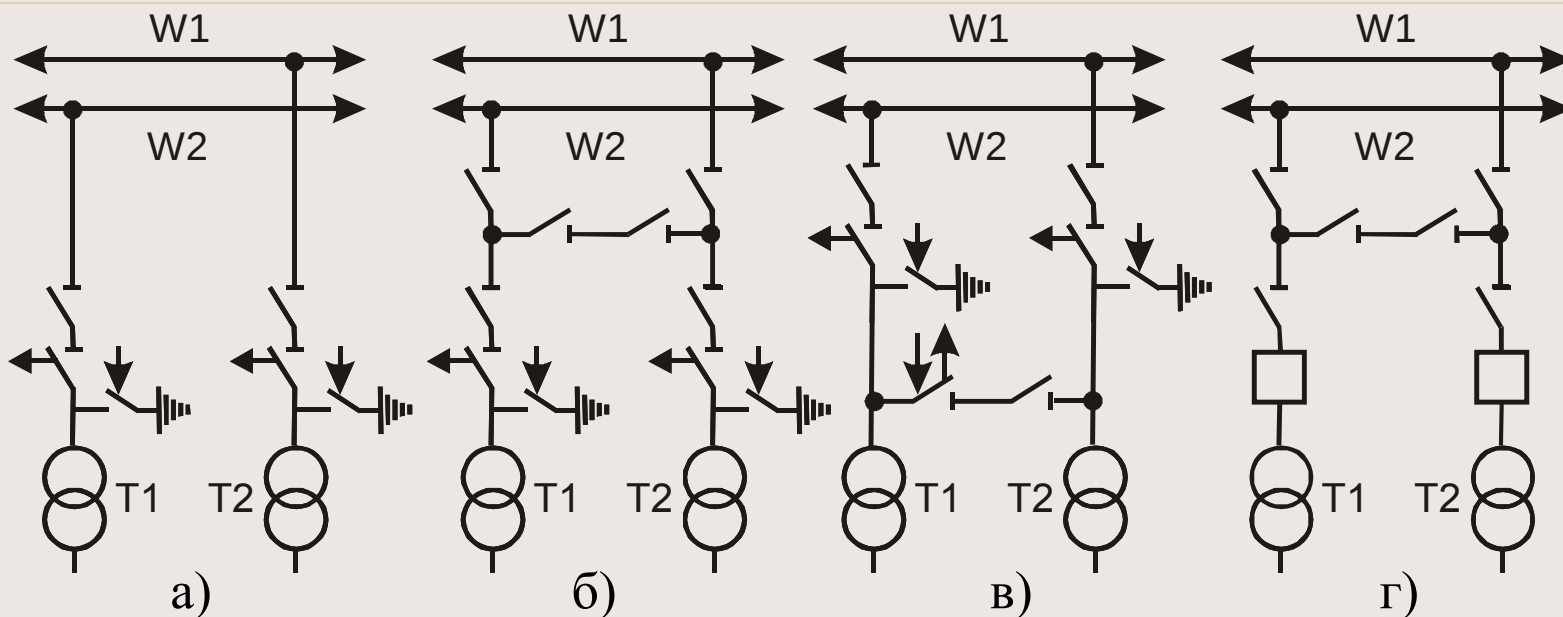
Двухтрансформаторные подстанции. Схемы на ВН.



Блочная схема с разъединителями, блоками “отделитель-короткозамыкатель” у трансформаторов и ремонтной перемычкой из двух нормально отключенных разъединителей со стороны линий (рис. б) обеспечивает возможность присоединения обоих трансформаторов к одной линии при ремонте второй.

Типовые схемы РУ 35-750 кВ

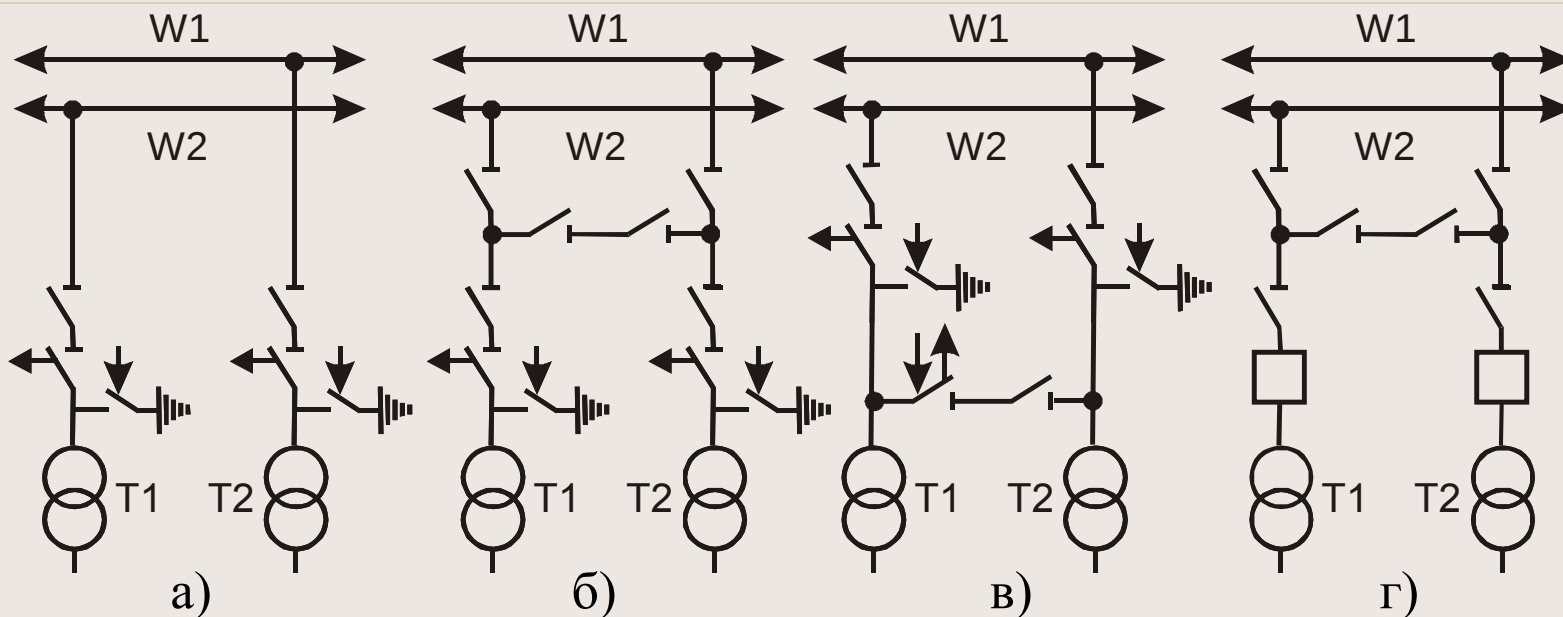
Двухтрансформаторные подстанции. Схемы на ВН.



Блочная схема с разъединителями, блоками “отделитель-короткозамыкатель” на линиях и перемычкой с отделителем двухстороннего действия у трансформаторов (рис. в) обеспечивает при повреждении на линии и отключении соответствующего трансформатора возможность автоматического подключения его ко второй линии.

Типовые схемы РУ 35-750 кВ

Двухтрансформаторные подстанции. Схемы на ВН.

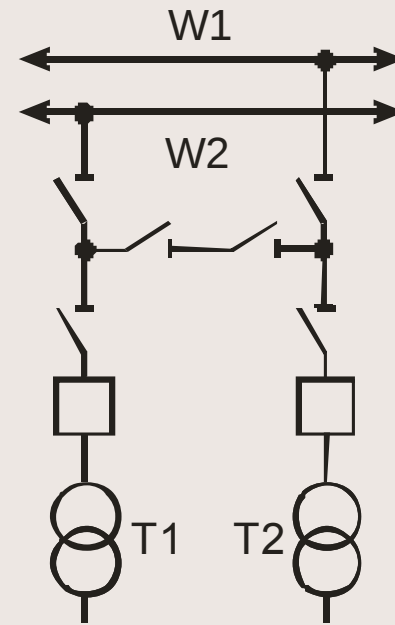
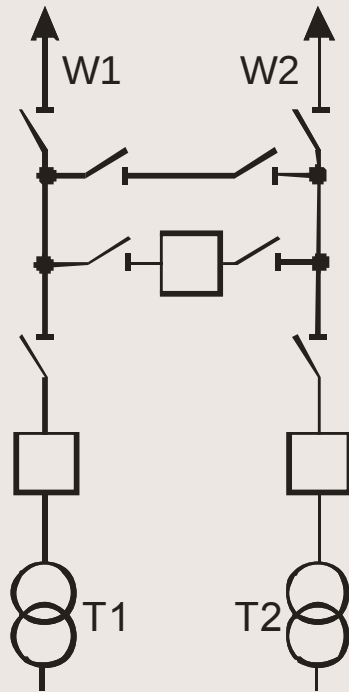


Применение указанных схем подключения ответвительных подстанций имеет ограничение, заключающееся в количестве таких подстанций, подключаемых к участку линии, не имеющей секционирования выключателем.

Их количество не должно превышать пяти штук на одном участке.

Типовые схемы РУ 35-750 кВ

Двухтрансформаторные подстанции. Схемы на ВН.



Для вновь проектируемых подстанций широко применяются упрощенные **схемы РУ с выключателями**, на основе комплектных трансформаторных подстанций блочного типа (КТПБ).

Типовые схемы РУ 35-750 кВ

Двухтрансформаторные подстанции. Схемы на СН.

Для этих устройств нормы технологического проектирования рекомендуют следующие схемы:

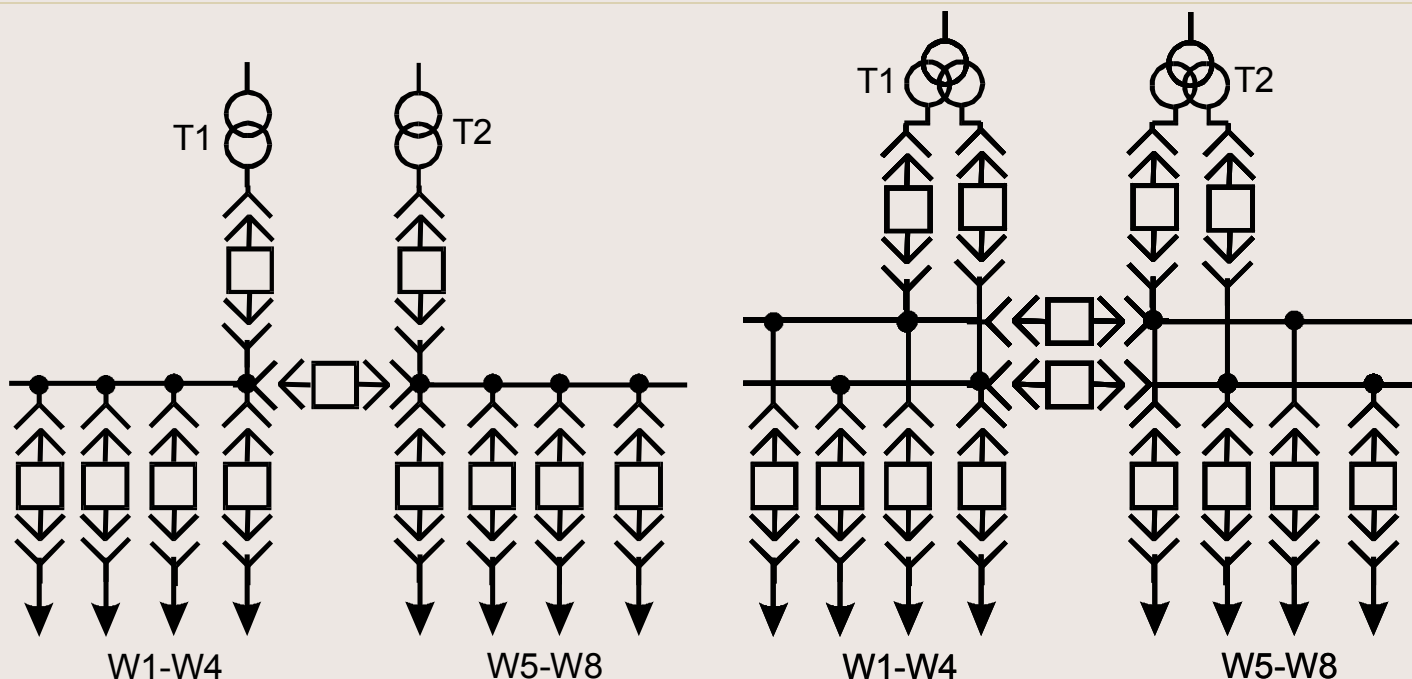
а) для РУ 35 кВ – **одиночную секционированную систему сборных шин**, при числе присоединений 12 и более допускается применение схемы с двумя системами сборных шин;

б) для РУ 110-220 кВ при числе присоединений до шести включительно, а также при числе присоединений до 10 с преобладанием параллельных линий или линий, резервированных от других подстанций, - **одиночную секционированную систему сборных шин с обходной**;

в) для РУ 110-220 кВ при числе присоединений семь и более – **две системы сборных шин с обходной**, при числе присоединений 16 и более – ту же схему, но с **секционными выключателями в обеих системах шин**.

Типовые схемы подстанций

Двухтрансформаторные подстанции. Схемы на НН.



При выборе схемы на стороне НН в первую очередь решается вопрос об ограничении тока короткого замыкания.

Рекомендуется «одна секционированная система сборных шин».

Источники дополнительных сведений

- **Идельчик В.И. Электрические системы и сети. - М.: Энергоатомиздат, 1989. - 588 с.**
- **Электрические системы. Т. 2. Электрические сети/ Под ред. В.А. Веникова. - М.: Высшая школа, 1971. - 440 с.**
- **Герасименко А. А., Федин В.Т. Передача и распределение электрической энергии. – изд.2-е. – Ростов н/Д : Феникс, 2008. – 715, [2] с. – (Высшее образование)**
- **Боровиков В.А. и др. Электрические сети энергетических систем. Изд. 3-е, переработанное. Л., «Энергия», 1977.**
- **Черепанова Г.А., Вычегжанин А.В. Установившиеся режимы электрических сетей в примерах и задачах. - Киров: изд. ВятГУ, 2009 - 114 с.**

Спасибо за внимание!
